

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет механіко-технологічний

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри
транспортних технологій та засобів АПК

к.т.н. Савченко Л.А

«__» _____ 2026 р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: Організація транспортного процесу перевезення аграрної продукції

Спеціальність 275.03 Транспортні технології (на автомобільному транспорті)

Гарант освітньої програми

к.т.н.Опалко В.Г

Керівник бакалаврської
кваліфікаційної роботи

д-р техн. наук,проф. Прокудін Г.С.

Виконав

В.Деревянко

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет механіко-технологічний

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

транспортних технологій та засобів АПК

к.т.н.Савченко Л.А

«___» ____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи студенту

Дерев'янко Владислава Вікторовича

Спеціальність: 275.03. Транспортні технології (на автомобільному транспорті)

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи: Організація транспортного процесу перевезення аграрної продукції

затверджена наказом ректора НУБіП України від «__» _____

Термін подання завершеної роботи на кафедру 20.05.2026

Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи:

1. Звіт з виробничої практики з ТОВ «Нива Поділля»

Перелік питань, які потрібно розробити:

1. Характеристика підприємства

2. Удосконалення транспортного процесу перевезення вантажів

4. Розрахунок техніко-експлуатаційних показників

Перелік графічних документів (за потреби) 15 слайдів

Дата видачі завдання «08» 09.2025 р.

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи _____ проф. Прокудін Г.С.

Завдання прийняв до виконання _____ (Дерев'янко В)

ВСТУП

Бакалаврська кваліфікаційна робота присвячена організації транспортного процесу перевезення аграрної продукції на прикладі ТОВ «Нива Поділля» Хмельницького району Вінницької області. У роботі розглянуто теоретичні засади формування транспортно-технологічних систем у сільському господарстві, проаналізовано сезонність і структуру вантажопотоків, сформовано матрицю відстаней між пунктами відправлення та призначення, виконано перерахунок транспортної задачі і визначено економічну доцільність запропонованих рішень.

Метою бакалаврської роботи є підвищення ефективності організації транспортного процесу перевезення аграрної продукції шляхом оптимізації плану перевезень, раціонального вибору рухомого складу та зниження транспортної роботи і витрат підприємства.

Об'єкт дослідження - транспортний процес перевезення аграрної продукції підприємства.

Предмет дослідження - методи, моделі та організаційно-технологічні рішення, що впливають на ефективність автомобільних перевезень аграрної продукції.

Для досягнення поставленої мети в роботі сформульовано такі завдання:

- 1) розкрити особливості аграрної продукції як об'єкта автомобільного транспортування;
- 2) проаналізувати структуру транспортно-технологічної системи перевезення аграрних вантажів;
- 3) охарактеризувати діяльність ТОВ «Нива Поділля» та визначити обсяги продукції, що підлягає вивезенню;
- 4) дослідити сезонність перевезень і встановити пікове навантаження на транспорт;
- 5) сформувати матрицю відстаней і вихідні дані транспортної задачі;
- 6) перерахувати транспортну задачу та визначити оптимальний план перевезень;
- 7) обґрунтувати вибір рухомого складу для умов господарства;

8) розрахувати потребу в автомобілях, експлуатаційні витрати, собівартість і економічний ефект;

9) розробити заходи з охорони праці та безпеки транспортного процесу.

У процесі дослідження використано методи системного аналізу, порівняльного аналізу, техніко-експлуатаційних розрахунків, економіко-математичного моделювання, транспортну задачу лінійного програмування, метод мінімального елемента та метод потенціалів.

Практичне значення роботи полягає в тому, що запропонований оптимальний план перевезень може бути використаний підприємством для організації вивезення 10 600 т зернової продукції з трьох токів на три приймальні пункти. За результатами перерахунку транспортної задачі транспортна робота зменшена з 186 400 до 184 000 т·км, середня відстань перевезення - з 17,58 до 17,36 км, а орієнтовний економічний ефект становить 38,28 тис. грн.

Ключові слова: аграрна продукція, автомобільні перевезення, транспортно-технологічна система, транспортна задача, метод потенціалів, рухомий склад, транспортна робота, собівартість перевезень, охорона праці.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
ЗМІСТ.....	5
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ ТРАНСПОРТНО ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ ПЕРЕВЕЗЕННЯ АГРАРНОЇ ПРОДУКЦІЇ.....	7
1.1. Аграрна продукція як об'єкт транспортування: класифікація, властивості та вимоги до перевезення.....	7
1.2. Транспортно-технологічна система: поняття, структура та класифікація схем доставки.....	9
1.3. Методи та моделі оптимізації перевезень. Постановка транспортної задачі.....	12
1.4. Транспортна інфраструктура та аграрне виробництво Вінницької області.....	14
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ВАНТАЖОПОТОКІВ ТА ВИХІДНИХ ДАНИХ ДЛЯ ПРОЄКТУВАННЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ.....	17
2.1. Характеристика об'єкта дослідження.....	17
2.2. Аналіз обсягів, структури та сезонності перевезень.....	18
2.3. Кореспонденції вантажопотоків.....	22
2.4. Формування матриці відстаней та обсягів перевезень.....	24
РОЗДІЛ 3. ПРОЄКТУВАННЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ ТА РОЗРАХУНКИ.....	26
3.1. Уточнення вихідних даних та постановка транспортної задачі.....	26
3.2. Перерахунок транспортної задачі методом мінімального.....	27
3.3. Вибір і обґрунтування рухомого складу.....	29
3.4. Розрахунок техніко-експлуатаційних показників транспортного процесу.....	30
3.5. Порівняння базової та проєктної схем доставки.....	31

3.6. Розрахунок експлуатаційних витрат та економічної ефективності.....	32
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ.....	36
4.1. Аналіз небезпечних і шкідливих чинників під час перевезення аграрної продукції.....	36
4.2. Організація безпечного виконання навантажувально-розвантажувальних і транспортних робіт.....	37
4.3. Заходи з охорони праці, пожежної безпеки та безпеки дорожнього руху.....	38
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	40
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	43
ДОДАТКИ.....	45

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ ТРАНСПОРТНО ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ ПЕРЕВЕЗЕННЯ АГРАРНОЇ ПРОДУКЦІЇ

1.1. Аграрна продукція як об'єкт транспортування: класифікація, властивості та вимоги до перевезення

Аграрна продукція є одним із найбільших за обсягами та найскладніших за організацією перевезення видів вантажів. До неї належить широка номенклатура товарів рослинного й тваринного походження: зернові та зернобобові культури, олійні (соняшник, ріпак, соя), технічні культури (передусім цукровий буряк), плодоовочева продукція, а також продукція тваринництва молоко, м'ясо, жива худоба та птиця [1; 6]. Така різноманітність зумовлює необхідність застосування різних технологій і типів рухомого складу для кожної групи вантажів.

За фізико-механічними властивостями та способом транспортування аграрні вантажі поділяють на насипні (навалочні) зерно, цукровий буряк, картопля; штучні та тарно-штучні продукція в мішках, ящиках, контейнерах; наливні молоко, рослинна олія; швидкопсувні овочі, фрукти, молочна та м'ясна продукція, що потребують дотримання температурного режиму [1; 4]. Окрему групу становить жива худоба й птиця, перевезення якої регламентується спеціальними ветеринарно-санітарними вимогами. Узагальнену класифікацію аграрної продукції як об'єкта транспортування наведено на рис. 1.1.



Рис. 1.1. Класифікація аграрної продукції як об'єкта транспортування

Кожній групі вантажів відповідають певний тип рухомого складу та специфічні вимоги до організації перевезення, що систематизовано в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1. Класифікація аграрної продукції за умовами перевезення

Група вантажів	Приклади продукції	Рекомендований рухомий склад	Основні вимоги до перевезення
Насипні (навалочні)	зерно, цукровий буряк, картопля	самоскиди, автомобілі-зерновози	захист від опадів, мінімізація розпилення та втрат
Тарно-штучні	продукція в мішках, ящиках, контейнерах	бортові автомобілі, фургони	пакування, надійне кріплення вантажу
Наливні	молоко, рослинна олія	автоцистерни, молоковози	санітарна обробка, температурний контроль
Швидкопсувні	овочі, фрукти, молочна продукція	рефрижератори, ізотермічні фургони	Температурний режим, дотримання строків доставки
Жива худоба і птиця	ВРХ, свині, птиця	спеціальні фургони-скотовози	ветеринарні вимоги, вентиляція, напування

Характерними особливостями аграрної продукції як об'єкта перевезення є виражена сезонність і масовість вантажопотоків у період збирання врожаю, висока чутливість до умов транспортування (температури, вологості, тривалості доставки), а також схильність до кількісних і якісних втрат за порушення технології перевезення [4;12]. Саме тому ефективність транспортного обслуговування аграрного сектору значною мірою визначає кінцеву собівартість і конкурентоспроможність продукції.

Вимоги до перевезення аграрної продукції охоплюють використання спеціалізованого рухомого складу (самоскидів і зерновозів для насипних вантажів, рефрижераторів для швидкопсувних, цистерн-молоковозів для наливних, спеціальних фургонів для тварин), дотримання санітарно-гігієнічних і температурних норм, мінімізацію часу доставки та забезпечення збереження якості вантажу [1;6;12]. Недотримання цих вимог призводить до псування продукції та прямих економічних втрат сільгоспвиробника. Орієнтовні умови перевезення окремих видів швидкопсувної аграрної продукції наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2.

Орієнтовні умови перевезення окремих видів швидкопсувної продукції

Вид продукції	Температура перевезення,	Відносна вологість повітря,
Картопля	+4...+6	85–90
Капуста	0...+1	90–95
Яблука	0...+4	90–95
Молоко	+2...+6	—
М'ясо охолоджене	0...+4	85

Наведені дані мають орієнтовний характер і підлягають уточненню згідно з чинними стандартами та умовами зберігання конкретного виду продукції.

1.2. Транспортно-технологічна система: поняття, структура та класифікація схем доставки

Під транспортно-технологічною системою (ТТС) доставки розуміють комплекс взаємоузгоджених технічних, технологічних, економічних, організаційних, комерційних і правових рішень, які забезпечують найбільш ефективне перевезення

вантажів від відправника до одержувача [5]. Створення такої системи передбачає узгодження параметрів вантажу, рухомого складу, навантажувально-розвантажувальних засобів і транспортної мережі в єдиний технологічний процес.

Структурними елементами ТТС є: вантаж із його транспортними характеристиками; рухомий склад відповідного типу та вантажопідйомності; навантажувально-розвантажувальні механізми; шляхи сполучення та пункти відправлення й призначення (поля, тік, елеватор, переробне підприємство, склад); а також інформаційне й документальне забезпечення процесу [5; 2]. Узгодженість цих елементів є визначальною умовою мінімізації витрат і втрат. Структуру ТТС наведено на рис. 1.2.



Рис. 1.2. Структура транспортно-технологічної системи доставки аграрної продукції.

Основою функціонування ТТС є транспортний процес-сукупність послідовних операцій циклу перевезення: подача рухомого складу, навантаження, переміщення вантажу, розвантаження та повернення транспортного засобу [5]. Ефективність процесу оцінюють техніко-експлуатаційними показниками, зокрема коефіцієнтами використання пробігу та вантажопідйомності, продуктивністю транспортного засобу й собівартістю перевезень [2; 5].

За організаційною ознакою розрізняють кілька схем доставки аграрної продукції: пряму (безпосередньо «поле -споживач»), доставку з перевалкою через проміжний пункт (елеватор, склад, цукровий завод), термінальну, а також маршрутну з організацією маятникових і кільцевих маршрутів [2; 3; 5]. Типові схеми маршрутів

перевезення показано на рис. 1.3, а порівняльну характеристику основних схем доставки у таблиці 1.3. У сільському господарстві перевезення поділяють також на внутрішньогосподарські та позагосподарські (зовнішні), які різняться відстанями, типом рухомого складу й вимогами до організації [12]. Порівняльний аналіз альтернативних схем за технічними та вартісними критеріями є основою для обґрунтованого вибору раціональної ТТС.

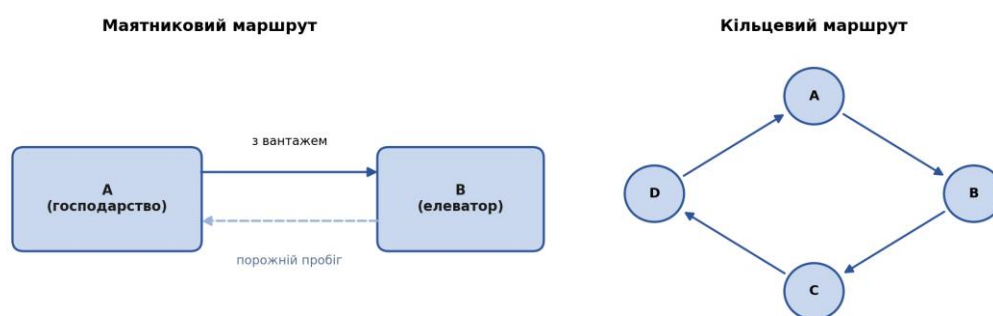


Рис. 1.3. Типові схеми маршрутів перевезення аграрної продукції

Таблиця 1.3. Порівняльна характеристика схем доставки аграрної продукції

Схема доставки	Суть	Переваги	Сфера застосування
Пряма	доставка безпосередньо «поле -споживач» без проміжних ланок	мінімум перевалок, швидкість, збереження якості	невеликі відстані, швидкопсувна продукція
З перевалкою	через елеватор, склад або цукровий завод	накопичення партій, підсортування, зберігання	зерно, цукровий буряк, експортні партії
Маятникова	повторювані рейси між двома пунктами	простота організації диспетчеризації	стабільні потоки «господарство елеватор»
Кільцева	обслуговування кількох пунктів за один оборот	вищий коефіцієнт використання пробігу	збір продукції з кількох господарств

1.3. Методи та моделі оптимізації перевезень. Постановка транспортної задачі

Оптимізація перевезень аграрної продукції полягає у виборі такого варіанта організації транспортного процесу, який забезпечує екстремальне значення обраного критерію найчастіше мінімум сумарних транспортних витрат, загального пробігу або часу доставки [2;5]. Для розв'язання таких завдань застосовують методи математичного програмування, теорію транспортних задач, методи маршрутизації перевезень та імітаційне моделювання.

Класичною економіко-математичною моделлю оптимізації планів перевезень є транспортна задача лінійного програмування. У її постановці задано множину постачальників із обсягами наявного вантажу, множину споживачів із їхніми потребами та матрицю питомих витрат (тарифів) на перевезення одиниці вантажу між кожною парою «постачальник - споживач» [7]. Потрібно скласти такий план перевезень, за якого вивозиться весь вантаж від постачальників, повністю задовольняються потреби споживачів, а сумарні витрати на перевезення є мінімальними [7].

$$Z = \sum \sum c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min, \quad (1.1)$$

де c_{ij} - тариф (вартість) перевезення одиниці вантажу від i -го постачальника до j -го споживача; x_{ij} - обсяг перевезення між ними; за умов вивезення всього вантажу від постачальників ($\sum x_{ij} = a_i$) та повного задоволення потреб споживачів ($\sum x_{ij} = b_j$). Загальний вигляд транспортної таблиці наведено в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4. Загальний вигляд транспортної таблиці

Постачальники Споживачі	B1	B2	Bn	Запаси, a_i
A_1	c_{11}	c_{12}	c_{1n}	a_1
A_2	c_{21}	c_{22}	c_{2n}	a_2
A_m	c_{m1}	c_{m2}	c_{mn}	a_m
Потреби, b_j	b_1	b_2	b_n	Σ

Залежно від співвідношення сумарних обсягів пропозиції та попиту транспортну задачу класифікують як закриту (коли вони рівні) або відкриту (коли вони різняться); відкриту задачу зводять до закритої введенням фіктивного постачальника або споживача [7]. Розв'язання задачі виконують у кілька етапів: визначення типу задачі, побудова першого опорного плану (методами північно-західного кута, мінімального елемента або апроксимації Фогеля), перевірка плану на оптимальність і його послідовне поліпшення методом потенціалів до досягнення оптимального розв'язку [7]. Послідовність етапів розв'язання транспортної задачі подано на рис. 1.4.

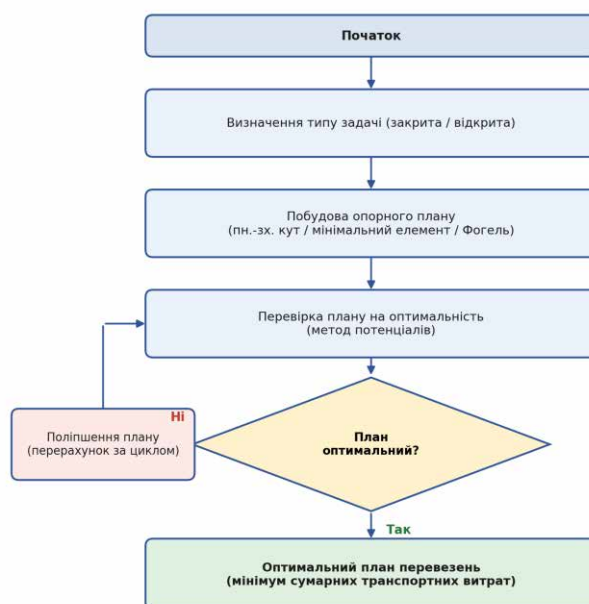


Рис. 1.4. Алгоритм розв'язання транспортної задачі методом потенціалів.

Застосування транспортної задачі дає змогу обґрунтувати закріплення господарств-постачальників за пунктами призначення (елеваторами, переробними підприємствами) з мінімальними транспортними витратами, що є важливим інструментом проектування транспортно-технологічної системи перевезення аграрної продукції [2; 7].

1.4. Транспортна інфраструктура та аграрне виробництво Вінницької області.

Вінницька область є одним із провідних аграрних регіонів України та стабільно посідає одне з перших місць за обсягами виробництва валової продукції сільського господарства [11]. Регіон входить до лідерів за виробництвом зернових культур, цукрових буряків і продукції тваринництва; за окремими даними, річний валовий збір зернових в області сягає близько 2,7 млн тонн, що становить помітну частку загальнодержавного виробництва [11]. Основними культурами рослинництва є пшениця, кукурудза, соняшник і цукровий буряк. Окремі показники аграрного виробництва області наведено в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5. Окремі показники аграрного виробництва Вінницької області

Показник	Орієнтовне значення
Місце області за виробництвом валової продукції сільського господарства	одне з перших в Україні
Валовий збір зернових культур (рік)	2,7 млн тонн
Частка у виробництві зернових в Україні	10 %
Місце за виробництвом зернових культур	одне з провідних
Провідні культури рослинництва	пшениця, кукурудза, соняшник, цукровий буряк

Наведені дані мають орієнтовний характер за відкритими джерелами та підлягають уточненню за статистичними бюлетенями Головного управління статистики у Вінницькій області [11]. Значні обсяги виробництва та розгалужена мережа сільськогосподарських підприємств, елеваторів, цукрових заводів і переробних потужностей формують потужні внутрішньо- та міжобласні вантажопотоки аграрної продукції. Це зумовлює підвищені вимоги до організації автомобільних перевезень і робить актуальним завдання проектування ефективних транспортно-технологічних систем саме в умовах Вінниччини [11, 6]. Узагальнену схему формування вантажопотоків аграрної продукції в регіоні наведено на рис. 1.5.

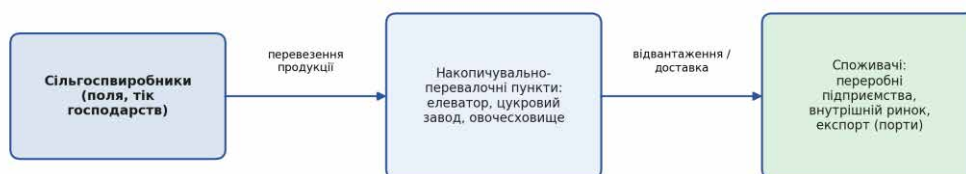


Рис. 1.5. Схема формування вантажопотоків аграрної продукції в регіоні.

Транспортне обслуговування аграрного сектору області базується переважно на автомобільному транспорті, що пояснюється його гнучкістю, можливістю доставки «від дверей до дверей» і придатністю до перевезення різномірних аграрних вантажів на короткі та середні відстані. Водночас сезонна нерівномірність перевезень, значні відстані до окремих пунктів призначення та зростання вартості пального актуалізують пошук раціональних схем доставки й оптимізацію використання рухомого складу [2; 5; 6].

Висновки до розділу 1.

За результатами опрацювання теоретичних джерел встановлено, що аграрна продукція є складним і різномірним об'єктом перевезення, який потребує спеціалізованого рухомого складу та суворого дотримання технологічних вимог через сезонність, масовість і схильність до втрат якості. Створення транспортно-технологічної системи перевезення такої продукції передбачає узгодження вантажу, рухомого складу, навантажувально-розвантажувальних засобів і транспортної мережі в єдиний процес та вибір раціональної схеми доставки з-поміж прямих, перевалочних і маршрутних варіантів.

Обґрунтовано, що ефективним інструментом оптимізації планів перевезень є транспортна задача лінійного програмування, розв'язувана методом потенціалів, яка дає змогу мінімізувати сумарні транспортні витрати під час закріплення постачальників за пунктами призначення. З огляду на провідну роль Вінницької області в аграрному виробництві та значні обсяги вантажопотоків сільськогосподарської продукції завдання проектування транспортно-технологічних систем для умов регіону є актуальним і потребує практичного вирішення, що й визначає зміст наступних розділів роботи.

РОЗДІЛ 2.

АНАЛІЗ ВАНТАЖОПОТОКІВ ТА ВИХІДНИХ ДАНИХ ДЛЯ ПРОЄКТУВАННЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ

2.1. Характеристика об'єкта дослідження

Для дослідження ми обрали сільськогосподарське підприємство ТОВ «Нива Поділля», що господарює на території Калинівської громади Хмельницького району Вінницької області. Виробничі підрозділи (тока) підприємства розташовані в селах Сальник, Дружне та Хомутиці. Підприємство спеціалізується на вирощуванні зернових та олійних культур і цукрового буряку, тобто є типовим представником аграрного сектору Вінниччини, що дає змогу розглядати його як репрезентативний об'єкт для проектування транспортно-технологічної системи [11]. Загальна площа землекористування господарства становить близько 2150 га. Структуру посівних площ, урожайність та валовий збір основних культур за результатами останнього року наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. Посівні площі, урожайність та валовий збір продукції ТОВ «Нива Поділля»

Культура	Площа, га	Урожайність, т/га	Валовий збір, т
Пшениця озима	800	5,5	4400
Кукурудза на зерно	600	8,0	4800
Соняшник	500	2,8	1400
Цукровий буряк	250	45,0	11250
Разом	2150	—	21850

Як видно з таблиці 2.1, найбільшу частку валового збору за масою формує цукровий буряк, проте він вивозиться окремими спеціалізованими потоками безпосередньо на цукровий завод. Тому в подальшому аналізі ми зосередимося на перевезенні зернової та олійної продукції (пшениця, кукурудза, соняшник), сумарний обсяг якої становить 10 600 т і яка доставляється на елеватори та переробні підприємства. Структуру валового збору наочно показано на рис. 2.1.



Рис. 2.1. Структура валового збору продукції господарства.

Для перевезення продукції господарство використовує власний парк вантажних автомобілів (самоскиди та зерновози), а в період пікового навантаження залучає сторонніх перевізників. Саме тому раціональна організація транспортного процесу є для підприємства важливим резервом зниження витрат.

2.2. Аналіз обсягів, структури та сезонності перевезень

Загальний обсяг зернової продукції, що підлягає вивезенню з токів господарства, становить $Q = 10600$ т. Особливістю аграрних перевезень є їх виражена сезонність: основна маса вантажу формується в період збирання врожаю (липень — листопад). Розподіл обсягів перевезень за місяцями, а також відповідну середньодобову інтенсивність наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2. Розподіл обсягів перевезень за місяцями

Місяць	Обсяг Qм, т	Частка, %	Робочих днів	Середньодобовий обсяг, т/добу
Липень	4400	41,5	22	200,0
Серпень	700	6,6	22	31,8
Вересень	2100	19,8	21	100,0
Жовтень	2800	26,4	22	127,3
Листопад	600	5,7	20	30,0
Разом	10600	100	—	—

Графічно сезонність обсягів і середньодобову інтенсивність перевезень показано на рис. 2.2 та рис. 2.3.



Рис. 2.2. Сезонність відвантаження зернової продукції за місяцями



Рис. 2.3. Середньодобова інтенсивність перевезень за місяцями

Як видно з рисунків, найбільше навантаження припадає на липень (збирання озимої пшениці) 4400 т, що становить 41,5 % річного обсягу. Виконаємо детальні розрахунки показників нерівномірності та потрібної інтенсивності роботи транспорту.

1) Середньомісячний обсяг перевезень за період вивезення (5 місяців):

$$Q_{\text{сер.міс}} = Q/5 = 10\,600 / 5 = 2120 \text{ т.}$$

2) Коефіцієнт місячної нерівномірності-відношення максимального місячного обсягу до середньомісячного:

$$K_n = Q_{\text{max}} / Q_{\text{сер.міс}} = 4400/2120 = 2,08.$$

Значення $K_n=2,08$ означає, що у піковий місяць навантаження більш ніж удвічі перевищує середнє, тому розрахунок потреби в транспорті слід вести саме за піковим місяцем.

3) Середньодобовий обсяг перевезень у піковий місяць (липень, 22 робочих дні):

$$q_{\text{доб.сер}} = Q_{\text{лип}} / D_{\text{лип}} = 4400/22 = 200 \text{ т/добу.}$$

4) Розрахунковий (максимальний) добовий обсяг з урахуванням коефіцієнта добової нерівномірності (приймаємо $K_d = 1,25$):

$$q_{\text{доб.р}} = q_{\text{доб.сер}} \cdot K_d = 200 \cdot 1,25 = 250 \text{ т/добу.}$$

5) Час обороту автомобіля на середній відстані $l = 18\text{ км}$ за технічної швидкості $V_T = 40 \text{ км/год}$ і часу навантаження-розвантаження $t_{\text{н-р}} = 0,5 \text{ год}$:

$$t_{об} = 2 \cdot l / V_T + t_{н-р} = 2 \cdot 18 / 40 + 0,5 = 0,9 + 0,5 = 1,4 \text{ год.}$$

6) Кількість їздок одного автомобіля за зміну (тривалість зміни $T_{зм} = 10$ год):

$$z_e = T_{зм} / t_{об} = 10 / 1,4 \approx 7 \text{ їздок.}$$

7) Змінна продуктивність автомобіля вантажопідйомністю $q = 20$ т:

$$W_{зм} = q \cdot z_e = 20 \cdot 7 = 140 \text{ т.}$$

8) Потрібна кількість автомобілів у піковий період (з урахуванням коефіцієнта технічної готовності $\alpha_T = 0,85$):

$$A = q_{доб.р} / (W_{зм} \cdot \alpha_T) = 250 / (140 \cdot 0,85) = 250 / 119 \approx 2,1 \rightarrow 3 \text{ автомобілі.}$$

Отже, для безперебійного вивезення продукції у пік збирання господарству необхідно щонайменше три автомобілі вантажопідйомністю 20 т (з урахуванням резерву на технічне обслуговування).

За результатами аналізу до проєктованої ТТС висуваються такі вимоги:

- 1) забезпечити вивезення пікового місячного обсягу 4400 т (липень) у стислий агротехнічний строк, не допускаючи накопичення вантажу на токах;
- 2) витримувати розрахункову добову інтенсивність до 250т/добу з урахуванням добової нерівномірності ($K_d = 1,25$);
- 3) мати у піковий період не менше 3 автомобілів вантажопідйомністю 20 т із резервом на технічну готовність ($\alpha_T = 0,85$);
- 4) узгоджувати ритм вивезення з темпом роботи комбайнів та прийнятною спроможністю елеваторів, щоб уникнути простоїв автомобілів у чергах і простоїв комбайнів через брак транспорту;
- 5) передбачати можливість залучення сторонніх перевізників у піковий період;
- 6) мінімізувати строки доставки вологого зерна (кукурудза, соняшник) на сушіння для збереження якості продукції.

2.3. Кореспонденції вантажопотоків

Постачальниками вантажу в межах господарства є три тока (пункти накопичення та відвантаження зерна), розташовані у трьох селах Калинівської громади Хмільницького району. Споживачами (пунктами призначення) є два елеватори та одне переробне підприємство району. Перелік постачальників із зазначенням населеного пункту, виду продукції та обсягу наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3. Постачальники вантажу (тік господарства)

Позна-чення	Населений пункт	Вид продукції	Обсяг, т
T1	с. Сальник (центральна садиба)	пшениця озима, частина кукурудзи	4600
T2	с. Дружне	кукурудза на зерно, соняшник	3200
T3	с. Хомутиці	пшениця озима, соняшник	2800
Разом			10600

Пункти призначення (споживачі) та обсяги приймання продукції наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4. Споживачі вантажу (пункти призначення)

Позна-чення	Населений пункт	Тип об'єкта	Потреба, т
E1	м. Калинівка	елеватор (зберігання зерна)	3800
E2	м. Хмільник	елеватор (зберігання зерна)	3600
E3	с. Уладівське	переробне підприємство	3200
Разом			10600

Отже, господарство вивозить зерно з трьох сіл -Сальника (4600 т), Дружного (3200 т) і Хомутинів (2800 т) на два елеватори (у Калинівці та Хмільнику) і переробне підприємство в Уладівському. Схему транспортних зв'язків між цими пунктами наведено на рис. 2.4.

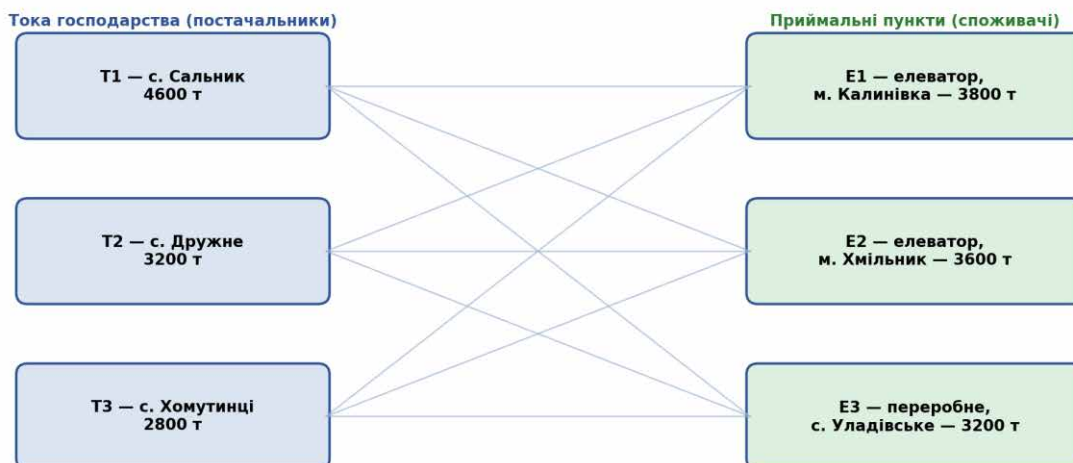


Рис. 2.4. Схема транспортних зв'язків господарства (постачальники - споживачі)

Оскільки сумарний обсяг вантажу від постачальників дорівнює сумарній потребі споживачів ($10\ 600 = 10\ 600$ т), маємо збалансовану (закриту) транспортну задачу [7]. Розподіл обсягів за пунктами призначення показано на рис. 2.5.

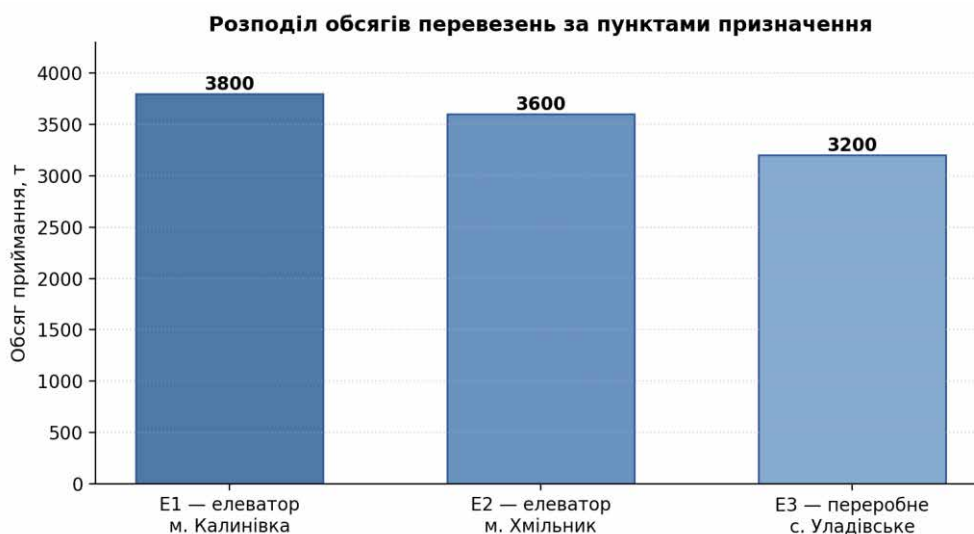


Рис. 2.5. Розподіл обсягів перевезень за пунктами призначення

2.4. Формування матриці відстаней та обсягів перевезень

Важливим етапом підготовки вихідних даних є визначення відстаней між пунктами відправлення та призначення. На підставі схеми автомобільних доріг Хмільницького району ми склали матрицю відстаней між токами господарства (с.Сальник, с.Дружне, с.Хомутиці) і приймальними пунктами (м.Калинівка, м.Хмільник, с.Уладівське), наведену в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5. Матриця відстаней між пунктами, км

Постачальник \ Споживач	E1 (Калинівка)	E2 (Хмільник)	E3 (Уладівське)
T1 (Сальник)	18	25	32
T2 (Дружне)	30	15	28
T3 (Хомутиці)	22	34	16

Для оцінки чинного стану перевезень розглянемо (диспетчерський) план, за яким вантаж розподіляється переважно «інтуїтивно», без оптимізації. Один із можливих варіантів такого плану наведено в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6. Базовий (диспетчерський) план перевезень, т

Постачальник \ Споживач	E1 (Калинівка)	E2 (Хмільник)	E3 (Уладівське)
T1 (Сальник)	3800	800	—
T2 (Дружне)	—	2800	400
T3 (Хомутиці)	—	—	2800

Обчислимо транспортну роботу за базовим планом як суму добутків обсягів перевезень на відповідні відстані:

$$P_{\text{баз}} = 3800 \cdot 18 + 800 \cdot 25 + 2800 \cdot 15 + 400 \cdot 28 + 2800 \cdot 16 = \\ = 68\,400 + 20\,000 + 42\,000 + 11\,200 + 44\,800 = 186\,400 \text{ т} \cdot \text{км}.$$

Середню відстань перевезення визначаємо як відношення транспортної роботи до загального обсягу:

$$l_{\text{сер}} = P_{\text{баз}} / Q = 186\,400 / 10\,600 = 17,58 \text{ км}.$$

Таким чином, за базового плану транспортна робота становить 186 400 т·км, а середня відстань перевезення 17,58 км. Ці показники ми приймаємо за відправну точку: у розділі 3 буде розв'язано транспортну задачу методом потенціалів і знайдено

оптимальний план, який дасть змогу зменшити сумарну транспортну роботу та витрати.

Окрім того, для попередньої оцінки потреби в рухомому складі обчислимо потрібну кількість автомобіле-їздок. За середньої вантажопідйомності автомобіля $q = 20$ т загальна кількість їздок становить:

$$N = Q/q = 10\,600 / 20 = 530 \text{ їздок.}$$

У піковий місяць (липень) обсяг перевезень 4400 т потребує $4400 / 20 = 220$ їздок; за умови 22 робочих днів це близько 10 їздок на добу.

Висновки до розділу 2

За результатами аналізу встановлено, що об'єкт дослідження ТОВ «Нива Поділля» є типовим аграрним підприємством Вінниччини із загальним обсягом зернової продукції для вивезення 10 600 т. Аналіз сезонності показав високу нерівномірність перевезень (коефіцієнт нерівномірності $K_n=2,08$) з вираженим піком у липні, що зумовлює підвищені вимоги до планування використання рухомого складу.

Сформовано вихідні дані для проектування транспортно-технологічної системи: визначено трьох постачальників і трьох споживачів зі збалансованими обсягами ($10\,600 = 10\,600$ т), складено матрицю відстаней, а також розраховано показники базового плану транспортну роботу 186 400 т·км та середню відстань перевезення 17,58 км. Ці дані є основою для розв'язання транспортної задачі та обґрунтування раціональної транспортно-технологічної системи в наступному розділі.

РОЗДІЛ 3.

ПРОЄКТУВАННЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ ТА РОЗРАХУНКИ

3.1. Уточнення вихідних даних та постановка транспортної задачі

Проектування транспортно-технологічної системи перевезення аграрної продукції доцільно виконувати не лише шляхом вибору автомобіля, а й через повне узгодження обсягів вантажу, відстаней, продуктивності рухомого складу, режиму роботи водіїв і приймальної спроможності елеваторів. Вихідні дані для розрахунків сформовано у другому розділі роботи: постачальниками є три тока господарства, а споживачами - два елеватори та переробне підприємство.

Сумарний обсяг зернової та олійної продукції, що підлягає перевезенню, становить 10 600 т. Запаси постачальників дорівнюють: Т1 - с. Сальник - 4600 т; Т2 - с. Дружне - 3200 т; Т3 - с. Хомутиці - 2800 т. Потреби приймальних пунктів: Е1 - м. Калинівка - 3800 т; Е2 - м. Хмільник - 3600 т; Е3 - с. Уладівське - 3200 т. Оскільки сума запасів дорівнює сумі потреб, транспортна задача є закритою, тобто не потребує введення фіктивного постачальника або споживача.

Критерієм оптимізації прийнято мінімізацію сумарної транспортної роботи, яка в умовах однакового тарифного підходу є пропорційною до транспортних витрат. Позначимо через x_{ij} обсяг вантажу, який перевозиться від i -го тока до j -го приймального пункту, а через c_{ij} - відстань між відповідними пунктами. Тоді цільова функція має вигляд:

$$Z = 18 \cdot 11 + 2512 + 32 \cdot 13 + 30 \cdot 21 + 15 \cdot 22 + 28 \cdot 23 + 2231 + 34 \cdot 32 + 16 \cdot 33 \rightarrow \min.$$

Обмеження за запасами постачальників:

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} = 4600;$$

$$x_{21} + x_{22} + x_{23} = 3200;$$

$$x_{31} + x_{32} + x_{33} = 2800.$$

Обмеження за потребами споживачів:

$$x_{11} + x_{21} + x_{31} = 3800;$$

$$x_{12} + x_{22} + x_{32} = 3600;$$

$$x_{13} + x_{23} + x_{33} = 3200.$$

Додатковою умовою є невід'ємність усіх змінних: $x_{ij} \geq 0$.

У практичному змісті така постановка означає, що необхідно не просто вивезти весь урожай із токів, а закріпити кожен пункт відправлення за найбільш раціональними пунктами приймання з урахуванням відстаней, наявного обсягу та обмеженої кількості автомобілів у піковий період.

Таблиця 3.1. Вихідна матриця транспортної задачі, км/т

Постачальник	Е1 Калинівка, 3800 т	Е2 Хмільник, 3600 т	Е3 Уладівське, 3200 т	Запас, т
Т1 Сальник	18	25	32	4600
Т2 Дружне	30	15	28	3200
Т3 Хомутиці	22	34	16	2800
Потреба, т	3800	3600	3200	10600

3.2. Перерахунок транспортної задачі методом мінімального елемента та методом потенціалів

Для побудови початкового опорного плану використано метод мінімального елемента. Його суть полягає у послідовному заповненні клітин із найменшими значеннями відстаней. У нашій задачі мінімальні відстані мають пари Т2-Е2 (15 км), Т3-Е3 (16 км), Т1-Е1 (18 км), Т1-Е2 (25 км) та Т1-Е3 (32 км).

Спочатку на напрямок Т2-Е2 спрямовується весь запас тока Т2 у кількості 3200 т, після чого потреба Е2 зменшується до 400 т. Далі на напрямок Т3-Е3 спрямовується 2800 т, після чого потреба Е3 зменшується до 400 т. Потім на напрямок Т1-Е1 спрямовується 3800 т, повністю задовольняючи потребу Е1. Залишок запасу Т1 у кількості 800 т розподіляється між Е2 та Е3 по 400 т відповідно.

Отриманий опорний план містить п'ять заповнених клітин. Для задачі розміром 3×3 необхідна кількість базисних клітин становить $m + n - 1 = 3 + 3 - 1 = 5$, тому план

є невивірженим і може бути перевірений методом потенціалів без додаткового введення нульових поставок.

Таблиця 3.2. Опорний план перевезень, т

Постачальник	Е1 Калинівка	Е2 Хмільник	Е3 Уладівське	Вивезено, т
Т1 Сальник	3800	400	400	4600
Т2 Дружне	-	3200	-	3200
Т3 Хомутиці	-	-	2800	2800
Разом	3800	3600	3200	10600

Транспортна робота за отриманим планом становить:

$$P_{\text{опт}} = 3800 \cdot 18 + 400 \cdot 25 + 400 \cdot 32 + 3200 \cdot 15 + 2800 \cdot 16 = 68\,400 + 10\,000 + 12\,800 + 48\,000 + 44\,800 = 184\,000 \text{ т} \cdot \text{км}.$$

Для перевірки оптимальності плану використано метод потенціалів. Для кожної заповненої клітини складається рівняння $u_i + v_j = c_{ij}$. Приймаємо $u_1 = 0$. Тоді: $v_1 = 18$; $v_2 = 25$; $v_3 = 32$; $u_2 = 15 - 25 = -10$; $u_3 = 16 - 32 = -16$.

Після визначення потенціалів розраховуються оцінки для незаповнених клітин за формулою $\Delta_{ij} = c_{ij} - (u_i + v_j)$. Якщо всі $\Delta_{ij} \geq 0$, план є оптимальним для задачі мінімізації.

Таблиця 3.3. Перевірка оптимальності плану методом потенціалів

Незаповнена клітина	c_{ij} , км	$u_i + v_j$	Δ_{ij}	Висновок
Т2-Е1	30	$-10 + 18 = 8$	22	поліпшення не потрібне
Т2-Е3	28	$-10 + 32 = 22$	6	поліпшення не потрібне
Т3-Е1	22	$-16 + 18 = 2$	20	поліпшення не потрібне
Т3-Е2	34	$-16 + 25 = 9$	25	поліпшення не потрібне

Усі оцінки є додатними, тому побудований план є оптимальним. Це означає, що жодне переміщення вантажу по незаповнених клітинах не дає зменшення загальної транспортної роботи.

Порівняно з базовим диспетчерським планом, у якому транспортна робота становила 186 400 т·км, оптимальний план забезпечує зменшення на 2400 т·км. Відносне скорочення дорівнює: $\Delta P\% = 2400 / 186\,400 \cdot 100 = 1,29\%$. Середня відстань перевезення за оптимальним планом становить $184\,000 / 10\,600 = 17,36$ км, тоді як у базовому варіанті вона дорівнювала 17,58 км.

Отже, перерахунок транспортної задачі підтвердив можливість зменшення транспортної роботи без зміни загального обсягу перевезень і без збільшення потреби у рухомому складі. Головний організаційний ефект полягає в уточненні закріплення потоків: основна частина вантажу з Т2 направляється до Хмільника, з Т3 - до Уладівського, а Т1 забезпечує Калинівку та залишкові потреби інших двох пунктів.

Таблиця 3.4. Порівняння базового та оптимального планів

Показник	Базовий варіант	Оптимальний варіант	Зміна
Загальний обсяг перевезень, т	10600	10600	без змін
Транспортна робота, т·км	186400	184000	-2400
Середня відстань, км	17,58	17,36	-0,22
Відносне зниження транспортної роботи, %	-	1,29	поліпшення

3.3. Вибір і обґрунтування рухомого складу

Для виконання оптимального плану перевезень необхідно вибрати рухомий склад, який відповідає властивостям вантажу, дорожнім умовам, відстаням перевезення та сезонному навантаженню. Оскільки перевезення здійснюються переважно на короткі та середні відстані в межах району, важливими є не лише вантажопідйомність, а й маневреність, здатність працювати на під'їздах до токів, економічність і надійність.

Для порівняння розглянуто три варіанти: автопоїзд DAF XF з напівпричепом-зерновозом, самоскид-зерновоз MAN TGS 33.430 6×4 та КрАЗ-65055. Автопоїзд DAF XF має найбільшу вантажопідйомність, але є менш придатним для обслуговування коротких польових плечей через габарити та вимоги до якості під'їзних шляхів. КрАЗ-65055 має добру прохідність, але поступається за вантажопідйомністю і витратою пального. Найбільш збалансованим для умов господарства є MAN TGS 33.430 вантажопідйомністю 20 т.

Вибір MAN TGS як базового автомобіля дозволяє забезпечити достатню змінну продуктивність, не перевантажувати сільські дороги та зменшити питому витрату пального порівняно з менш економічними самоскидами. У піковий період автопоїзди

більшої вантажопідйомності можуть залучатися додатково як резерв для прямих рейсів на елеватори, однак основою транспортної схеми доцільно залишити автомобілі вантажопідйомністю 20 т.

Таблиця 3.5. Порівняльна характеристика рухомого складу

Показник	DAF XF + зерновоз	MAN TGS 33.430	КрАЗ-65055
Вантажопідйомність, т	28	20	16
Витрата пального, л/100 км	32	30	33
Придатність до польових під'їздів	середня	добра	добра
Маневреність на току	обмежена	добра	добра
Доцільність використання	резерв для великих партій	основний варіант	резерв/складні дороги

3.4. Розрахунок техніко-експлуатаційних показників транспортного процесу

Техніко-експлуатаційні показники розраховано для базового автомобіля MAN TGS вантажопідйомністю $q = 20$ т. Оскільки оптимальний план містить різні плечі перевезення, доцільно визначити не лише усереднений час обороту, а й тривалість циклу за кожним основним напрямком.

Час обороту автомобіля визначається за формулою: $t_{об} = 2l / V_T + t_{н-р}$,

де l - відстань перевезення в один бік, км; V_T - технічна швидкість, км/год;

$t_{н-р}$ - сумарний час навантаження і розвантаження, год.

Для розрахунків приймаємо $V_T = 40$ км/год, $t_{н-р} = 0,5$ год.

Кількість їздок за кожним напрямком визначено як відношення обсягу перевезення до вантажопідйомності автомобіля. Оскільки обсяги кратні 20 т, додаткове округлення не потрібне.

Таблиця 3.6. Розрахунок рейсів і часу обороту за оптимальним планом

Напрямок	Обсяг, т	Відстань, км	Кількість їздок	Час обороту, год	Автомобіле-години
T1-E1	3800	18	190	1,40	266,0
T1-E2	400	25	20	1,75	35,0
T1-E3	400	32	20	2,10	42,0
T2-E2	3200	15	160	1,25	200,0
T3-E3	2800	16	140	1,30	182,0
Разом	10600	-	530	-	725,0

Загальна кількість їздок для вивезення 10 600 т продукції становить

$N = 10\,600/20 = 530$ їздок. Сумарна трудомісткість транспортної роботи за часом обороту становить 725 автомобіле-годин. За 10-годинної зміни це еквівалентно 72,5 автомобіле-змінам.

Середня фактична продуктивність одного автомобіля за годину становить $10600/725=14,62$ т/год, а за 10-годинну зміну - близько 146 т/зміну. Для консервативного планування, з урахуванням можливих черг на елеваторах, погодних умов і простоїв, у подальших розрахунках приймаємо змінну продуктивність одного автомобіля 140 т.

Потреба в автомобілях у піковий період визначається за розрахунковим добовим обсягом $q_{\text{доб.р}} = 250$ т/добу та коефіцієнтом технічної готовності $\alpha_t = 0,85$: $A = 250/(140 \cdot 0,85) = 2,1$. Після округлення до більшого цілого значення необхідно 3 автомобілі.

Таким чином, три автомобілі MAN TGS забезпечують добову пропускну спроможність, достатню для виконання пікового обсягу перевезень. Такий резерв є обґрунтованим, оскільки в реальних умовах аграрного виробництва можливі затримки через черги на приймальних пунктах, зволоження зерна, ремонт техніки або обмеження руху на місцевих дорогах.

3.5. Порівняння базової та проєктної схем доставки

Базова схема перевезень має диспетчерський характер: розподіл вантажу між пунктами приймання здійснюється переважно за звичними напрямками без математичного обґрунтування мінімальної транспортної роботи. Такий підхід є простим для оперативного управління, але не завжди забезпечує найменші витрати, особливо за наявності кількох потоків і кількох приймальних пунктів.

Проєктна схема базується на результатах транспортної задачі. Її перевага полягає в тому, що кожен вантажопотік закріплений за тим напрямком, який забезпечує найменшу сумарну транспортну роботу за умови повного задоволення потреб споживачів. При цьому не змінюється загальний обсяг перевезення, але зменшуються середня відстань, пробіг із вантажем і витрати.

З організаційної точки зору проєктна схема передбачає попереднє формування добового плану рейсів, черговості подачі автомобілів під навантаження, узгодження часу прибуття на елеватори та оперативний контроль фактичного виконання рейсів. Це дозволяє зменшити непродуктивні простої та підвищити дисципліну транспортного процесу.

Таблиця 3.7. Організаційне порівняння схем доставки

Критерій	Базова схема	Проєктна схема
Принцип розподілу вантажу	диспетчерський, інтуїтивний	оптимізаційний, за транспортною задачею
Транспортна робота	186400 т·км	184000 т·км
Середня відстань	17,58 км	17,36 км
Контроль виконання	післярейсовий	добове планування та поточний контроль
Ризик зайвого пробігу	вищий	нижчий
Економічний результат	без підтвердженої економії	економія 38,28 тис. грн

Проєктна схема не потребує значних капітальних вкладень, оскільки базується на перерозподілі існуючих вантажопотоків і раціональнішому використанні наявного рухомого складу. Тому її можна впровадити у короткий строк через зміну диспетчерського планування, ведення електронного журналу рейсів і щоденне зіставлення планових та фактичних показників.

Для практичного впровадження доцільно використовувати маршрутний лист, у якому зазначаються пункт відправлення, пункт призначення, обсяг вантажу, кількість рейсів, плановий час обороту, фактичний час прибуття та вибуття. Такий документ дозволить контролювати не лише виконання плану перевезень, а й причини відхилень.

3.6. Розрахунок експлуатаційних витрат та економічної ефективності

Економічна оцінка проєктної транспортно-технологічної системи виконана через розрахунок пробігу, витрат пального, загальних експлуатаційних витрат, собівартості 1 т вантажу та 1 т·км транспортної роботи. Пробіг із вантажем

визначаємо як відношення транспортної роботи до вантажопідйомності автомобіля:
 $L_{\text{ван}} = 184\,000 / 20 = 9200 \text{ км.}$

Оскільки при маятниковій схемі значна частина зворотного руху виконується без вантажу, коефіцієнт використання пробігу приймаємо $\beta = 0,5$. Тоді загальний пробіг становить $L_{\text{заг}} = 9200 / 0,5 = 18\,400 \text{ км.}$

Витрати дизельного пального за норми 30 л/100 км становлять:

$G_{\text{пал}} = 18\,400 \cdot 30/100 = 5520 \text{ л.}$ За ціни пального 55 грн/л витрати на паливо дорівнюють

$$B_{\text{пал}} = 5520 \cdot 55 = 303\,600 \text{ грн.}$$

У структурі витрат автомобільних перевезень паливна складова є найбільшою. Для укрупненого розрахунку приймаємо, що паливо становить 50 % загальних експлуатаційних витрат. Тоді загальні витрати на виконання всього обсягу перевезень дорівнюють: $B_{\text{заг}} = 303\,600 / 0,5 = 607\,200 \text{ грн.}$

Собівартість одиниці транспортної роботи становить

$$C_{\text{ткм}} = 607\,200 / 184\,000 = 3,30 \text{ грн/т} \cdot \text{км.}$$

Собівартість перевезення однієї тонни продукції становить

$$C_{\text{т}} = 607\,200 / 10\,600 = 57,28 \text{ грн/т.}$$

Таблиця 3.8. Структура експлуатаційних витрат проєктного варіанта

Стаття витрат	Частка, %	Сума, грн
Пальне та мастильні матеріали	50	303600
Оплата праці водіїв з нарахуваннями	20	121440
Технічне обслуговування і ремонт	12	72864
Амортизаційні відрахування	10	60720
Інші накладні витрати	8	48576
Разом	100	607200

Економічний ефект від оптимізації плану перевезень визначається через зниження транспортної роботи на 2400 т·км. За собівартості 3,30 грн/т·км економія становить: $E_1 = 2400 \cdot 3,30 = 7920 \text{ грн.}$

Додатковий ефект формується завдяки вибору MAN TGS замість менш економічного КрАЗ-65055. Різниця у витраті пального становить 3 л/100 км. За загального пробігу 18 400 км економія пального дорівнює $18\,400 \cdot 0,03 = 552 \text{ л,}$

або $E_2 = 552 \cdot 55 = 30360$ грн.

Сумарний орієнтовний економічний ефект становить

$E = E_1 + E_2 = 7920 + 30\,360 = 38\,280$ грн.

Це значення характеризує прямий розрахунковий результат від організаційної оптимізації та раціонального вибору рухомого складу без урахування додаткових переваг, таких як зменшення простоїв, краща збереженість продукції та підвищення ритмічності вивезення.

Таблиця 3.9. Підсумкові показники ефективності проєктної системи

Показник	Значення
Оптимальний обсяг транспортної роботи	184000 т·км
Зменшення транспортної роботи	2400 т·км
Середня відстань перевезення	17,36 км
Загальна кількість їздок	530
Необхідна кількість автомобілів у пік	3 одиниці
Загальний пробіг	18400 км
Витрати пального	5520 л
Собівартість 1 т·км	3,30 грн/т·км
Собівартість 1 т	57,28 грн/т
Орієнтовний економічний ефект	38280 грн

Отримані результати підтверджують доцільність упровадження проєктної транспортно-технологічної системи. Незважаючи на те, що відносне зниження транспортної роботи становить 1,29 %, для сезонних аграрних перевезень навіть таке скорочення є важливим, оскільки воно повторюється на великих масових обсягах і безпосередньо впливає на витрати пального та завантаження водіїв.

Практичне значення проєкту полягає також у тому, що запропоновані заходи не потребують купівлі додаткової техніки. Підприємству достатньо організувати перевезення за оптимальним планом, забезпечити роботу трьох автомобілів у піковий період і контролювати фактичне виконання рейсів. У перспективі ефект може бути

збільшений за рахунок цифрового диспетчерського планування, GPS-контролю та погодинного узгодження прибуття автомобілів на елеватори.

Висновки до розділу 3

У третьому розділі уточнено вихідні дані та виконано повний перерахунок транспортної задачі для перевезення 10 600 т аграрної продукції з трьох потоків господарства до трьох приймальних пунктів. Задача є закритою, оскільки сумарні запаси постачальників повністю дорівнюють сумарним потребам споживачів.

Методом мінімального елемента побудовано опорний план, який передбачає перевезення 3800 т за напрямком T1-E1, 400 т за напрямком T1-E2, 400 т за напрямком T1-E3, 3200 т за напрямком T2-E2 та 2800 т за напрямком T3-E3. Метод потенціалів підтвердив оптимальність цього плану, оскільки всі оцінки незаповнених клітин є додатними.

Оптимальний план забезпечує транспортну роботу 184 000 т·км, що на 2400 т·км менше за базовий диспетчерський варіант. Середня відстань перевезення зменшена з 17,58 до 17,36 км. Для виконання плану потрібно 530 їздок автомобіля вантажопідйомністю 20 т.

За результатами порівняння рухомого складу основним автомобілем для умов господарства обрано MAN TGS 33.430 вантажопідйомністю 20 т. Розрахунки показали, що у піковий період для забезпечення добового обсягу 250 т необхідно 3 автомобілі з урахуванням коефіцієнта технічної готовності 0,85.

Загальний пробіг за оптимальним планом становить 18 400 км, витрати дизельного пального - 5520 л, загальні експлуатаційні витрати - 607 200 грн, собівартість 1 т·км - 3,30 грн, а собівартість перевезення 1 т продукції - 57,28 грн. Орієнтовний економічний ефект від оптимізації плану та вибору раціонального рухомого складу становить 38,28 тис. грн, що підтверджує доцільність запропонованої транспортно-технологічної системи.

РОЗДІЛ 4.

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ

4.1. Аналіз небезпечних і шкідливих чинників під час перевезення аграрної продукції

Організація перевезень аграрної продукції пов'язана з дією на працівників низки небезпечних і шкідливих виробничих чинників. Правове регулювання охорони праці у цій сфері здійснюється Законом України «Про охорону праці» [1], а безпосередньо на автомобільному транспорті Правилами охорони праці на автомобільному транспорті (НПАОП 0.00-1.62-12) [2].

До основних небезпечних (тих, що призводять до травм) і шкідливих (тих, що спричиняють захворювання) чинників під час вивезення зерна належать рухомі транспортні засоби й механізми, підвищена запиленість повітря під час навантаження зерна, шум і вібрація в кабіні, несприятливий мікроклімат, а також ризик дорожньо-транспортних пригод. Їх систематизовано в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1. Небезпечні та шкідливі чинники транспортного процесу

Чинник	Джерело виникнення	Засоби захисту
Рухомі машини та механізми	автомобілі, навантажувачі на току й елеваторі	огороження, сигналізація, дотримання маршрутів руху
Підвищена запиленість повітря	навантаження та пересипання зерна	респіратори, окуляри, провітрювання
Шум і вібрація	робота двигуна, рух автомобіля	віброізоляція сидіння, обмеження часу роботи
Несприятливий мікроклімат	робота в спеку/холод, кабіна автомобіля	кондиціонування, опалення, режим праці й відпочинку
Небезпека ДТП	рух дорогами загального користування	дотримання ПДР, технічна справність ТЗ
Пожежна безпека	паливо, суха зернова маса, нагрів вузлів	вогнегасники, іскрогасники, заборона куріння

Загальну систему заходів, спрямованих на усунення або зменшення дії цих чинників, наведено на рис. 4.1.



Рис. 4.1. Система заходів з охорони праці та безпеки транспортного процесу

4.2. Організація безпечного виконання навантажувально-розвантажувальних і транспортних робіт

Найбільш небезпечними операціями транспортного процесу є навантаження й розвантаження зерна та маневрування автомобілів на току й біля приймальних пунктів. Згідно з Правилами охорони праці на автомобільному транспорті [2], до керування автомобілями та виконання навантажувально-розвантажувальних робіт допускаються особи, які пройшли медичний огляд, навчання та інструктажі з охорони праці. Під час організації цих робіт слід дотримуватися таких основних вимог:

- 1) перед початком роботи перевірити технічний стан автомобіля (гальма, рульове керування, освітлення, шини) та справність механізмів навантаження;
- 2) виконувати навантаження й розвантаження лише при загальмованому автомобілі з вимкненим двигуном (за потреби із застосуванням протиоткатних упорів);
- 3) забороняється перебування людей у кузові та в зоні роботи навантажувача під час навантаження зерна;

- 4) не допускати перевантаження автомобіля понад установлену вантажопідйомність та рівномірно розподіляти вантаж по кузову;
- 5) під час маневрування на току рухатися з мінімальною швидкістю, подаючи звуковий сигнал, за наявності сигнальника;
- 6) після завершення робіт очистити кузов, поставити автомобіль на стоянку, загальмувати та вимкнути двигун.

Дотримання цих вимог дає змогу запобігти травмуванню працівників і пошкодженню техніки під час найнапруженішого періоду — збирання та вивезення врожаю.

4.3. Заходи з охорони праці, пожежної безпеки та безпеки дорожнього руху

Передбачають проведення вступного, первинного та періодичних інструктажів, забезпечення працівників засобами індивідуального захисту (спецодяг, рукавиці, респіратори, окуляри), дотримання режиму праці й відпочинку водіїв, а також контроль параметрів виробничого середовища. Орієнтовні нормативні значення окремих санітарно-гігієнічних показників наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2. Орієнтовні нормативні значення санітарно-гігієнічних показників

Показник	Одиниця	Норматив
Рівень шуму на робочому місці водія	дБА	до 70
Температура повітря в кабіні (теплий період)	°C	18–27
Освітленість зони навантаження (штучна)	лк	не менше 20
Тривалість керування без перерви	год	не більше 4

Наведені значення є орієнтовними та підлягають уточненню за чинними санітарними нормами.

Зумовлені високою горючістю сухої зернової маси та наявністю пального. Відповідно до вимог пожежної безпеки [5; 6], кожен автомобіль має бути

укомплектований справним вогнегасником, на автомобілях встановлюють іскрогасники на випускну систему, забороняється куріння й користування відкритим вогнем у зоні зберігання та навантаження зерна, а також передбачають первинні засоби пожежогасіння на току й біля складів.

Регулюються Законом України «Про дорожній рух» [3] та Правилами дорожнього руху [4]. Передбачають випуск на лінію лише технічно справних автомобілів, проходження водіями передрейсового медичного огляду, дотримання швидкісного режиму та правил перевезення вантажів, а також контроль за режимом праці й відпочинку водіїв для запобігання втомі, особливо в напружений період збирання врожаю.

Висновки до розділу 4

У розділі проаналізовано основні небезпечні та шкідливі чинники, що супроводжують перевезення аграрної продукції, рухомі механізми, запиленість, шум, вібрацію, несприятливий мікроклімат, небезпеку ДТП і пожеж. Визначено організаційні вимоги до безпечного виконання навантажувально-розвантажувальних і транспортних робіт.

Запропоновано комплекс заходів з охорони праці, пожежної безпеки та безпеки дорожнього руху, що ґрунтується на чинних нормативно-правових актах України. Їх упровадження дає змогу знизити виробничий травматизм, забезпечити належні умови праці водіїв і безпеку транспортного процесу під час функціонування проєктованої транспортно-технологічної системи.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У бакалаврській кваліфікаційній роботі вирішено науково-практичне завдання щодо організації транспортного процесу перевезення аграрної продукції на прикладі ТОВ «Нива Поділля». Відповідно до поставленої мети досліджено особливості аграрних вантажів, сформовано вихідні дані для розрахунків, перераховано транспортну задачу, обґрунтовано вибір рухомого складу та визначено економічний результат від упровадження запропонованої системи.

1. У теоретичній частині встановлено, що аграрна продукція є специфічним об'єктом транспортування через сезонність, масовість, різні фізико-механічні властивості та ризики кількісних і якісних втрат. Для таких вантажів важливими є правильний вибір рухомого складу, дотримання строків доставки, узгодження роботи потоків, елеваторів і автомобілів, а також мінімізація простоїв у піковий період збирання врожаю.

2. Проаналізовано діяльність ТОВ «Нива Поділля» як типового аграрного підприємства Вінницької області. Загальний валовий збір продукції за прийнятими вихідними даними становить 21 850 т, з яких для подальших розрахунків виділено 10 600 т зернової та олійної продукції. Найбільша частка перевезень припадає на липень - 4400 т, або 41,5 % річного обсягу, що підтверджує високу сезонну нерівномірність транспортної роботи.

3. Установлено, що коефіцієнт місячної нерівномірності становить 2,08, а розрахунковий добовий обсяг у піковий період з урахуванням коефіцієнта добової нерівномірності дорівнює 250 т/добу. Це дало змогу визначити вимоги до транспортної системи: вона має забезпечувати своєчасне вивезення пікового обсягу, не допускати накопичення зерна на токах і бути узгодженою з приймальною спроможністю елеваторів.

4. Сформовано матрицю відстаней між трьома пунктами відправлення та трьома пунктами призначення. Базовий диспетчерський план перевезень забезпечував транспортну роботу 186 400 т·км і середню відстань перевезення 17,58

км. Саме ці показники використано як базу для подальшого порівняння з проєктним варіантом.

5. Виконано перерахунок транспортної задачі методом мінімального елемента та методом потенціалів. Оптимальний план передбачає такі основні вантажопотоки: T1-E1 - 3800 т, T1-E2 - 400 т, T1-E3 - 400 т, T2-E2 - 3200 т, T3-E3 - 2800 т. Усі оцінки незаповнених клітин за методом потенціалів є додатними, тому отриманий план є оптимальним.

6. У результаті оптимізації транспортна робота зменшена з 186 400 до 184 000 т·км, тобто на 2400 т·км, або на 1,29 %. Середня відстань перевезення зменшена з 17,58 до 17,36 км. Отже, завдання щодо перерахунку транспортної задачі виконано, а отриманий результат підтверджує можливість зниження витрат за рахунок раціонального закріплення пунктів відправлення за пунктами призначення.

7. За результатами порівняння рухомого складу для умов господарства обрано автомобіль MAN TGS 33.430 вантажопідйомністю 20 т. Такий вибір обґрунтований поєднанням достатньої вантажопідйомності, помірної витрати пального, маневреності та придатності до роботи на коротких і середніх плечах перевезення з виїздом на сільські й польові дороги.

8. Розрахунок техніко-експлуатаційних показників показав, що для вивезення 10 600 т продукції необхідно виконати 530 їздок. Сумарна трудомісткість становить 725 автомобіле-годин. У піковий період за розрахункового добового обсягу 250 т/добу та коефіцієнта технічної готовності 0,85 підприємству необхідно мати 3 автомобілі вантажопідйомністю 20 т.

9. Економічні розрахунки показали, що за оптимальним планом загальний пробіг становить 18 400 км, витрати дизельного пального - 5520 л, витрати на пальне - 303 600 грн, загальні експлуатаційні витрати - 607 200 грн. Собівартість одиниці транспортної роботи становить 3,30 грн/т·км, а собівартість перевезення однієї тонни продукції - 57,28 грн/т.

10. Орієнтовний економічний ефект від упровадження запропонованих рішень становить 38,28 тис. грн. Він формується за рахунок зменшення транспортної роботи на 2400 т·км та економії пального від використання більш раціонального рухомого

складу. Додатковими результатами є підвищення ритмічності перевезень, зниження ризику простоїв і можливість точнішого диспетчерського планування.

11. У розділі з охорони праці визначено основні небезпечні та шкідливі чинники транспортного процесу: рухомі транспортні засоби, запиленість під час навантаження зерна, шум, вібрацію, ризики дорожньо-транспортних пригод і пожежну небезпеку. Запропоновано комплекс організаційних, технічних і профілактичних заходів, спрямованих на безпечне виконання навантажувально-розвантажувальних і транспортних робіт.

Отже, поставлені у роботі завдання виконано повністю. Запропонована транспортно-технологічна система є практично придатною для використання в умовах ТОВ «Нива Поділля», оскільки забезпечує вивезення заданого обсягу аграрної продукції, зменшує транспортну роботу, обґрунтовує необхідну кількість автомобілів і дає позитивний економічний результат без значних капітальних вкладень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.2.3-5:2018. Вулиці та дороги населених пунктів. — [Чинний від 2018-09-01]. — К. : Мінрегіон України, 2018. — 114 с. — (Державні будівельні норми України).
2. ДСТУ 2587:2021. Безпека дорожнього руху. Розмітка дорожня. Загальні технічні умови. — [Чинний від 2021-12-01]. — К. : ДП «УкрНДНЦ», 2021. — 65 с. — (Національний стандарт України).
3. ДСТУ 4100:2021 [3]. Безпека дорожнього руху. Знаки дорожні. Загальні технічні умови. Правила застосування. — [Чинний від 2021-11-01]. — К. : ДП «УкрНДНЦ», 2021. — 124 с. — (Національний стандарт України).
4. Стратегія розвитку міста Києва до 2025 року (нова редакція). Затверджена рішенням Київської міської ради від 15 грудня 2011 року № 824/7060 (у редакції рішення Київської міської ради від 15 листопада 2016 року № 411/1415). — К. : КМДА, 2017. — 143 с.
5. Благоустрій автомобільних доріг та вулиць : навч. посіб. / Т. Литвиненко, С. Солодкий, І. Ткаченко, Л. Гасенко, В. Івасенко, Ю. Сідун ; за ред. Т. Литвиненко. — Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2022. — 264 с.
6. Кононенко О., Гнатюк О. Методи урбаністичних досліджень : навч. посіб. для здобувачів освіти за освітньо-професійною програмою «Урбаністика та міське планування». — Київ : Видавець Кравченко Я.О., 2024. — 145 с.
7. Управління дорожнім рухом на регульованих перехрестях у містах : монографія / Є. Ю. Формальчик, І. А. Могила, В. Е. Трушевський, В. В. Гілевич ; за заг. ред. проф. Є. Ю. Формальчика. — Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2018. — 238 с.
8. Ukrainian Cities: The Sustainable Development on the Eve of Full-Scale Russian Aggression : Monograph / Edited by Eugenia Maruniak and Sergiy Lisovskyi. — Kyiv : Institute of Geography NAS of Ukraine, 2023. — 232 p.
9. Haas T. New Urbanism and Beyond: Designing Cities for the Future / Tigran Haas. — New York : Rizzoli International Publications, 2008. — 256 p.

10. Richards B. Future Transport in Cities / Brian Richards. — London ; New York : Spon Press, 2001. — 160 p.
 11. Ritter P. Planning for Man and Motor / Paul Ritter. — Oxford ; New York : Pergamon Press, 1964. — 412 p.
 12. Клименко С. В., Нагорний Т. В. Досвід організації велосипедного руху на розв'язках в одному рівні в населених пунктах України // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування (НУВГП). Серія: Технічні науки. — 2023. — Вип. 2 (102). — С. 353–364. — DOI: <https://doi.org/10.31713/vt2202329>.
 13. Полянський Ю., Карпишин М., Артимович П. Стала міська мобільність як чинник трансформації міського простору Львова // Економічна та соціальна географія. — Київ : КНУ ім. Тараса Шевченка, 2022. — Вип. 88. — С. 40–47. — DOI: <https://doi.org/10.17721/2413-7154.2022.88.40-47>.
- IV. Документація спеціалізованого програмного забезпечення (методична база)
14. IndorDraw User Manual. Система автоматизованого проєктування та креслення інженерних мереж і ТЗОДР. Технічна документація. — IndorSoft, 2024. (Використано для побудови схем наявного та проєкту станів).
 15. PTV VISSIM User Manual. Microscopic Traffic Flow Simulation Software. — Karlsruhe, Germany : PTV Group, 2023. (Використано для налаштування Conflict Areas, PT Stops, Signal Heads та аналізу Network Performance).

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А



Рис. А.1. Класифікація аграрної продукції як об'єкта транспортування

Додаток узагальнює основні групи аграрних вантажів, що враховуються під час вибору рухомого складу та умов перевезення.

Схема транспортно-технологічного процесу перевезення зернової продукції

Рис. А.2. Схема транспортно-технологічного процесу перевезення зернової продукції

ДОДАТОК В

Схема кореспонденцій вантажопотоків ТОВ «Нива Поділля»

Постачальники

Споживачі

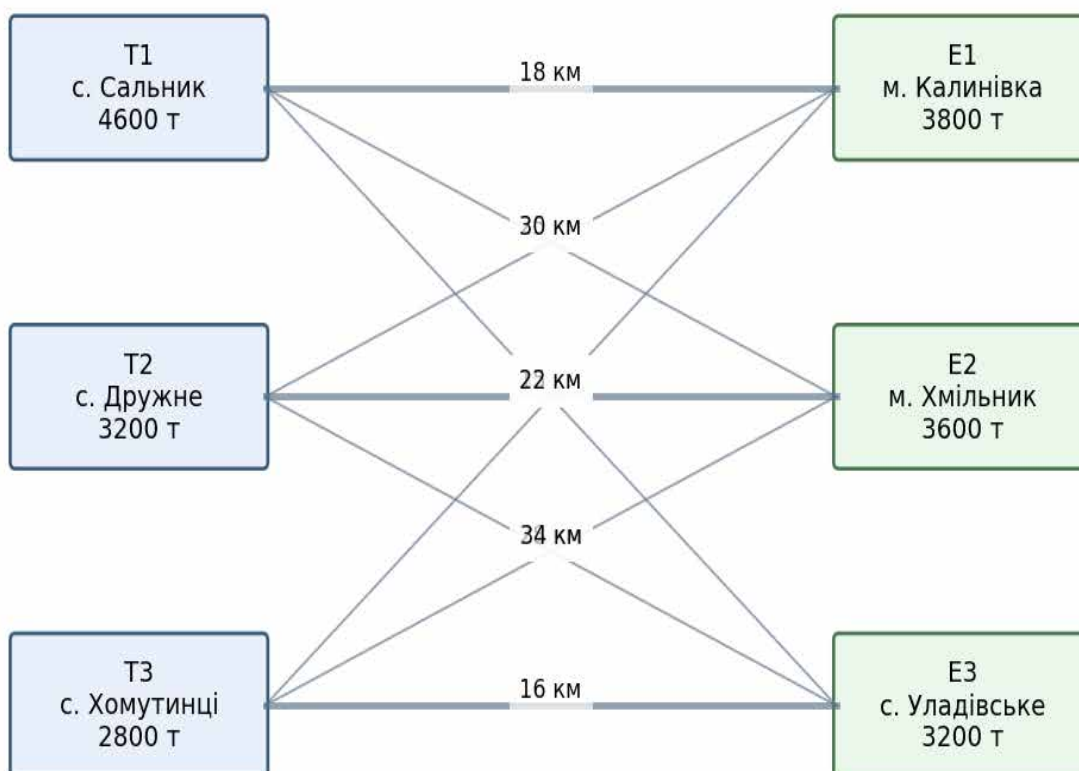


Рис. В.1. Схема кореспонденцій вантажопотоків ТОВ «Нива Поділля»
Наведено зв'язки між трьома пунктами відправлення та трьома пунктами приймання продукції.

ДОДАТОК Г

Матриця відстаней між пунктами відправлення та призначення, км

	Е1 Калинівка	Е2 Хмільник	Е3 Уладівське
Т1 Сальник	18	25	32
Т2 Дружне	30	15	28
Т3 Хомутиці	22	34	16

Зеленим кольором позначені найкоротші напрямки для кожного постачальника.

Рис. Г.1. Матриця відстаней між пунктами відправлення та призначення
Матриця використовується як вихідна база для розрахунку транспортної задачі та визначення транспортної роботи.

ДОДАТОК Д

План розподілу обсягів перевезень за напрямками

	Е1 Калинівка	Е2 Хмільник	Е3 Уладівське
Т1 Сальник	3800	800	—
Т2 Дружне	—	2800	400
Т3 Хомутиці	—	—	2800

План відповідає балансу: пропозиція = попит = 10 600 т. Транспортна робота: 186 400 т·км.

Рис. Д.1. План розподілу обсягів перевезень за напрямками

Таблиця ілюструє розподіл вантажу між пунктами відправлення та призначення з урахуванням балансу попиту і пропозиції.

ДОДАТОК Е

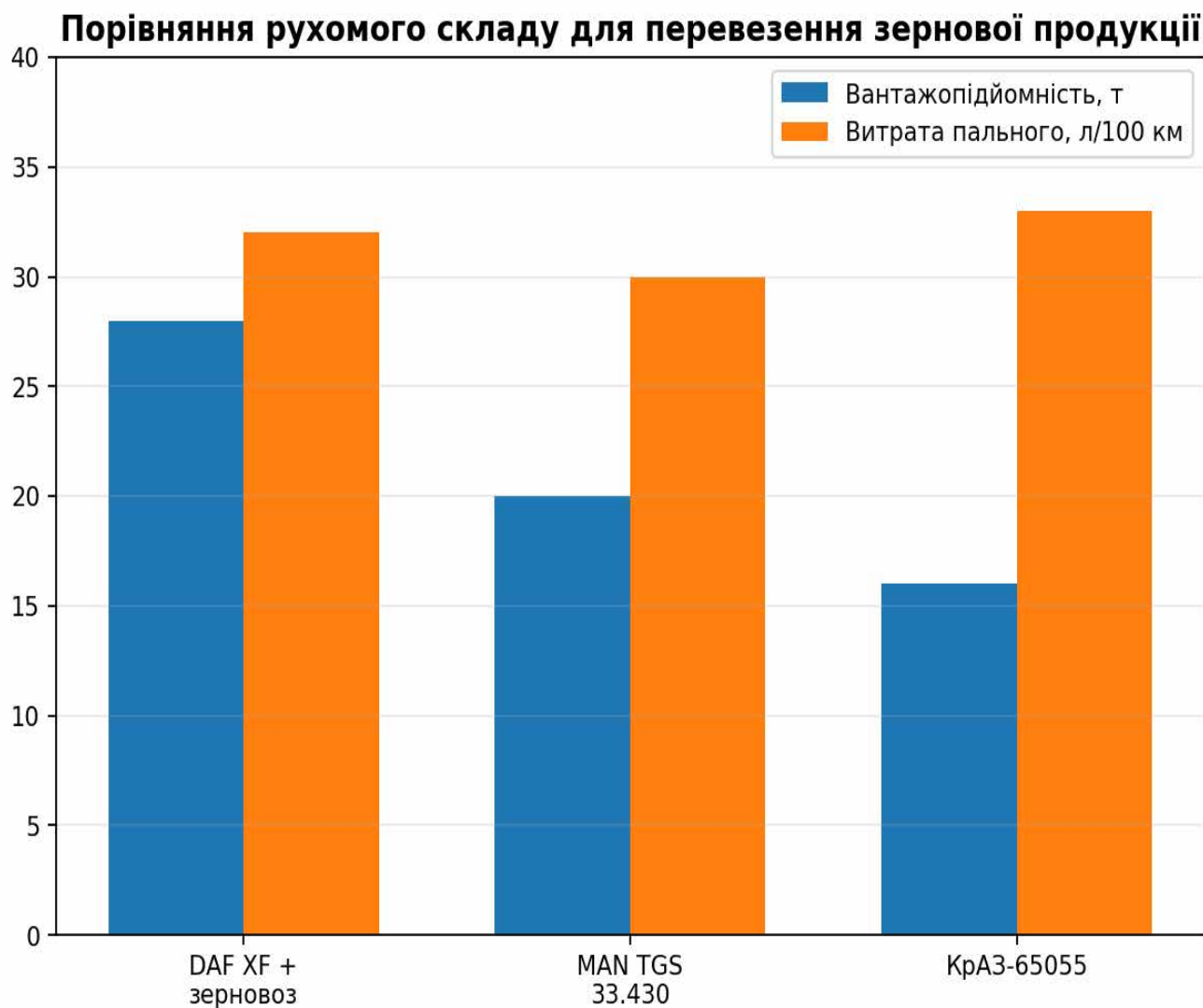


Рис. Е.1. Порівняння рухомого складу для перевезення аграрної продукції

Порівняння дає підстави обґрунтувати вибір MAN TGS 33.430 як базового автомобіля для коротких і середніх плечей доставки.

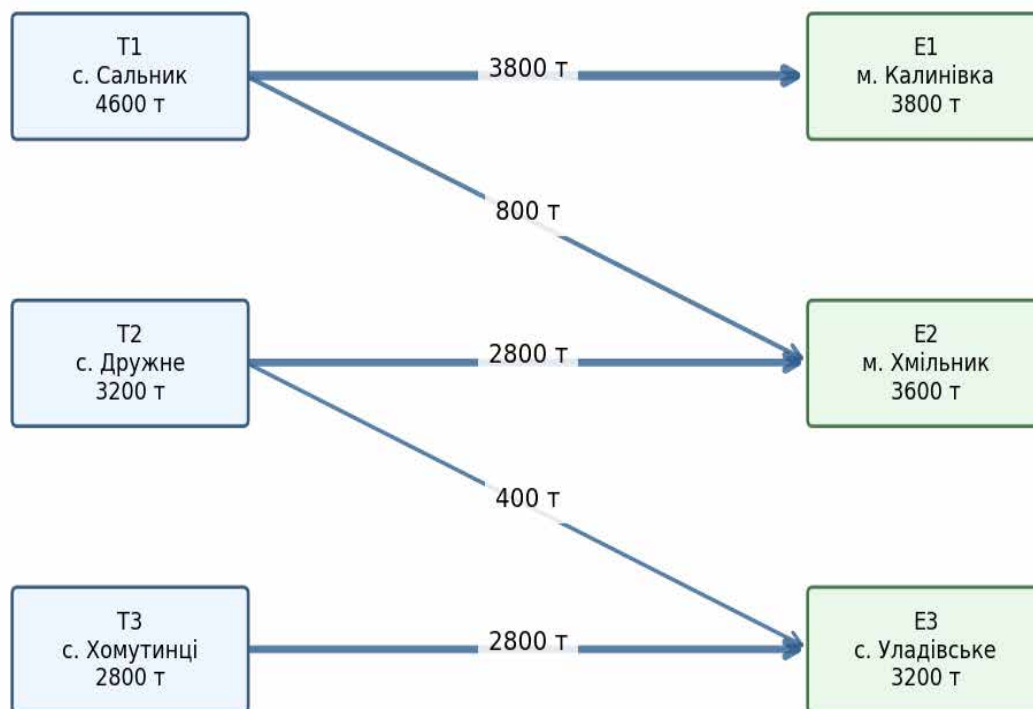
Схема рекомендованих напрямків перевезення зернової продукції

Рис. Ж.1. Схема рекомендованих напрямків перевезення зернової продукції

Схема показує рекомендовані вантажопотоки, які доцільно застосовувати при організації перевезень у господарстві.

Операційна схема одного обороту автомобіля

Рис. І.1. Операційна схема одного обороту автомобіля

Операційна схема деталізує один повний цикл роботи автомобіля під час перевезення зернової продукції.

Система заходів з охорони праці та безпеки перевезень



Рис. К.1. Система заходів з охорони праці та безпеки транспортного процесу

Додаток систематизує ключові напрями забезпечення безпечної роботи водіїв, вантажників і техніки.

ДОДАТОК Л

Очікуваний економічний ефект від удосконалення перевезень

Очікуваний ефект від удосконалення транспортного процесу

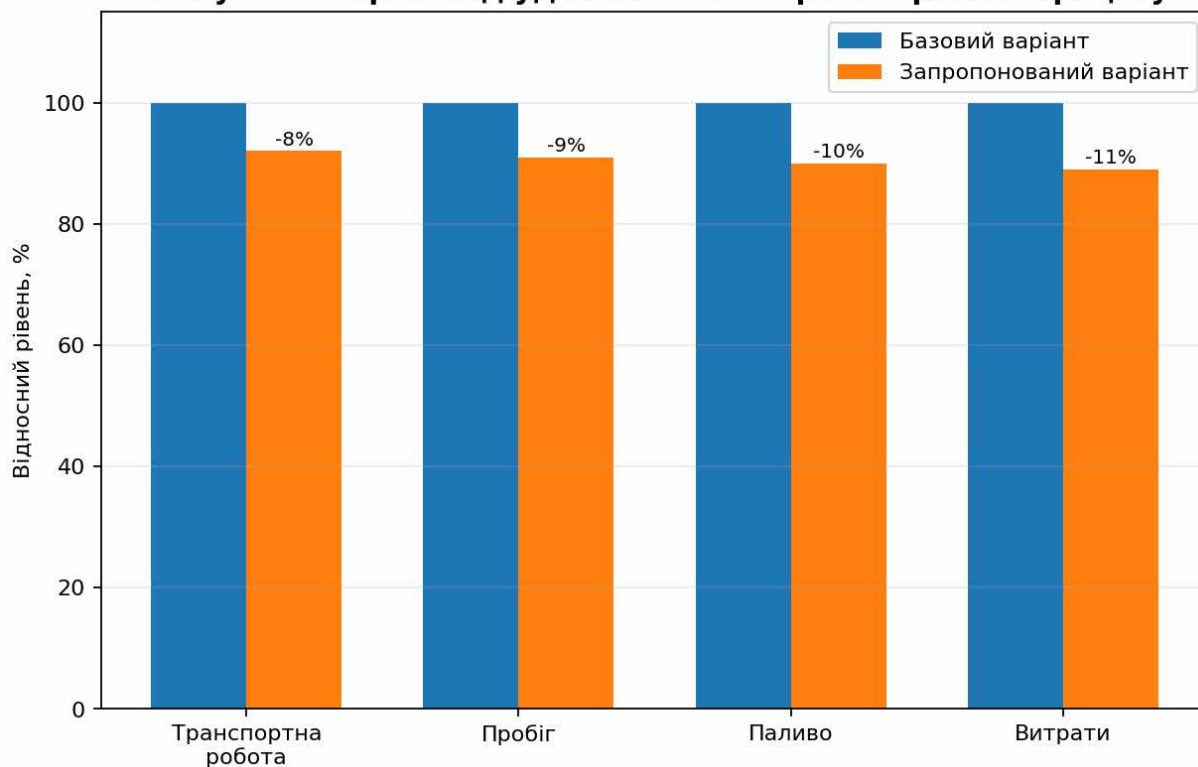


Рис. Л.1. Очікуваний економічний ефект від удосконалення перевезень

Діаграма демонструє очікуване зниження транспортної роботи, пробігу, витрат пального та загальних витрат порівняно з базовим варіантом.