

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра управління вантажною і комерційною роботою

УДОСКОНАЛЕННЯ ВАНТАЖНОЇ І КОМЕРЦІЙНОЇ РОБОТИ ПРИ ДОСТАВЦІ  
ЗЕРНОВИХ ВАНТАЖІВ

Пояснювальна записка і розрахунки  
до випускної кваліфікаційної роботи

УВКРД.200.00.00.000 ПЗ

Розробив студент групи 221-ОПУТ-Д19  
спеціальності 275 / 275.02

Тарасов К.О.

Керівник: професор, канд. техн. наук  
Запара В. М.

Рецензент: професор, д-р. техн. наук  
Прохорченко А.В.

2021

# Український державний університет залізничного транспорту

Факультет управління процесами перевезень

Кафедра управління вантажною і комерційною роботою

Освітній рівень: магістр

Спеціальність 275 Транспортні технології

275.02 «Транспортні технології (на залізничному транспорті)»

## ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

професор, д-р техн. наук

О. В. Лаврухін

«22» січня 2021 р.

## ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Тарасову Кирилу Олександровичу

1 Тема «Удосконалення вантажної і комерційної роботи при доставці зернових вантажів»

керівник Запара Віктор Мефодійович, канд. техн. наук, професор  
затверджені розпорядженням по факультету Управління процесами перевезень від 22 січня 2021 року №01/21

2 Строк подання студентом закінченої роботи– 17 травня 2021 року

3 Вихідні дані: Обсяги виробництва та перевезення залізничним транспортом зернових вантажів; кількість станцій навантаження та відстані між ними; середній простій вагонів під однією вантажною операцією; обіг вагона; вартість простою вагона-зерновоза на технічних станціях;

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

1. Аналіз виробництва та перевезення зернових вантажів в Україні

2. Маршрутизація залізничних перевезень зернових вантажів

3. Формування імітаційної моделі розташування експортно-орієнтованої мережі елеваторів

4. Визначення економічного ефекту від впровадження нової системи районів навантаження зернових вантажів

5 Перелік графічного матеріалу: Динаміка виробництва зернових у світі на 2016 – 2020 роки. Динаміка вирощування зернових в Україні за 2011-2020 роки. Обсяги перевезень зернових вантажів автомобільним транспортом. Обсяги перевезення зернових вантажів річковим транспортом. Обсяги залізничних перевезень зернових вантажів за 2011-2020 роки. Частка перевезених зернових вантажів від загальних обсягів перевезень залізницею. Схема формування ступінчатої маршрутної відправки. Поелементний аналіз обігу зерновоза тощо.

#### 6 Консультанти окремих розділів

Розділ	Прізвище, ініціали, посада та науковий ступінь консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Економічне обґрунтування запропонованого проектного рішення	Балака Є.І., доцент, канд. економ. наук		

7 Дата видачі завдання 22 січня 2021 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів	Строк виконання етапів	Примітка
1 Аналіз виробництва та перевезення зернових вантажів в Україні	05.03.21 р.	Виконано
2 Маршрутизація залізничних перевезень зернових вантажів	02.04.21 р.	Виконано
3. Формування імітаційної моделі розташування експортно-орієнтованої мережі елеваторів	30.04.21 р.	Виконано
4 Визначення економічного ефекту від впровадження нової системи районів навантаження зернових вантажів	14.05.21 р.	Виконано
5 Оформлення роботи, отримання рецензії	17.05.21 р.	Виконано

Студент \_\_\_\_\_ К.О. Тарасов

Керівник \_\_\_\_\_ В. М. Запара

## Зміст

Вступ	5
1. Аналіз виробництва та перевезення зернових вантажів в Україні	8
1.1 Перспективи виробництва та експорту зерна в Україні	8
1.2 Задачі системи транспортування зернових вантажів	10
2. Маршрутизація залізничних перевезень зернових вантажів	24
2.1 Ефективність маршрутизації перевезення масових вантажів	24
2.2 Дослідження ефективності маршрутизації залізничних перевезень зернових вантажів	29
3. Формування імітаційної моделі розташування експортно-орієнтованої мережі елеваторів	37
3.1 Концентрація вантажопотоків на вузлових елеваторах	37
3.2 Визначення районів концентрації навантаження зерна	40
3.3 Визначення вузлових станцій для навантаження маршрутів	44
3.4 Визначення районів можливої концентрації вантажних операцій з зерновими вантажами	50
3.5 Визначення ефективних районів концентрації навантаження зерна	52
4 Визначення економічного ефекту від впровадження нової системи районів навантаження зернових вантажів	58
4.1 Визначення економічного ефекту без впровадження запропонованої маршрутизації	58
4.2 Визначення економічного ефекту після впровадження запропонованої концентрації	62
Висновки	65
Список використаних джерел	68

					УВКРД.200.00.00.000 ПЗ		
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Тарасов К.О.			Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірів		Запара В.М.				4	71
Реценз.		Прохорченко А.В			УкрДУЗТ 4		
Н. Контр.		Бауліна Г.С.					
Затверд.		Ковальов А.О.					

## Вступ

Одним з найважливіших факторів, який прямопропорційно впливає на розвиток економіки країни, є обсяг експортованих товарів цією країною. Для того, щоб цей показник збільшувався, необхідно, щоб країна мала унікальний та конкурентоспроможний товар. В Україні, одним з таких товарів є зерно. За останні роки, Україна, значно збільшила власні обсяги виробництва та експорту зернових вантажів. Важливу роль для вказаного збільшення мали євроінтегрована політика нашої держави та загальна глобалізація світової економіки. Експорт зернових вантажів становить більше 15% від загального експорту країни.

Актуальність теми. Україна є одним зі світових лідерів поставок зернових вантажів. Понад 90% зерна Українського виробництва експортується через морські порти, при чому понад 70% експортного зерна, доставляється залізничним транспортом [14]. Тому, для досягнення найбільш позитивного економічного ефекту, вкрай важливо організувати максимально ефективну систему доставки цього зерна.

За останні роки значно збільшився обіг вагонів зерновозів, так, для порівняння, у 2012 році, цей показник сягав трохи більше 6 діб, станом на 2020 рік, значення обігу збільшилось до 9 діб, що на 50 відсотків більше попереднього. Причинами такого збільшення є застарілий парк вагонів-зерновозів та неефективна політика керівництва ними. З початку 2021 року, обіг вагона зерновоза знову зменшився до 6 діб, через зменшення тарифної ставки на їх використання, але про ці результати говорити ще зарано, оскільки рік тільки почався, і невідомо які будуть показники після сезону збирання зернових.[33]

З 2017 року АТ «Укрзалізниця» розпочала активну політику, щодо маршрутизації власних перевезень, зокрема і зернових вантажів. Одним з аспектом цієї політики є те, що перевага в наданні порожнього вагону

зерновоза надається тим підприємствам, які зможуть формувати власний маршрут, через що, виникла задача щодо ліквідації нестачі цих вагонів для тих підприємств, які відправляють завантаженні вагони повагонними відправками. У даній дипломній роботі було розглянуто цю задачу та запропонований технічно й економічно обґрунтований один з варіантів, щодо її вирішення.

Об'єктом дослідження даної роботи – є процес організації доставки зернових вантажів залізничним транспортом

Предметом дослідження є удосконалення вантажної і комерційної роботи при доставці зернових вантажів АТ «Укрзалізниця» в межах регіональної філії «Південна залізниця»

Метою даної кваліфікаційної роботи є удосконалення перевезення зернових вантажів залізничним транспортом, зокрема покращення експлуатаційних показників, шляхом перегрупування районів концентрації та навантаження зерна.

Досягнення зазначеної мети можливе за рахунок вирішення наступних завдань дослідження:

- Вивчення сучасних напрямків та методів, щодо удосконалення експлуатаційних показників використання рухомого складу
- Аналіз існуючої системи експорту зернових вантажів
- Створення імітаційної моделі, що відображає процес перевезення зернових вантажів залізницею та на її основі, формування мережі вузлових станцій на яких варто забезпечити навантаження та формування маршрутних поїздів
- Визначення економічного ефекту від запропонованої системи перевезення зернових вантажів

Методи використані у роботі. Методологічною основою для аналізу існуючої системи експорту зернових вантажів, служать: системний аналіз, теорія нечітких множин та математична статистика. Райони концентрації навантаження зерна та вузлові станції, на яких відбуватиметься формування

маршрутних поїздів, було визначено за допомогою кластерного аналізу, теорії множин та методів багатокритеріальної оптимізації. При визначенні економічної ефективності даного впровадження, було використано метод середніх темпів.

Елементи наукової новизни. Адаптовано метод вибору вузлових станцій та районів концентрації навантаження зерна на основі кластерного аналізу, який враховує не тільки економічно-експлуатаційні критерії ефективності процесу перевезення, а й транспортно-технологічні параметри загальної транспортної мережі до умов регіональної філії «Південна залізниця» АТ «Укрзалізниця».

Публікації. Оpubліковано тези доповідей 81-ї студентської наукової конференції УкрДУЗТ «Впровадження автоматизованих систем з метою оптимізації та підвищення якості взаємодії станції та під'їзних колій» [35] та 2-ї міжнародної науково-практичної конференції «Інтелектуальні транспортні технології» [34], наукову статтю в електронному збірнику наукових праць студентів та магістрантів «Тарифні аспекти в умовах проведення експерименту з впровадження приватної тяги на залізниці України» [12].

Структура роботи. Магістерська кваліфікаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел. Повний обсяг магістерської роботи складає 71 сторінку. Список використаних джерел складає 37 найменувань.

## 1. Аналіз виробництва та перевезення зернових вантажів в Україні

### 1.1 Перспективи виробництва та експорту зерна в Україні

Україна є аграрною державою, тому однією з ключових галузей в економіці нашої держави є - зернова галузь. Данна галузь є основою аграрного-експорту тому її варто розглядати як базу та джерело для розвитку більшості галузей агропромислового комплексу. Вона напряду має вплив на формування валютних надходжень в країну за рахунок експорту, а також на формування значної частини доходу від сільськогосподарських виробників. Крім цього, зернова галузь, проводить регулювання обсягу пропозицій та ціни за основні види продовольства для населення, а також регулює стан і тенденції розвитку сільських територій.

Якщо подивитись на світову тенденцію виробництва та споживання зернових за останні п'ять років, то можна побачити, що з кожним роком ці обсяги лише збільшуються. Так, у 2020 році обсяг виробництва зернових в світі склав майже 2 744 млн т, що в свою чергу перевищує показник виробництва зернових у 2016 році більше ніж на 100 млн т. [1]. Динаміка виробництва зернових в світі за останні 5 років наведена на рисунку 1.1.

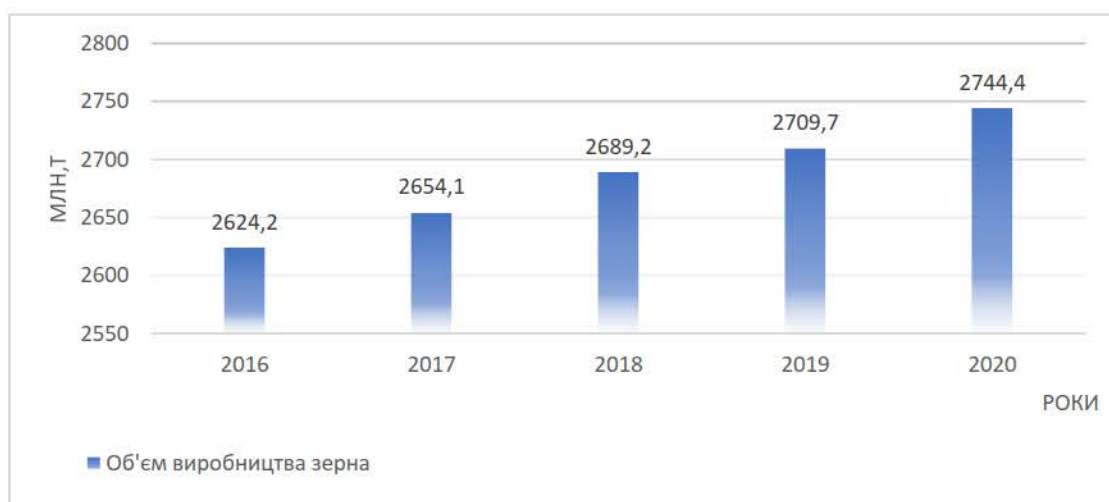


Рисунок 1.1 Динаміка виробництва зернових у світі на 2016 – 2020 роки



Через несприятливі погодні умови в Україні, 2020 рік виявився неврожайним, обсяг виробництва зернових становить 65,4 млн тон , що на 9,7 млн тон менше ніж у 2019 році, але, не дивлячись на це, Україна все одно увійшла в сімку найбільших експортерів зернових у світі [2]. Лідерами в даній галузі залишаються: США, Китай, Індія, Російська Федерація, Аргентина та ЄС. Динаміку зміни обсягів виробництва зерна в Україні наведено на рисунку 1.2

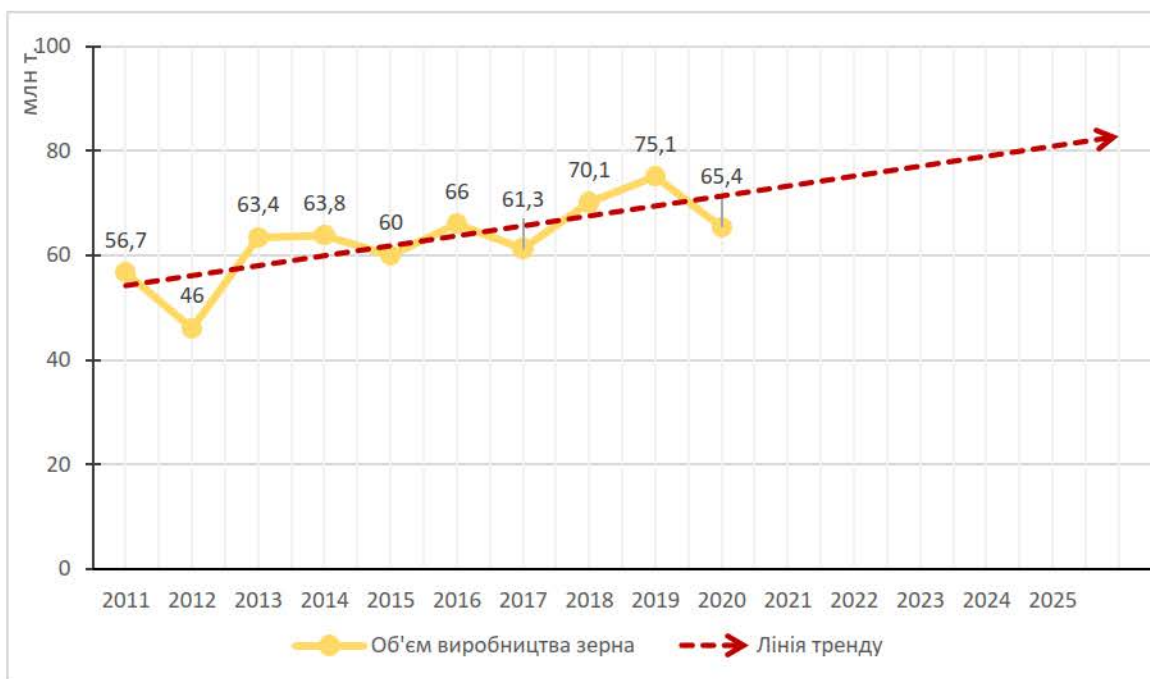


Рисунок 1.2 Динаміка вирощування в Україні за 2011-2020 роки

Аналіз вищенаведеного рисунку, за допомогою лінії тренду показує, що за останні десять років, обсяги виробленого зерна мають зростаючий характер. Також, продовживши лінію тренду на п'ять років вперед, ми отримали прогноз, який показує, що на протязі найближчих п'яти років обсяги виробленого зерна можуть збільшитися до 80 млн. т. на рік. Відповідно до цього, збільшиться кількість експорту зернових вантажів, а значить збільшаться і обсяги їх перевезень всередині країни.

## 1.2 Задачі системи транспортування зернових вантажів

Транспортування зернових вантажів в Україні відбувається за допомогою трьох видів транспорту: залізничного, автомобільного та річкового.

### 1. 2. 1 Перевезення зернових вантажів автомобільним транспортом

Автомобільний транспорт займає одне з ключових місць при транспортуванні зернових вантажів, зокрема в Україні. Частка, яка припадає на автомобілі-зерновози, що доставляють в порти експортні зернові вантажі становить близько 30%. Україна має досить розгалужену мережу автомобільних доріг, загальна експлуатаційна довжина якої становить близько 160 тис. км. [3]. Якщо розглянути повністю весь ринок транспортних послуг нашої держави, то він буде налічувати більше ніж 130 тис. перевізників, у використанні яких понад 400 тис. транспортних засобів, при чому близько 62 тис. перевізників займаються вантажними перевезеннями використовуючи при цьому понад 220 тис. вантажних автомобілів. У 2020 році автомобільним транспортом було перевезено близько 16,2 млн. т. зернових вантажів, що складає близько 10 % від загальних обсягів автоперевезень (151,9 млн. т.). Обсяги перевезення зернових автомобільним транспортом за останні роки також мають тенденцію до зростання (рис 1.3).

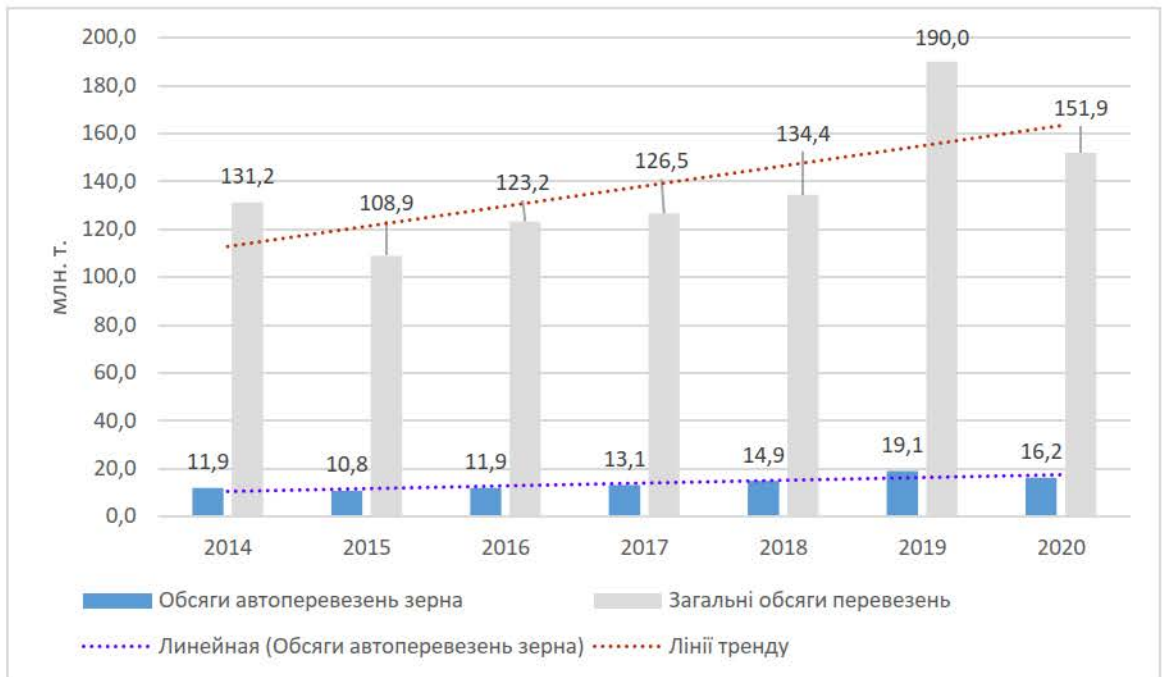


Рисунок 1.3 Обсяги перевезень зернових вантажів автомобільним транспортом

До переваг вантажного автотранспорту можна віднести наступні чинники:

- маневреність вантажівок (дозволяє вивантажувати товари в обмежених просторових умовах );
- адресна доставка вантажів за принципом «від дверей до дверей»;
- гнучка тарифна політика, зокрема, через велику конкурентність на ринку автоперевезень
- оперативність маршрутних змін (зручна для підбору попутних вантажів);
- можливість виконання вантажних робіт практично на будь-якому зерносховищі
- моніторинг вантажу в дорозі (за допомогою GPS-трекерів, мобільного зв'язку).
- висока швидкість доставки вантажів

Проте, перевезення вантажів автомобільним транспортом, крім вказаних переваг, має наступні недоліки:

- висока вартість перевезень

- невелика вантажопідйомність, оскільки в Україні діє заборона на пропуск вантажівок масою більше ніж 40 тон по автошляхам регіонального та міжміського сполучення, наслідком цього – є низький рівень продуктивності перевезень. При цьому не є виходом порушення діючої заборони та перевантаження автомобіля, оскільки рух перевантажених зерновозів зумовить суттєве пошкодження автошляхів, внаслідок чого збільшиться час доставки вантажу та амортизаційні відрахування на ремонт автотранспорту, що в свою чергу зробить ще більше вартість перевезень

- залежність від кліматичних та дорожніх умов

- низький рівень екологічності.

Хотілось би також зазначити, що автомобільний транспорт не має альтернативи при транспортуванні зерна з поля до елеваторів, та при перевезенні вантажів на короткі відстані.

### 1.2.2 Перевезення зерна річковим транспортом

Загальна експлуатаційна довжина судноплавних річок в Україні становить 2,1 тис. км [3]. Головною судноплавною річкою в країні є Дніпро, оскільки вона має найбільшу протяжність (близько 1,1 тис. км) та протікає через значну територію України, на якій сконцентровані найбільші обсяги виробництва зернових (Чернігівська, Київська, Черкаська, Полтавська, Кіровоградська, Дніпропетровська, Запорізька, та Херсонська області). Крім цього, гирло Дніпра знаходиться в Чорному морі, що дає змогу робити доставку вантажів у морські порти, після чого проводити перевалку на морські судна. Також, важливими річками для перевезення зернових є – Південний Буг, гирло якої також знаходиться в Чорному морі неподалік від Миколаєва, Дунай та Дністер.

Річковий транспорт є складовою внутрішнього водного транспорту і є одним з найбільш дешевих та екологічних видів перевезень. По показникам

енергетичних витрат, річковий транспорт в 5 разів ефективніше за залізничний та в 10 разів ефективніше за автомобільний. [4]. Однак, потенціал річкового транспорту в Україні наразі використовується недостатньо. За даними Державної служби статистики України (враховуються обсяги перевезень, які виконані суднами тільки української реєстрації), за останні 15 років обсяги річкових перевезень в Україні зменшилися майже у 6 разів – з 15,7 млн. т. у 2006 р. до 2,5млн. т. у 2020 р. [3]. Найрозповсюдженими вантажами, що перевозяться річковим транспортом є: будівельні матеріали (48 %), вугілля (15 %), руда (10 %). Динаміку перевезення зернових вантажів річковим транспортом наведено на рисунку 1.4

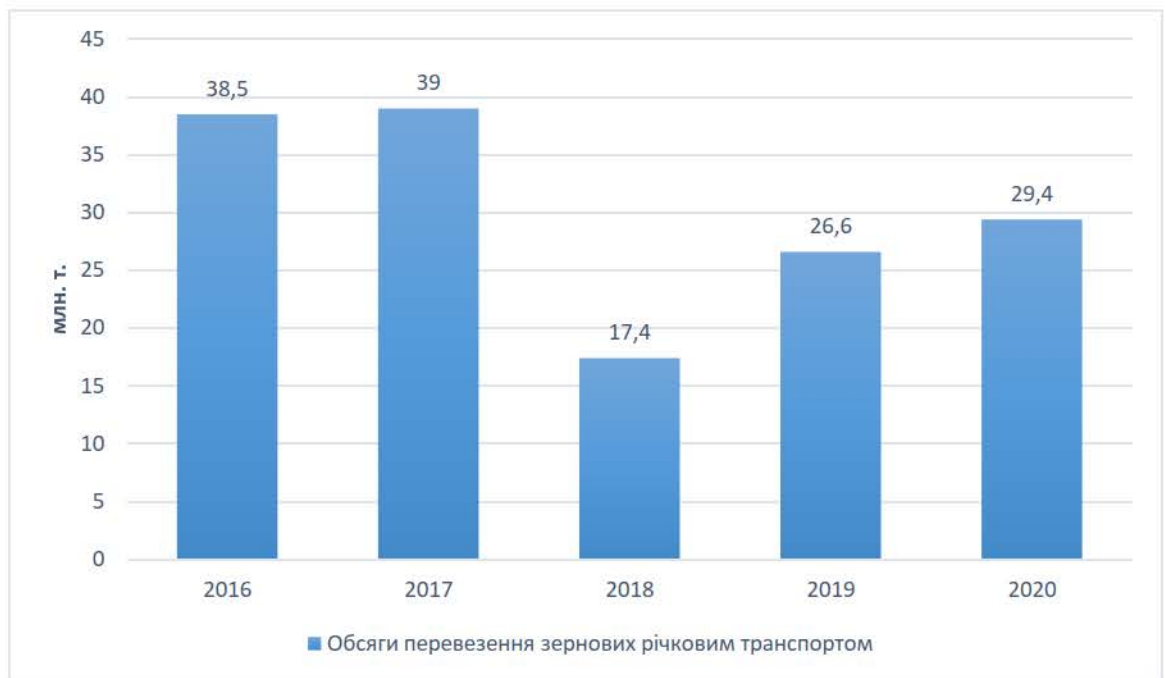


Рисунок 1.4 Обсяги перевезення зернових вантажів річковим транспортом

Варто зазначити, що не дивлячись на спад в сфері перевезення вантажів річковим транспортом, кількість перевезених зернових вантажів за останні 3 роки має тенденцію зростання.

Річковий транспорт, як і будь-який вид транспорту, має свої переваги та недоліки. До його переваг відносяться:

- Невелика собівартість перевезень
- Висока пропускна здатність
- Низькі експлуатаційні капіталовкладення (оскільки не треба витратити кошти на утримання шляхів сполучення)

- Низький рівень забруднення навколишнього середовища

До недоліків річкового транспорту можна віднести:

- Неможливість транспортувати вантажі взимку через перерву в навігації (від 1,5 до 4х місяців)

- Замулення річок та коливання рівня води в них

- Обмеження переміщення у просторі

- Велика тривалість доставки вантажу

- Високий рівень зносу парку суден та портової інфраструктури

Нажаль, стан парку річкових суден в Україні є критичним; Станом на 2020 р. загальний парк річкових суден України становив 1401 од., з яких власне вантажних (суховантажів) – 455 од. Значна частка суден має повністю вичерпаний свій ресурс або наближається до критичного строку служби, оскільки переважна частина суден побудована у 70 - 80х роках ХХ століття, а у ХХІ столітті побудовано всього приблизно 7% парку річкових суден [4,5].

Варто зазначити, що вздовж головної водної артерії (річка Дніпро) розташовуються основні райони вирощування зерна ( Кіровоградська, Полтавська, Дніпропетровська області), що сприяє використанню та перспективі розвитку річного транспорту в цих районах. Наразі в Україні лише близько 50 елеваторів (4%) обладнані необхідною інфраструктурою для виконання вантажних операцій з річковими суднами [6]. Проте, за останні роки, через зростання обсягу експорту та проблеми у системі залізничних та автомобільних перевезень, деякі великі агрокомпанії почали розвивати власний річковий вантажний транспорт. Так, наприклад, компанія «Нібулон» має на своєму балансі близько сучасних 70 суден, а в подальшому планує збільшити їх до 100 одиниць, щоб щорічні обсяги були забезпечені на рівні 3 – 4 млн. т. Аналогічні плани мають й деякі інші аграрні холдинги. Загальний

же потенціал річкових перевезень зерна оцінюється на рівні 10...12 млн. т/рік, що становить близько 20% від загального обсягу експортного перевезення зернових. [7]

### 1.2.3. Залізничні перевезення зернових та аналіз публікацій даної проблематики

Залізничний транспорт України є провідною галуззю в дорожньо-транспортному комплексі країни, який забезпечує майже 82% вантажних і 36% пасажирських перевезень, здійснюваних всіма видами транспорту.

На сьогоднішній день, експлуатаційна довжина залізничних колій (за винятком тимчасово окупованих територій, залізнична мережа яких наразі не експлуатується) становить 19,8 тис. км, з яких 9,9 тис. км (47,2%) мають електрифікацію. [3].

За обсягами вантажних перевезень залізниці України займають четверте місце на Євразійському континенті, поступаючись лише залізницям Китаю, Росії та Індії. Вантажонапруженість українських залізниць (річний обсяг перевезень на 1 км) в 3-5 разів перевищує відповідний показник розвинених європейських країн.

Важливість залізничного транспорту в системі транспортних комунікацій України посилюється і тим, що через територію держави пролягають основні транспортні транс'європейські коридори: Схід – Захід, Балтика – Чорне море.

Українські залізниці безпосередньо межують і взаємодіють із залізницями Росії, Білорусі, Молдови, Польщі, Румунії, Словаччини, Угорщини й забезпечують роботу із сорока міжнародними залізничними переходами, а також обслуговують 18 українських морських портів Чорноморсько-Азовського басейну

Територією України проходять 3 залізничних транспортних коридори – № 3, 5, 9. Через українські порти Ізмаїл і Рені здійснюється взаємодія з

пан'європейським коридором № 7, який проходить річкою Дунай. Сьогодні довжина національної мережі залізничних транзитних коридорів в Україні складає 3162 км. Це головним чином двоколійні електрифіковані, обладнані автоблокуванням магістралі, що характеризуються високим рівнем використання технічних засобів. Окрім того, розвиваються перевезення по міжнародному транспортному коридору ТРАСЕКА (Європа – Кавказ – Азія).

Найбільшим підприємством галузі є Укрзалізниця (Акціонерне товариство "Українська залізниця"), яка здійснює централізоване управління процесом перевезень у внутрішньому й міждержавному сполученнях та регулює виробничо-господарську діяльність залізниць.

До сфери Укрзалізниці входять шість регіональних філій: Донецька, Львівська, Одеська, Південна, Південно-Західна та Придніпровська залізниці, а також інші підприємства та організації єдиного виробничо-технологічного комплексу, що забезпечують перевезення вантажів і пасажирів.

Станом на 2020 рік, в Україні парк вантажних вагонів складає 173 тис. одиниць., з яких : парк вагонів АТ УЗ становить 83,5 тис. одиниць у той же час, коли парк вагонів приватних власників становить 89,5 тис. одиниць, при цьому загальний робочий парк складає 125 тис. од. (з яких 57,7 тис. од. власності УЗ, 75 тис. од. власності приватних компаній) . Інвентарний парк вантажних локомотивів станом на 2020 р. склав 1758 локомотивів (1149 електровозів та 609 тепловозів), з них в експлуатації – 945 од. (743 електровози, 202 тепловози) [8].

Дослідженню перевезення зернових вантажів, зокрема залізничним транспортом, приділяється багато уваги, особливо останнім часом у зв'язку з тенденцією зростання обсягів вироблення та перевезення зернових, в тому числі і в Україні.

Аспектам перевезення зернових вантажів залізничним транспортом присвячені чисельні публікації відомих закордонних та вітчизняних вчених та практиків. Серед них Арсененко Д.В., Бауліна Г.С., Богомазова Г.Є. Беседін І.С., Вернигора Р. В., Єфанов А.Н., Зайцев А.А., Запара В.М., Запара Я.В.



Кожевніков Ю.Н., Колесникова Н.М., Крейнін А.В., Левицький І.Є., Ломотько Д.В., Мазо Л.А., Нагорний Є.В., Окороков А.М., Пасічник В.І., Рогачова Л.С., Сахно В.П., Третяк В.П., Цегельник М.Л., Цупров П.С., Черниш Н.Ю., Чорний В.В., Шарай С.М. A.Dolinayová, V. Zitrický, L. Černá, Z. Hřebíček тощо.

Так, наприклад у праці [9] було розглянуто можливості вирішення завдання маршрутизації мультимодальних перевезень вантажів, які можуть виконуватись із залученням різних видів транспорту, за допомогою змішаного методу прийняття рішення на основі багатокритеріального аналізу з використанням штучних нейронних мереж

Науковці у дослідженні [10] проаналізували сучасний стан організації перевезення зернових вантажів та розглянули основні тенденції в розвитку ринку зерна. Встановили ключові фактори, які впливають на збільшення обороту вагонів-зерновозів і зменшення їх продуктивності та запропонували стохастичну модель формування ступінчастих маршрутів із зерновими вантажами, що враховує ймовірнісний характер тривалості простою вагонів на станції формування й дає змогу визначити оптимальну кількість вагонів у маршрутній відправці.

В статті [11] була запропонована модель та визначено основні принципи у формуванні відправок та організації руху зернових вантажів. Проаналізовано основні тенденції в розвитку ринку зернових вантажів та виявлено ключові фактори ринку, що дають змогу мати короткостроковий прогноз щодо тенденції перевезення. Запропоновано модель формування ступінчастого маршруту з урахуванням особливостей роботи тягового апарату дільниці та принцип розподілення рухомого складу в умовах реформування галузі.

У роботі [12] було досліджено структуру тарифу на перевезення вантажів, зокрема зернових. Проведено порівняльний аналіз базового тарифу при використанні локомотивів різної форм власності при перевезенні у вантажному, порожньому та повному рейсах у вагонах вантажовласників в умовах експерименту з впровадження приватної тяги на залізниці України. Запропоновано критерій ефективності впровадження приватної тяги в умовах

дії чинного тарифоутворення та наведена оцінка ефективності приватної тяги в залежності від відстані перевезення і кількісного складу состава.

В останніх дослідженнях закордонних науковців [13] запропоновано методологію формування тарифів при перевезенні зернових вантажів залізничним транспортом враховуючи конкретні технічні та технологічні вимоги до транспорту та витрати, що в певній мірі відповідає підходам вітчизняних науковців. Запропонована методологія представляє наукові процедури для ефективного розроблення тарифів на залізничний фрахт. Наукові методи, що використані в цьому дослідженні, орієнтовані на аналіз попиту, ідентифікацію рухомого складу, визначення ролі працівників, технологію індивідуальних відправлень, розрахунок вартості і розрахунок ставок, встановлення прайс-листів та встановлення цін транспортування.

У розглянутих напрацюваннях добре проаналізовані задачі дослідження, але не знайшло повного вирішення питання щодо економічної ефективності концентрації та формування маршрутів із зерновими вантажами у реальних умовах, зокрема на регіональній філії «Південна залізниця». Аналіз цих публікацій дозволяє підвести наукове підґрунтя для впровадження нових напрямів маршрутних перевезень зернових вантажів та провести порівняльний аналіз вартості їх перевезення, що є своєчасним і актуальним в умовах тенденції збільшення вироблення обсягів зернових. в Україні.

Близько 65% обсягів перевезення зернових вантажів в Україні здійснюється залізничним транспортом, а для експортних перевезень у морські порти цей показник перевищує 70% [3]. Слід зазначити, що серед лінійних елеваторів більше 80% мають можливість відвантаження у залізничні вагони, в той же час серед «польових» елеваторів таку можливість мають близько 15% [24].

Загальний аналіз обсягів перевезення зернових вантажів залізничним транспортом наведено на рисунку 1.5

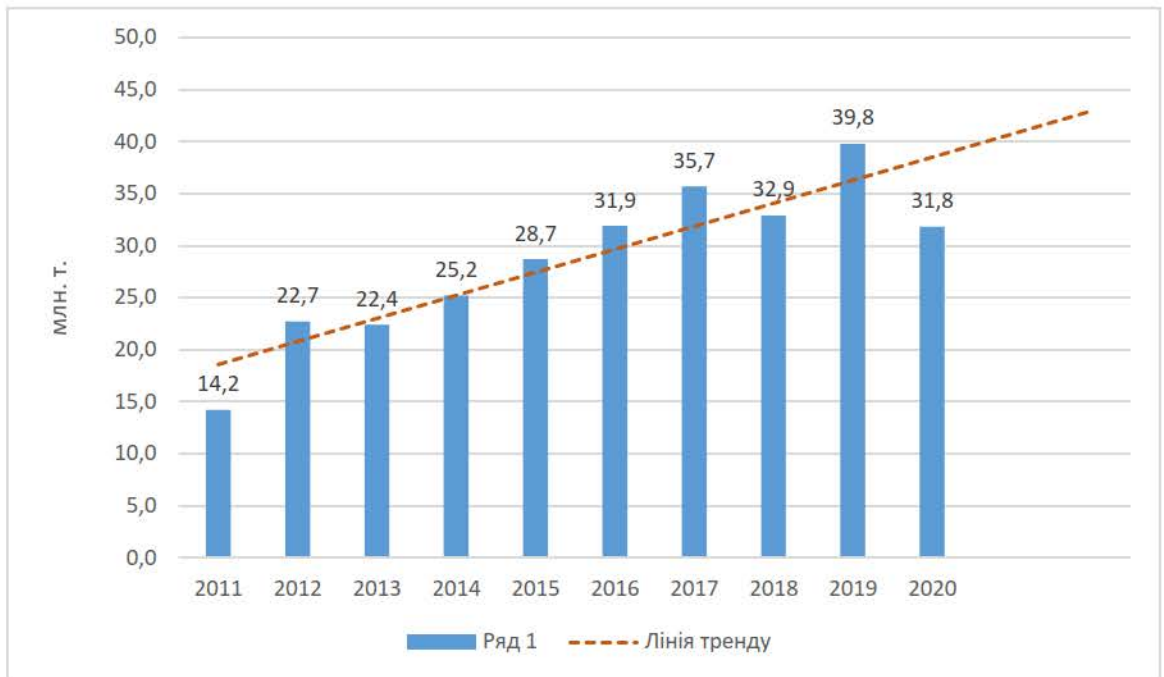


Рисунок 1.5 – Обсяги залізничних перевезень зернових вантажів за 2011-2020 роки

Як бачимо з рисунку 1.5, обсяги перевезення зернових вантажів залізничним транспортом мають тенденцію зростання, так у порівнянні з 2011 роком, обсяги перевезених зернових вантажів збільшилися з 14,2 млн. т. до 31,8 млн.т. ( більше ніж у 2 рази) [4].

Зростає також і частка перевезених зернових вантажів в загальному обсязі перевезень залізничним транспортом (рисунок 1.6). Так, у 2020 році, частка перевезених зернових вантажів становить 11,4 %, а в 2011 році, вона була майже в 4 рази менше і становила 3 %. При цьому перевезення зернових складає близько 40% від усього обсягу перевезень, виконаних в вагонах парку Укрзалізниці [14]. В свою чергу, більшість перевезеного зерна транспортується до портів ( Чорноморськ, Одеса та ін.) та в подальшому йде на експорт. Станом на 2020 рік, 87 % перевезеного залізницею зерна було експортовано[3].

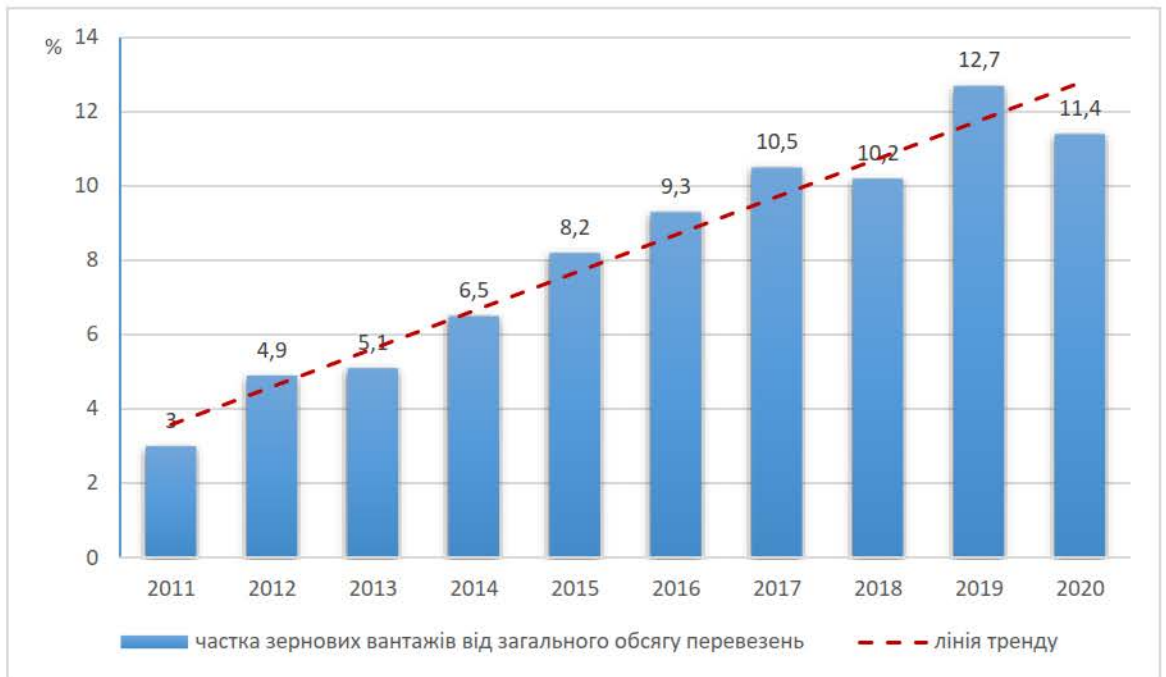


Рисунок 1.6 Частка перевезених зернових вантажів від загальних обсягів перевезень залізницею

Ще одним важливим аспектом є те, що перевезення зернових вантажів є досить вигідними для АТ «Укрзалізниця». Якщо порівняти дохідну ставку 10 ткм, то для перевезення зернових вантажів вона становить 2817 грн, що значно вигідніше ніж при перевезенні будівельних матеріалів ( 1877 грн) або руди (1736 грн) [15].

Зернові вантажі навантажуються майже по всій території України, при чому пристосування до завантаження зернових вантажів мають більше 500 станцій, а загальний їх потенціал становить більше 19 тис. ваг за добу, але 35% з них завантажують в середньому за добу менше 5 вагонів, а 82% - менше 10 вагонів [16].

У 2020 році найбільші показники обсягів завантаження були по станціям Прилуки (7305 вагонів), Балин (6432 вагонів), Миргород (5802 вагонів). Середньодобове навантаження зернових у 2020 році склало близько 1600 вагонів. [15].

Таблиця 1.1 – Найбільші станції навантаження зерна у 2020 р.

Станція	Область	Залізниця	Навантаження		Елеватори	
			ваг.	Т.	шт.	тис. т
Прилуки	Полтавська	Південна	7305	467 129	4	300
Балин	Хмельницька	Південно-Західна	6432	411 617	2	185
Миргород	Полтавська	Південна	5807	371 624	4	333
Сула	Полтавська	Південна	5434	347 765	2	476
Торопилівка	Сумська	Південна	4854	310 656	1	488

Обробка зернових вантажів, які доставляються залізничним транспортом до портів, відбувається за допомогою припортових станцій, яких налічується 40 одиниць, при цьому 34 з них виконують обробку експортних партій, що призначені для морських портів. Найбільші обсяги вивантаження зерна у 2020 році були у наступних припортових станціях: Чорноморська (для ТІС) – 7426 тис. т., Одеса-Порт – 6882 тис. т, Чорноморськ-порт – 6096 тис. т., Миколаїв-Вантажний – 4859 тис. т., Жовтнева – 4141 тис. т., на них припадає до 80% усіх зернових вантажів, що надходять залізницею у порти на експорт [15].

Розглянемо окремо переваги та недоліки перевезення зерна залізницею. Основна перевага залізничних перевезень – це їх вартість. Перевезення однієї тонни вантажу буде значно дешевше ніж автомобільним транспортом. До інших переваг залізничних перевезень можна віднести:

- висока пропускна здатність
- незалежність від погодних умов (за винятком сильних повенів або снігових заметів);
- можливість відправлення масових вантажів
- незалежність від імпортованих нафтопродуктів, оскільки майже 90% залізничних перевезень, зокрема до портів Одеського регіону, здійснюється з

використанням електричної тяги, що генерується українськими електростанціями;

До недоліків залізничних вантажоперевезень відносяться:

- невелика швидкість доставки вантажів (в порівнянні з автотранспортом);

- складна система тарифоутворення. Кінцева ціна за перевезення залежить від дуже великої кількості факторів, основними з яких є: відстань перевезення; вид відправки до якої належить вантаж, що пред'являється для перевезення (вагонна, збірна вагонна, контрейлерна або контейнерна); належність вагона (контейнера) - парку залізниць, власний або орендований та ін. [17]

- необхідність зміни вагонних візків на вузьку колію або перевалки вантажу під час перевезення вантажів у Європу;

- складність побудови під'їзних шляхів до підприємства замовника.

- розкрадання вантажів при стоянці на станціях за масштабами на порядок більші, ніж втрати товарів при транспортуванні вантажівками. Супровід вантажів коштує дорого і його нелегко узгодити з термінами вантажоперевезення.

- неможливість виконання перевезення «від дверей до дверей»;

Висновок.

1. Встановлено, що оскільки Україна є аграрною державою, то однією з ключових галузей в економіці нашої держави є - зернова галузь. Дана галузь є основою аграрного-експорту тому її варто розглядати як базу та джерело для розвитку більшості галузей агропромислового комплексу. Вона напряду має вплив на формування валютних надходжень в країну за рахунок експорту, а також на формування значної частини доходу від сільськогосподарських виробників. Крім цього, зернова галузь, проводить регулювання обсягу пропозицій та ціни за основні види продовольства для населення, а також регулює стан і тенденції розвитку сільських територій.

2. Проаналізовано публікації українських та закордонних вчених на тему удосконалення вантажної і комерційної роботи при доставці зернових вантажів та виявлено що немає повного вирішення питання щодо економічної ефективності концентрації та формування маршрутів із зерновими вантажами у реальних умовах, зокрема на регіональній філії «Південна залізниця».

3. Доведено, що залізничний транспорт виступає як основний перевізник зернових вантажів в Україні (близько 70% від загального обсягу) і відповідно до аналізу обсягів перевезень, має тенденцію до їх збільшення. Проте, варто не забувати, що конкурентні види транспорту (автомобільний та річковий) також мають великий попит на використання і в будь-який момент можуть заволодіти значною часткою ринку перевезень зернових вантажів.

## 2 Маршрутизація залізничних перевезень зернових вантажів

### 2.1 Ефективність маршрутизації перевезення масових вантажів

Як відомо, станом на 2020 рік, на ринку перевезень зернових вантажів налічується близько 32 тис. вагонів зерновозів, з яких майже 11 тис. належать АТ «Укрзалізниця» та мають майже повністю використаний ресурс експлуатації. Аналогічна ситуація і з локомотивами, з кожним роком робочий парк локомотивів стабільно зменшується, а темпи оновлення залишаються на низькому рівні. Так, робочий парк вантажних електровозів використав свій ресурс на 92 %, а вантажних тепловозів (з урахуванням закупівлі нових тепловозів General Electric) 95% , що ,в свою чергу, викликає затримку у відправленні вже сформованих поїздів, а значить приносить додаткові збитки або недоотримання прибутку [17].

Виходячи з аналізу проведеному у розділі 1, зернові вантажі можна класифікувати як єдиний масовий вантаж. Проте не всі станції можуть виконувати великі обсяги навантаження зернових вантажів, значна частина станцій має середньодобове навантаження менше ніж 1 вагон на добу, внаслідок чого, значна кількість зернових вантажів перевозиться повагонними відправками, а подача та забирання вагонів на цих станціях виконується за допомогою збірних або вивізних поїздів. Така система експлуатації рухомого складу значно підвищує рівень транспортних витрат, оскільки на шляху прямування, вагони можуть по декілька раз перероблюватись на технічних станціях. Крім цього, при такій системі експлуатації рухомого складу, збільшується термін доставки вантажу, обіг вагону та необхідний парк вагонів та локомотивів для перевезення вантажу.

Альтернативним рішенням для відмови від повагонних відправок та покращення експлуатаційних показників при перевезенні зернових вантажів – є маршрутизація перевезень. За своїм визначенням, маршрутизація



залізничних перевезень – це організація перевезень вантажів маршрутними поїздами, які проходять хоча б одну технічну станцію без переробки.

За своєю структурою, маршрути з місць навантаження, на залізниці, розділяються на відправницькі та ступеневі. [18]

Відправницькі маршрути, передбачають, що відправник, на коліях незагального користування (власній під'їзній колії) або на коліях загального користування (на магістральних коліях залізничної станції), згідно з Правилами технічної експлуатації та планом формування поїздів, завантажує та формує поїзд (50 - 55 вагонів), який прямує до вантажоодержувача без переробок на проміжних технічних станціях та з мінімальними затримками. Даний вид відправки дозволяє значно скоротити тривалість доставки, обіг вагону та експлуатаційні витрати на перевезення, але не на всіх існуючих маршрутних елеваторах є можливість формувати такі поїзди. Ті елеватори, які не можуть сформувати такий маршрут, об'єднуються з іншими елеваторами та формують ,так званий, ступінчатий маршрут.

Ступінчатий маршрут формується на одній або декількох станціях, що розташовані на одній або двох ділянках, різними вантажовідправниками. Такий вид маршрутизації дозволяє оптимізувати залізничні перевезення та зменшує ризик отримання збитків за несвоєчасність доставки вантажу. Схема організації ступінчатого маршруту для зернових вантажів зображена на рисунку 2.1

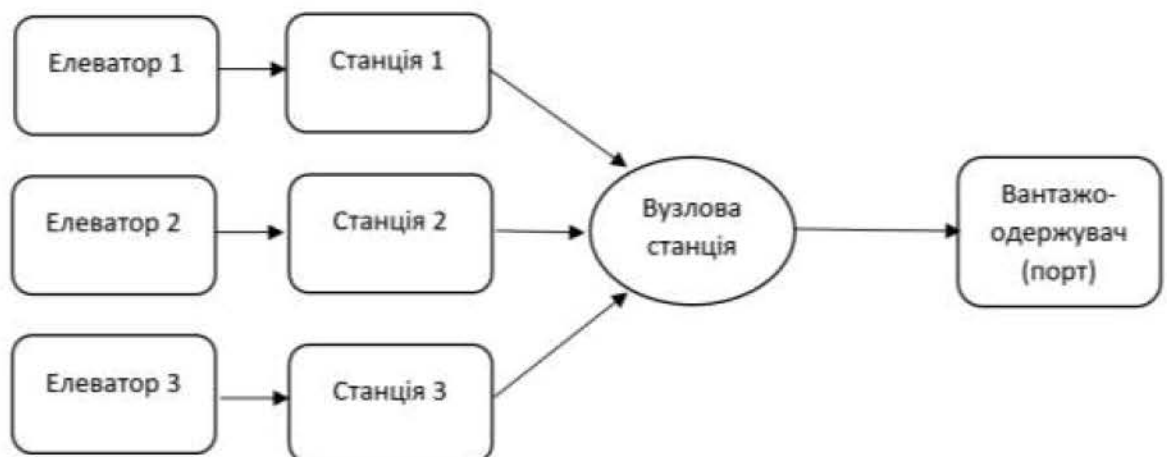


Рисунок 2.1 Схема формування ступінчатої маршрутної відправки

Також, як окрему категорію маршрутів, можна виділити кільцеві маршрути, які полягають в тому, що постійний состав вагонів, курсує по одній і тій же дільниці та після вивантаження, у порожньому стані, прямує на ту ж станцію, на якій було навантаження.

На сьогоднішній день, рівень маршрутизації в Україні знаходиться в районі 40 – 45 відсотків. Для порівняння цей показник в Російській федерації становить близько 45 – 50 %, в країнах Європейського Союзу 50 – 55 %, а у США цей показник більше 60 % . Якщо ж порівнювати рівень маршрутизації для зернових вантажів, то в Україні він становить 25 – 30 %, а у США в районі 95 % [19].

Така відмінність, у показниках перевезення зернових вантажів маршрутами між Україною та США з Російською федерацією, зумовлена значно меншою середньою відстанню доставки зерна, в Україні вона становить близько 600 км. [4]. Це зумовлено географічним розташуванням районів виробництва зерна, оскільки їх більшість сконцентрована на півдні нашої країни безпосередньо близько до морських портів, що в свою чергу загострює конкурентну боротьбу між залізничним та автомобільним транспортом, оскільки для частини вантажовідправників економічно вигіднішим буде пряме транспортування зерна автомобільним транспортом.

Варто зазначити, що починаючи з 2017 року, керівництво АТ «Укрзалізниця» почало здійснення активної політики, щодо збільшення рівня маршрутизації при перевезенні зернових вантажів. Внаслідок чого, при розподілі порожніх вагонів-зерновозів, що належать АТ «Укрзалізниця», пріоритет в подачі цих вагонів під навантаження, надається тим підприємствам (елеваторам), які організують маршрутні відправки. При чому зменшення обігу вагона-зерновоза, у випадку їх маршрутизації, може відбутися з 8 – 12 діб, до 6 – 7 [19].

В даний час, АТ «Укрзалізниця», для покращення експлуатаційних показників рухомого складу широко використовує технічну маршрутизацію, в тому числі і при транспортування зернових вантажів. Суть такого виду

маршрутизації полягає в тому, що залізниця виконує формування маршруту порожніх вагонів-зерновозів на сортувальній станції, яка обслуговує морський порт, після чого цей маршрут слідує на технічну станцію, яка розташована в районі навантаження. По прибуттю на цю технічну станцію, порожні вагони у складі збірних, вивізних або дільничних поїздів прямують на сусідні станції навантаження. Після навантаження вагони повертаються на технічну станцію тими ж поїздами, що прибули під навантаження (вивізні, збірні і тд.), на технічній станції з цих навантажених вагонів, шляхом накопичення, формується наскрізний поїзд, який прямує безпосередньо до порту без переробок на шляху прямування.

Такий спосіб має наступні недоліки:

- Необхідність утримувати мережу невеликих елеваторів
- Складність організації контролю якості зерна
- Використання додаткової кількості маневрових локомотивів для обслуговування станцій навантаження
- Збільшені простой вагонів на технічній станції під час їх накопичення та очікуванні формування повноцінного маршруту.

На сьогоднішній день відправницька маршрутизація впроваджується відповідно до «Інструктивних вказівок по організації вагонопотоків на залізницях України» [20]. Відповідно до цих вказівок, для включення в план маршрутизації окремого виду вантажу, необхідно, щоб була виконана умова, за якою економія на шляху руху  $\Delta E_{ек}^{рух}$  повинна бути більше ніж додаткові витрати на організацію маршрутів порівняно з немаршрутним відправленням на станції навантаження  $\Delta E_M$  і, якщо маршрути прямі, також на станції вивантаження  $\Delta E_B$ :

$$\Delta E_{ек}^{рух} \geq \Delta E_M + \Delta E_B \quad (2.1)$$

Сумарна економія на шляху прямування визначається за формулою:

$$\Delta E_{\text{ек}}^{\text{пyx}} = (\sum t_{\text{ек}} + t_{\text{ек}}^{\text{дн}} + t_{\text{ек}}^{\text{дв}}) * N e_{nH} + N e_{nH}^{\text{cp}} \sum r, \quad (2.2)$$

Де  $\sum t_{\text{ек}}$  – економія приведених вагоно-годин при проходженні маршруту через залізничні станції без переробки вагонів, год;

$t_{\text{ек}}^{\text{дн}}$  – економія часу на ділянці навантаження, якщо станція навантаження проміжна, год;

$t_{\text{ек}}^{\text{дв}}$  – економія часу на ділянці вивантаження, якщо станція вивантаження проміжна і маршрут прямий, год;

$N$  – кількість вагонів у маршруті, ваг;

$e_{nH}$  – витратна ставка навантаженої вагоно-години, обумовлена з урахуванням роду вантажу, грн.;

$e_{nH}^{\text{cp}}$  – середньомережна витратна ставка вагоно-годин, грн.;

$\sum r$  – сумарний еквівалент переробки вагонів і перечеплення локомотивів на всіх станціях, які маршрут прослідує без переробки, ваг-год.

Додаткові витрати, на станціях навантаження й вивантаження маршруту визначаються за формулами:

$$\Delta E_{\text{м}} = \Delta t_{\text{н}} + N e_{nH}^{\text{cp}} \quad \Delta E_{\text{м}} = \Delta t_{\text{в}} + N e_{nH}^{\text{cp}} \quad (2.3)$$

Де  $\Delta t_{\text{н}}, \Delta t_{\text{в}}$  відповідно, додаткові простой на станціях навантаження та вивантаження, у порівнянні з повагонною організацією вагонопотоків, год

Варто також відзначити, що базою для «Інструктивних вказівок по організації вагонопотоків на залізницях України» та розрахунків, які в них наводяться, є методика, яка була розроблена ще за часів СРСР, та використовувалась в умовах функціонування планової економіки. Як відомо, в той час, увесь залізничний транспорт, його інфраструктура та рухомий склад

належали одному власнику – державі. Тому, при організації маршрутизації залізничних перевезень, була тенденція мінімізувати лише власні витрати.

Після розпаду СРСР та переходу України до ринкової економіки, процес взаємодії між залізницею та вантажовласниками, а також умови на яких виконуються перевезення дістали суттєвих змін. За роки незалежності на ринку залізничних перевезень відбулася демонополізація ринку перевезень, в наслідок чого з'явилися різні (за формою власності) вантажовідправники та вантажоодержувачі, деякі з яких мають власний рухомий склад. Відповідно до цього змінилися і умови визначення ефективності маршрутизації перевезень. Наразі необхідно проводити оцінку позицій не тільки з боку інтересів перевізника ( АТ «Укрзалізниця» ), а й з боку інтересів вантажовідправників та вантажоодержувачів.

## 2.2 Дослідження ефективності маршрутизації залізничних перевезень зернових вантажів

В даний час, на жаль, існуюча система тарифікації перевезення вантажів залізничним транспортом, не надає жодних знижок при формуванні та відправленні маршрутів. [21]

Економія при відправленні вантажів прямими маршрутними відправками досягається за рахунок охорони вантажів, оскільки ставка при прямованні прямого маршруту за 1 вагонокілометр у 2,35 рази менше ніж при повагонній відправці. [22].

В свою чергу, якщо навантаження вагонів буде здійснюватися відповідно до плану маршрутизації, то відбудеться збільшення рівня координації між вантажовідправником, залізницею та контролюючими органами за рахунок чого відбудеться зменшення непродуктивних простоїв на станції навантаження. Також, при відправленні маршрутів та використанні в них власних вагонів (зерновозів), відбудеться збільшення швидкості просування вагонопотоків. Так, за аналізом [23], завантаженні вагонопотоки,

які не перероблюються на технічних станціях мають швидкість просування збільшується до 278 км/доб, а для порожніх вагонопотоків ця ж швидкість збільшується до 504 км/доб. Ще одним важливим аспектом є те, що у день коли відбувається концентрація вагонопотоків та формування маршруту, збільшуються обсяги добової подачі-забирання вагонів.

Концентрація вантажопотоків на елеваторах може досягатись або за рахунок збільшення обсягів зберігання зерна на них, а відповідно і відстані підвозу зерна до елеваторів автомобільним транспортом, або за рахунок концентрації його навантаження на елеваторах в окремі дні тижня [23]. Збільшення обсягів навантаження до маршрутної відправки вимагає збільшення відстаней перевезень автотранспортом до елеватора в:

$$n_3 = \sqrt{\frac{m_M}{m_c}} \quad (2.4)$$

де  $m_M$  – кількість вагонів у маршруті;

$m_c$  – середньодобова кількість вагонів, які відправляються з елеватора.

Так, у випадку збільшення навантаження на елеваторі за добу з 6 до 54 вагонів (для формування прямих відправницьких маршрутів) необхідне збільшення середньої відстані підвезення зернових на елеватор в 3,06 рази. Відповідно до цього відбувається збільшення додаткових витрат пов'язаних з підвезенням зерна до елеватора автомобільним транспортом і його перевантаженням на залізничний, – до 100 грн за 1 т.

Іншим напрямком забезпечення навантаження відправницьких маршрутів є збільшення тривалості зберігання вантажу. Середня тривалість накопичення вантажів на маршрут становить:

$$T_H = \frac{m_M}{m_c} \quad (2.5)$$

а середнє збільшення тривалості зберігання зерна:

$$t_{зб} = \frac{(T_H - 1)}{2} \quad (2.6)$$

Отже, за розглянутим прикладом, при збереженні обсягів середньодобового навантаження формування відправницьких маршрутів на станції буде здійснюватися за:

$$T_H = \frac{54}{6} = 9 \text{ діб,}$$

а збільшення тривалості зберігання зерна на елеваторі буде становити:

$$t_{зб} = \frac{(9-1)}{2} = 4 \text{ доби}$$

Збільшення навантажувальної спроможності елеватора вимагає додаткових капітальних вкладень. За оцінками експертів інвестиції у модернізацію елеватора для виконання маршрутних відправок становлять близько  $K=0,5$  млн. USD при терміні окупності  $T_{ок} = 3...5$  років. При маршрутизації перевезень порожніх вагонів додаткові витрати виникають і у вантажоодержувача у зв'язку з необхідністю розвитку колійної ємності для накопичення порожніх вагонів. Так, при виділенні 1 колії для накопичення маршрутів з порожніх вагонів додаткові приведені витрати досягають 1 млн. USD/рік.

В цілому, додаткові витрати, пов'язані з розвитком інфраструктури, віднесені на 1 т становитимуть:

$$S_p = \frac{K}{T_{ок} Q_p} \quad (2.7)$$

де  $Q_p$  – річний обсяг навантаження зерна елеватором на залізницю.

Розрахунок оптимальної тривалості накопичення вантажу на маршрут визначається мінімальними додатковими витратами, пов'язаними з доставкою зерна автомобільним транспортом, його зберіганням на елеваторі та розвитком інфраструктури [23]:

$$E_d = \min \left( \frac{T_H - 1}{2} c_{зб} + \frac{T_H K}{365 \rho_{ст} m_M T_{ок}} + l_{авт} c_{авт} \left( \frac{m_M - m_c T_{ок}}{m_M} \right) \sqrt{\frac{m_M + m_c T_{ок}}{m_c T_{ок}}} \right) \quad (2.8)$$

де  $c_{зб}$  – вартість зберігання зерна на елеваторі [4];

$l_{авт}$  – середня відстань перевезення зерна до елеватор.

Слід відмітити, що усі отримані залежності виконуються при існуючій тарифній системі, в якій не передбачені знижки для вантажовідправників маршрутних перевезень. Проте, перевезення маршрутних поїздів, для залізниці, вимагають значно менше витрат ніж повагонні відправки, оскільки відпадає потреба у переробці вказаних вагонопотоків на технічних станціях, а початково-кінцеві операції при цьому здійснюються на місцях незагального користування вантажовідправниками та отримувачами. Запровадження Укрзалізницею гнучкої системи знижок на маршрутні перевезення та початково-кінцеві операції дасть відправникам додаткові стимули як для розвитку відправницької маршрутизації, так і для оновлення власного рухомого складу та інфраструктури [23].

### 2.3 Формування витрат при організації маршрутних перевезень

У сучасних умовах доцільною є розробка моделі формування ступінчастих маршрутів з визначенням оптимальної кількості вагонів у маршрутній відправці. Цільова функція моделі має вигляд суми приведених витрат на виконання операцій:



$$C = \sum_{i=1}^6 C_i \Rightarrow \min \quad (2.8)$$

До цієї суми входять наступні види витрат:

1) Витрати на подавання-прибирання вагонів:

$$C_1 = \frac{C_{л-г} t_n n l_{ваг}}{l_{\phi}}, \quad (2.9)$$

де  $C_{л-г}$  – вартість локомотиво-години маневрової роботи, грн;

$t_n$  – час на подавання та прибирання вагонів, год;

$n$  – кількість вагонів у відправці;

$l_{ваг}$  – довжина вагона, м;

$l_{\phi}$  – довжина вантажно-розвантажувального фронту, м.

2) Питомі витрати при зберіганні зерна у вагонах у виробника в процесі накопичення:

$$C_2 = \frac{n C_B}{Q_B} \quad (2.10)$$

де  $C_B$  – вартість простою вагона (склад на колесах) на під'їзній колії, грн;

$Q_B$  – потужність виробника, ваг/год.

3) Витрати на переміщення маршруту (до станції формування та до порту):

$$C_3 = \frac{f_n}{n} \quad (2.11)$$

де  $f_n$  – витрати на переміщення

4) Витрати на навантаження вагонів:

$$C_4 = \frac{C_{в-г} n P_{см}}{k Q C_{см}} \quad (2.12)$$

де  $C_{в-г}$  – вартість однієї вагоно-години простою, грн;

$P_{см}$  – середнє завантаження вагона, т;

$k$  – кількість одиниць вантажнорозвантажувальної техніки, шт;

$Q$  – продуктивність однієї одиниці техніки, т/год;

$C_{маш}$  – вартість роботи вантажнорозвантажувальної техніки, грн.

5) Витрати на накопичення маршруту:

$$C_5 = \frac{C_{в-г} t_{пр}}{n} \quad (2.13)$$

де  $t_{пр}$  – час простою вагонів на станції формування ступінчастого маршруту, год.

6) Питомі витрати при зберіганні зернових вантажів в очікуванні вивантаження в порту:

$$C_6 = \frac{C_{зб} n}{Q_n} \quad (2.14)$$

де  $C_{зб}$  – вартість збереження одного вагона, грн;

$Q_n$  – переробна спроможність порту, ваг/год.

Таким чином, цільова функція моделі технології формування маршруту перевезення зернових вантажів має наступний вигляд:

$$C_0 = \frac{C_{л-г} t_n n l_{ваг}}{l_{\phi}} + \frac{n C_{в}}{Q_{в}} + \frac{f_n}{n} + \frac{C_{в-г} n P_{см}}{k Q C_{см}} + \frac{C_{в-г} t_{пр}}{n} + \frac{C_{зб} n}{Q_n} \Rightarrow \min \quad (2.15)$$

При цьому система обмежень для цієї функції має вигляд:

$$\begin{cases} n_{min} \leq n \leq n_{max} \\ t_{нв} + t_{в} + t_{нак} + t_{п} \leq t_{д} \\ nl_{ваг} \leq l_{ф} \end{cases} \quad (2.14)$$

де  $n_{max}$ ,  $n_{min}$  – максимальна і мінімальна вагонна норма відповідно;

$t_{нв}$  – час на виконання операцій з прибуття та відправлення, год;

$t_{в}$  – час на виконання вантажних операцій, год;

$t_{нак}$  – час на накопичення маршруту, год;

$t_{п}$  – час на переміщення вагонів, год;

$t_{д}$  – допустимий час доставки, год.

В першому обмеженні встановлюється умова, за якої склад вагонів не повинен перевищувати максимально допустиму вагонну норму та бути меншим від мінімально допустимої вагонної норми щодо вантажних поїздів на цьому напрямку. Друга умова визначає дотримання логістичного принципу доставки зернових вантажів «точно в строк». Третє обмеження встановлює, що кількість вагонів у маршруті повинна відповідати довжині вантажного фронту.

Висновок. 1. Встановлено, що ефективність від маршрутизації перевезень у сучасних умовах полягає в тому, що вона забезпечує швидке просування вантажів з пунктів виробництва в пункти споживання, зменшує простої вагонів на технічних станціях, скорочує роботу станцій по переробці поїздів, прискорює обіг вагонів, скорочує потреби у вагонному парку, забезпечує підвищення швидкості доставки вантажів, знижує собівартість перевезення та створює умови забезпечення схоронності вантажів.

2. Визначено, що усі отримані залежності виконуються при існуючій тарифній системі, в якій не передбачені знижки для вантажовідправників маршрутних перевезень. Проте, перевезення маршрутних поїздів, для залізниці, вимагають значно менше витрат ніж повагонні відправки, оскільки

відпадає потреба у переробці вказаних вагонопотоків на технічних станціях, а початково-кінцеві операції при цьому здійснюються на місцях незагального користування вантажовідправниками та отримувачами. Запровадження Укрзалізницею гнучкої системи знижок на маршрутні перевезення та початково-кінцеві операції дасть відправникам додаткові стимули як для розвитку відправницької маршрутизації, так і для оновлення власного рухомого складу та інфраструктури

### 3. Формування імітаційної моделі розташування експортно-орієнтованої мережі елеваторів

#### 3.1 Концентрація вантажопотоків на вузлових елеваторах

На сьогоднішній день на мережі регіональної філії «Південна залізниця» навантаження зерна може здійснюватися більше ніж на 170 залізничних станціях. І ,як ми вже сказали в розділі 2, майже на половині станцій, середньодобове навантаження, становить менше 1 вагона на добу. Крім цього, лише 5% станцій навантажують зерно загалом більше половини року, а 36% - виконують навантаження зерна не більше одного місяця. Такі обставини призводять до того , що більша частина зернових вантажів змушена відправлятися зі станцій повагонними відправками. Проте, при використанні такої технології, відбудеться суттєве зниження ефективності використання рухомого складу та продуктивності вагона. Крім цього, збільшиться необхідний робочий парк вагонів для виконання запланованого обсягу перевезень та їх обіг. Для вирішення цього питання компанією АТ «Укрзалізниця» було прийняте рішення, щодо початку широкого впровадження маршрутизації перевезення зернових вантажів. Однак, на практиці, після прокладання декількох маршрутів, виникла наступна проблема. Забезпечуючи порожніми вагонами, в першу чергу, відправників маршрутів, обмежується доступ до навантажувальних ресурсів для відправників порівняно невеликих партій зерна.

Станом на 2020 рік, за допомогою системи АСКВП-УЗ-Є було визначено, що середній по Україні обіг вагона зерновоза становить 223,8 год, з яких час на навантаження становить 48 год, простій завантаженого вагона - 58,8 год, рух завантаженого вагона – 22,3 год, час на вивантаження – 37,5 год, простій порожнього вагона – 35,6 год, рух порожнього вагона – 21,6 год.

Відсоткове співвідношення елементів обігу вагона-зерновоза зображено на рисунку 3.1



Рисунок 3.1. Поелементний аналіз обігу зерновоза

Як бачимо, з даного рисунку, знаходження вагону у русі складає тільки 20% від загальної величини обігу, а 42% – простої на технічних станціях.

Вказані дані свідчать про недосконалість діючої системи організації перевезення зернових вантажів, а також та про існуючі резерви скорочення обігу вагонів та покращення показників експлуатації рухомого складу.

На регіональній філії «Південна залізниця» фактичне формування прямих відправницьких маршрутів з зерном можливе лише на 20...30 станціях. Не є виходом закриття малодіяльних станцій на яких відбувається відвантаження зерна або впровадження додаткової плати за подачу-прибирання вагонів на такі станції, оскільки це спричинить значну втрату залізницею обсягів перевезень, тому виходом з такої ситуації є створення концентрації навантаження зерна у вагони на вузлових станціях [24]. Створення концентрації вантажопотоків на меншій кількості (вузлових) елеваторів призведе до наступних позитивних аспектів:

- збільшення кількості маршрутних поїздів

- спрощення взаємодії між вантажовідправником, залізницею та контролюючими органами

Проте, концентрація вантажопотоків призведе до збільшення витрат на доставку зерна на елеватори автомобільним транспортом. Однак це компенсується тим, що ті лінійні елеватори, які орієнтовані на маршрутизацію вагонопотоків, будуть мати можливість забезпечувати меншу вартість доставки зерна в порти, а також отримують конкурентні переваги, у порівнянні з елеваторами, які не забезпечують маршрутизацію.

Здійснення системи перевезень зернових, при формуванні експортно-орієнтованої мережі вузлових елеваторів, може відбуватися наступним способом: перевезення зерна з польових елеваторів, які хаотично розташовані в певному районі виробництва зерна та мають досить малу ємність для формування маршрутних відправок, до лінійних елеваторів буде виконуватись автомобільним транспортом; відповідно лінійні елеватори будуть основним елементом системи доставки зернових вантажів до морських портів, оскільки вони мають всі можливості для формування маршруту та відповідно будуть виконувати роль вузлових елеваторів [24].

На одному вузловому елеваторі повинно забезпечуватись відвантаження зернового маршруту (54 вагона) за період до 7 діб. За експертними оцінками для забезпечення відвантаження 1 маршруту на добу елеватор повинен відповідати наступним параметрам: ємність одноразового зберігання від 30...50 тис. т і більше; продуктивність системи для завантаження залізничних вагонів 150...200 т/год; наявність накопичувальних залізничних колій з розрахунку (900...1200 м); під'їзна колія, що забезпечує подачу 52...56 вагонів за добу; власний маневровий тепловоз; накопичувальні силоси, по 2 шт. на кожен вагон загальною ємністю 100...130 т. При цьому середня загальна вартість спорудження такого елеватора (враховуючи проектування, обладнання, монтаж та будівельні роботи) складе близько 250 USD на 1 т. зберігання [24].

Варто зазначити, що для ефективного визначення районів та станцій концентрації зерна та планування маршрутизації необхідно використання системного підходу та сучасних методів оптимізації. Тому, завданням дипломної роботи було розробити методику формування мережі районів концентрації навантаження зернових вантажів для забезпечення відправницької маршрутизації залізничних перевезень зерна в морські порти України для експорту, а також отримання оцінки ефективності технології залізничних перевезень зерна маршрутами.

### 3.2 Визначення районів концентрації навантаження зерна

Формування районів концентрації зерна на основі вибору вузлових елеваторів (станцій) є досить складною, багатоваріантною та багатофакторною оптимізаційною задачею.

Для вирішення цієї задачі необхідно враховувати існуючу інфраструктуру станцій та елеваторів, можливості її розвитку, наявні та прогнозовані обсяги навантаження зернових, а також додаткові витрати, пов'язані зі зберіганням зернових, навантаженням та формуванням маршрутів, доставкою зерна на вузлові станції автотранспортом, витрати на перевезення зернових залізничними маршрутами в порти [24].

Задача визначення районів можливої концентрації навантаження зерна та відповідних їм вузлових станцій, на яких буде здійснюватися навантаження зернових маршрутів, може бути сформульована наступним чином.

На залізничному полігоні розташована множина  $S$  станцій навантаження зерна  $S = \{s_1, s_2, \dots, s_i, \dots, s_z\}$ , де  $z$  – загальна кількість станцій навантаження зерна ( $z=192$ ). Відстані  $l_{ij}$  між кожною парою станцій  $s_i$  та  $s_j$  ( $s_i, s_j \in S$ ) можна представити матрицею відстаней  $L$  [21]:



$$L = \begin{pmatrix} 0 & l_{12} & \dots & l_{1j} & \dots & l_{1z} \\ l_{21} & 0 & \dots & l_{2j} & \dots & l_{2z} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ l_{i1} & l_{i2} & \dots & l_{ij} & \dots & l_{iz} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ l_{z1} & l_{z2} & \dots & l_{zj} & \dots & 0 \end{pmatrix} \quad (3.1)$$

Кожен елемент множини  $S$  (станція) характеризується рядом параметрів та може бути представлений структурою:

$$S_i = \{I, N, c, q, p, \mathbf{T}, \mathbf{K}\} \quad (3.2)$$

де  $I$  – ідентифікатор станції (код ЄСР) [21];

$N$  – назва станції [21];

$c$  – класність станції;

$q$  – середньорічний обсяг навантаження зерна, ваг;

$p$  – потужність елеваторної інфраструктури по одночасному зберіганню зерна, тис. т.;

$\mathbf{T}$  – вектор, що характеризує відстань від станції до основних морських портів;

$\mathbf{K}$  – вектор, що характеризує обсяг додаткових капіталовкладень на розвиток інфраструктури станції при реалізації навантаження маршрутів з зерном.

Кожен елемент вектора  $\mathbf{T}$  представляє собою номер тарифного поясу, що відповідає відстані від даної станції  $s_i$  ( $s_i \in S$ ) до одного з морських портів, де здійснюється перевалка зерна на експорт [22]:

$$\mathbf{T}_i = \{t_1, t_2, \dots, t_i\} \quad (3.3)$$

Кожному елементу вектора  $\mathbf{K}$  відповідає певна величина додаткових капітальних інвестицій, які необхідні для розвитку інфраструктури станції  $s_i$

(елеваторної та залізничної) у випадку завантаження відповідно 1-го, 2-х та 3-х маршрутів з зерном:

$$K_i = \{k_1, k_2, k_3\} \quad (3.4)$$

Слід зазначити, що отримання конкретних значень вектора  $k_1, k_2, k_3$  у грошовому еквіваленті для кожної станції представляє досить трудомістке завдання. У зв'язку з цим авторами були використані параметризовані значення  $k_1, k_2, k_3$  у діапазоні  $[0; 1]$ ; при цьому  $k_j = 0$  означає, що додаткових коштів на розвиток інфраструктури станції для формування  $j$  зернових маршрутів на тиждень не потрібно, а  $k_j = 1$  – формування  $j$  зернових маршрутів на тиждень на даній станції недоцільно через необхідність значних інвестицій в інфраструктуру, в інших випадках –  $0 < k_j < 1$ . Конкретні значення параметрів  $k_1, k_2, k_3$  для кожної станції визначаються експертним шляхом на основі аналізу її інфраструктури.

Середньорічні обсяги навантаження зерна  $q_i$  для кожної станції визначаються на основі статистичної обробки даних, отриманих з АСКВП-УЗ-Є. Дані про класність  $c_i$  кожної станції і потужності її елеваторної інфраструктури  $p_i$  можуть бути отримані з ГРА станцій за допомогою АРМ ГРА.

На основі цих вихідних даних необхідно:

- з множини  $S$  виділити підмножину  $S^*$  ( $S^* \subset S$ ) вузлових станцій  $s_u^*$  ( $s_u^* \in S^*, u=1, 2, \dots, m$ ), на яких буде здійснюватися навантаження маршрутів;
- для кожної вузлової станції  $s_u^*$  (тип  $U$ ) визначити район концентрації навантаження  $R_u$  ( $u=1, 2, \dots, m$ ), тобто множину станцій  $s_v \in S$  (тип  $V$ ), з яких буде організоване підвезення зерна автотранспортом на вузлову станцію  $s_u^*$ :

$$R_u = \{I_r, Q_r, S^*, s_1, s_2, \dots, s_v \dots s_f\}, \quad s_v \in S, \quad (3.5)$$

де  $I_r$  – ідентифікатор району концентрації;

$Q_r$  – сумарне річне навантаження зерна на всіх станціях району, ваг.

При формуванні районів концентрації навантаження необхідно дотримуватись наступних умов:

відстань від вузлової  $U$ -станції  $s_u^*$  району  $R$  до будь-якої  $V$ -станції району  $s_v$  ( $s_v \in R_u$ ) не повинне перевищувати максимально встановленої величини  $l_{max}$  (при вирішенні задачі прийнято  $l_{max}=30$  км

$$(\forall s_v \in R_u)(\forall s_u^* \in R_u)(l_{uv} \leq l_{max}), \quad v = 1, 2, \dots, f_u, \quad u = 1, 2, \dots, m \quad (3.6)$$

– сумарний річний обсяг зерна, що навантажуються на станціях району концентрації  $R_u$  повинен бути не менше мінімально встановленого значення  $Q_{min}$  (при вирішенні задачі прийнято  $Q_{min}=3000$  ваг/рік, що забезпечує навантаження не менше 1 маршруту с зерном на тиждень):

$$(\forall R_u)(Q_r \geq Q_{min}), \quad u = 1, 2, \dots, m \quad (3.7)$$

І, нарешті, розв'язок задачі вибору вузлових станцій та районів концентрації навантаження зерна має забезпечувати мінімальні загальні витрати, пов'язані з маршрутизацією перевезення зерна на експорт у порти. Укрупнено ці витрати можна представити як:

$$\sum_{u=1}^m E_u^{авто} + \sum_{u=1}^m E_u^{зб} + \sum_{u=1}^m E_u^{зМ} + \sum_{u=1}^m E_u^{зВ} + \sum_{u=1}^m E_u^{інф} \rightarrow \min \quad (3.8)$$

де  $E_u^{авто}$  – додаткові витрати на перевезення зерна на вузлову станцію району  $R_u$  автотранспортом, млн. грн.;

$E_u^{зб}$  – додаткові витрати на зберігання зерна на вузловій станції району  $R_u$  для накопичення маршруту, млн. грн.;

$E_u^{зМ}$  – витрати на перевезення зерна в порти маршрутами з вузлової станції району  $R_u$ , млн. грн.;

$E_u^{зв}$  – витрати на перевезення зерна в порти вагонними відправками зі станцій району  $R_u$ , млн. грн.;

$E_u^{інф}$  – додаткові приведені витрати, пов'язані з розвитком елеваторної та залізничної інфраструктури вузловій станції району  $R_u$ , млн. грн.

### 3.3 Визначення вузлових станцій для навантаження маршрутів

Розв'язання поставленої задачі передбачає поділ початкової множини станцій навантаження зерна  $S$  на дві підмножини: 1)  $S^*$ , яка включає вузлові станції можливої концентрації навантаження ( $U$ -станції); 2)  $S'$ , що включає станції, на яких навантаження зернових маршрутів є недоцільним. З огляду на значну кількість станцій навантаження зерна (понад 500), для отримання зазначених підмножин ефективно використовувати методи кластерного аналізу [25,26].

Кластерний аналіз являє собою спосіб групування (класифікації) багатовимірних об'єктів, заснований на представленні результатів окремих спостережень точками відповідного геометричного простору з подальшим виділенням груп (кластерів) цих точок (рис. 3.2). При цьому кожен об'єкт характеризується вектором параметрів (показників)  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_N\}$ . Завдання методів кластерного аналізу – виділити в початкових багатовимірних даних такі однорідні простори, щоб об'єкти всередині такого простору (групи, кластеру) були «схожі» в певному сенсі один на одного, а об'єкти з різних груп (кластерів) – «не схожі». В даному випадку під «схожістю» розуміється

близькість об'єктів в багатовимірному просторі.

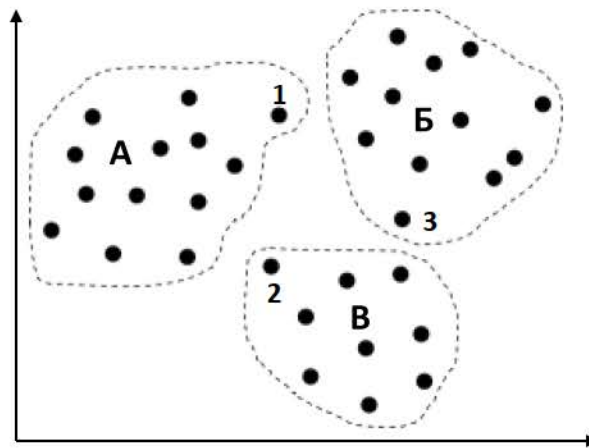


Рисунок 3.2 – Графічна інтерпретація групування об'єктів у кластери

*Вибір алгоритму класифікації.* Для виділення підмножини вузлових станцій  $S^*$  були використані алгоритми прямої класифікації, оскільки вони орієнтовані на виділення кластерів з наперед заданими властивостями, що відповідає умовам поставленої задачі. Окрім того, алгоритми прямої класифікації мають ряд переваг, до яких слід віднести простоту та ясність класифікації, а також невисоку трудомісткість. Алгоритми прямої класифікації можна розділити на агломеративні (стратегія об'єднання кластерів) та дивізивні (стратегія поділу) [26].

В агломеративних алгоритмах, на відміну від дивізивних, кожен об'єкт, що класифікується, на початку представляє собою окремий кластер. На кожному кроці алгоритму відбувається об'єднання двох найбільш близьких кластерів. Це відбувається до тих пір, поки число кластерів не досягне певного, в більшості випадків, заздалегідь заданого значення (в даному випадку – це два кластери – підмножини  $S^*$  та  $S'$ ). Дивізивні алгоритми доцільно застосовувати, коли вихідну сукупність необхідно розділити на досить велику кількість кластерів (більше 10) [26], що не відповідає умовам поставленої задачі класифікації станцій навантаження зерна. Окрім того, дивізивні алгоритми досить нестійкі при класифікації «спірних» об'єктів, що знаходяться на кордонах кластерів (об'єкти 1, 2, 3 на рис. 3.2). У зв'язку з цим, для вирішення поставленої задачі

класифікації станцій навантаження зерна була використана агломеративна стратегія.

*Визначення інформативних параметрів.* Для ефективної роботи будь-якого методу класифікації, зокрема кластерного аналізу, та отримання достовірних результатів дуже важливо визначити інформативні параметри, за якими виконується класифікація об'єктів (в даному випадку – станцій навантаження зерна). Для класифікації станцій навантаження зерна  $s_i$  використовуються відповідні вектори даних (3.2). Однак, як зазначено в [26], зі збільшенням кількості показників, які використовуються для класифікації об'єктів, її якість знижується. У зв'язку з цим серед множини параметрів, що характеризують вантажну станцію (3.2), необхідно визначити найбільш значущі (інформативні).

У зв'язку з цим на основі методів багатовимірного статистичного аналізу (зокрема, множинних порівнянь Шеффе), а також з урахуванням експертних оцінок були виділені наступні інформативні параметри (3.2): класність станції –  $c$ , річний обсяг навантаження зерна –  $q$ , наявна потужність елеваторної інфраструктури –  $p$ , додаткові витрати на розвиток елеваторної та залізничної інфраструктури для забезпечення навантаження зернових маршрутів –  $k_1, k_2, k_3$ .

*Стандартизація значень інформативних параметрів.* Очевидно, що обрані для класифікації інформативні параметри станцій вимірюються в різних одиницях та мають різні діапазони значень. При цьому параметри з великим розмахом значень надаватимуть домінуючі вплив на результати класифікації. Разом з тим, методи кластерного аналізу передбачають, що значення всіх показників класифікуються об'єктів повинні мати одні й ті ж одиниці вимірювання. В зв'язку з цим необхідна стандартизація значень інформативних параметрів вантажних станцій з метою приведення їх до безрозмірних величин. Вибір методу стандартизації являє собою досить складну задачу і суттєво впливає на якість класифікації. Це пояснюється тим, що вибір методу може сильно змінювати геометрію вихідного  $N$ - вимірного простору . У

кваліфікаційній роботі було виконане дослідження ефективності декількох методів стандартизації даних, що розглянуті у роботах [25,26], розрахункові вирази для яких наведено у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Методи стандартизації значень параметрів при класифікації

№	Формула	№	Формула	№	Формула
1	$X'_{i,j} = \frac{X_{i,j}}{R_j}$	4	$X'_{i,j} = \frac{X_{i,j}}{X_j^{max}}$	7	$X'_{i,j} = \frac{X_{i,j} - X_j^{min}}{\sigma_j^2}$
2	$X'_{i,j} = \frac{X_{i,j}}{\sigma_j^2}$	5	$X'_{i,j} = \frac{X_{i,j}}{\bar{X}_j}$	8	$X'_{i,j} = \frac{X_{i,j} - X_j^{min}}{\sigma_j}$
3	$X'_{i,j} = \frac{X_{i,j}}{\sigma_j}$	6	$X'_{i,j} = \frac{X_{i,j} - X_j^{min}}{\bar{X}_j}$	9	$X'_{i,j} = \frac{X_{i,j} - X_j^{min}}{R_j}$

У табл. 3.1 прийняті наступні позначення:  $X_{i,j}$ ,  $X'_{i,j}$  – значення  $j$ -го показника для  $i$ -го об'єкта (станції) множини, відповідно, до  $i$  після стандартизації;  $X_j^{min}$ ,  $X_j^{max}$  – відповідно, мінімальне та максимальне значення  $j$ -го показника серед всіх об'єктів множини;  $\sigma_j^2$ ,  $\bar{X}_j$ ,  $R_j$  – відповідно, дисперсія, середнє значення та розмах  $j$ -го показника у множині ( $R_j = X_j^{max} - X_j^{min}$ ).

Експертним шляхом була виконана «еталонна» класифікація вибірки з 25 станцій навантаження зерна на два кластери:  $U$ -станції та  $V$ -станції. Ефективність кожного з методів стандартизації (табл. 3.1) оцінювалася за двома критеріями: ймовірності помилкової класифікації –  $P_{пом}$  (у порівнянні з «еталонною» класифікацією) та величиною сумарної внутрішньої групової дисперсії –  $D_{гр}$ . Дослідження, виконані на ЕОМ за допомогою пакету «Statistica», показали, що найкращі результати ( $P_{пом} = 5\%$ ) отримані при

стандартизації даних на розмах (метод 1), найгірші результати отримані при стандартизації на дисперсію (метод 2).

*Вибір міри відмінності об'єктів.* При класифікації істотну роль відіграє також вибір міри відмінності між окремими об'єктами. Міра відмінності між двома об'єктами  $a$  та  $b$  представляє собою величину (відстань)  $d_{ab}$ , яка тим більше, чим менше подібність об'єктів  $a$  та  $b$ . При виборі методу класифікації виконано порівняння 6 мір відмінності з метою визначення найбільш придатної для вирішення поставленої задачі класифікації станцій навантаження зерна, а саме: евклідова міра, манхетенська міра, міра Брея-Кертіса, міра Чебишева, канберрівська міра, ступенева міра (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Міри відмінності при класифікації об'єктів

№	Міра	Вираз
1	2	3
1	Евклідова міра	$d_{ab} = \sqrt{\sum_j^N (x_{aj} - x_{bj})^2}$
2	Манхетенська міра	$d_{ab} = \sum_j^N  x_{aj} - x_{bj} $
3	Міра Брея-Кертіса	$d_{ab} = \frac{\sum_j^N  x_{aj} - x_{bj} }{\sum_j^N x_{aj} + \sum_j^N x_{bj}}$
4	Канберрівська міра	$d_{ab} = \sum_j^N \frac{ x_{aj} - x_{bj} }{ x_{aj}  +  x_{bj} }$
5	Ступенева міра	$d_{ab} = \left( \sum_j^N  x_{aj} - x_{bj} ^p \right)^{1/r}$



В табл. 3.2  $x_{aj}$ ,  $x_{bj}$  представляють собою значення  $j$ -го показника для об'єктів (станцій)  $a$  та  $b$  відповідно, а  $p$  та  $r$  – параметри, що задаються дослідником.

Для вибору найбільш ефективної міри відмінності за допомогою пакету «Statistica» був виконаний їх порівняльний аналіз при класифікації «еталонної» множини станцій. Ефективність кожної міри відмінності також оцінювалася за показниками  $P_{\text{пом}}$  та  $D_{\text{гр}}$ . Дослідження ефективності мір відмінності показало, що найкращу якість класифікації станцій навантаження зерна отримано при використанні «канберрівської» міри ( $P_{\text{пом}} = 3..5\%$ ). Найгірші результати отримані при використанні ступеневої міри ( $P_{\text{пом}} = 30..35\%$ ).

*Визначення ефективної стратегії об'єднання.* На кожному кроці агломеративного алгоритму кластерного аналізу об'єднуються два кластери, відстань між якими мінімально. При цьому виникає проблема визначення відстаней між окремими кластерами, як вирішується наступним чином [26].

Нехай є дві групи (кластерів) об'єктів (станцій)  $U$  та  $V$ , кількість елементів в яких становить відповідно  $n_u$  та  $n_v$ , а відстань між цими кластерами  $d_{uv}$ . Припустимо, що  $d_{uv}$  – це мінімальне серед усіх можливих відстаней між усіма іншими кластерами. В цьому випадку кластери  $U$  та  $V$  об'єднуються в один кластер  $W$  з кількістю елементів  $n_w = n_u + n_v$ . Розглянемо деякий кластер  $Y$ , який включає  $n_y$  елементів. Якщо перед об'єднанням кластерів  $U$  та  $V$  відомі відстані  $d_{uy}$  та  $d_{vy}$ , то відстань між новим кластером  $W$  та кластером  $Y$  складе:

$$d_{wy} = \alpha_u * d_{uy} + \alpha_v * d_{vy} + \beta * d_{uv} + \gamma * |d_{uv} + d_{vy}| \quad (3.9)$$

де  $\alpha_u$ ,  $\alpha_v$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  – параметри, що визначають сутність стратегії об'єднання [26].

При визначенні найбільш ефективного алгоритму класифікації виконано дослідження декількох стратегій об'єднань: «ближнього сусіда», «далекого

сусіда», «групового середнього», «центроїдної стратегії», «квадратичної стратегії», «гнучкої стратегії», стратегії Варда .

Порівняльний аналіз застосування зазначених стратегій для класифікації «еталонної» множини станцій навантаження зерна, виконаний за допомогою пакета «Statistica», показав, що найбільш близькі результати до «еталонної» класифікації були отримані при використанні «гнучкої» стратегії об'єднання та стратегії Варда ( $P_{\text{пом}} = 5...7\%$ ). Найгірші результати отримані при використанні стратегій «ближнього» та «далекого» сусіда ( $P_{\text{пом}} = 25...35\%$ ).

Таким чином, з використанням агломеративного алгоритму кластерного аналізу, що базується на стратегії об'єднання Варда та «канберрівській» мірі відмінності об'єктів, вихідна множина станцій навантаження зерна  $S$  була розділена на дві підмножини –  $S^*$ , яка включає вузлові станції можливої концентрації навантаження ( $U$ -станції) – всього 18 станцій, та  $S'$ , що включає станції, на яких навантаження зернових маршрутів недоцільне – всього 192 станцій [25,26].

### 3.4 Визначення районів можливої концентрації вантажних операцій з зерновими вантажами

На основі знайденої підмножини вузлових станцій  $S^*$  формуються райони можливої концентрації навантаження зерна  $R_u$  (3.5), виходячи з умови територіальної близькості  $V$ -станцій до вузлової  $U$ -станції (3.6). Для кожної вузлової станції  $s^*$  на першому кроці процедури формування відповідного їй району  $R$  (3.5):  $Q_r = q_u, f = 0, (Q_r \in R_u, f \in R_u, q_u \in s^*)$ .

Далі аналізується  $i$ -ий рядок матриці відстаней  $L$  (3.1), що відповідає станції  $s^*$ , і ті станції  $s_j \in S$  ( $j=1, 2, \dots, z$ ), для яких умова  $l_{ij} < l_{\max}$  (3.6) справедлива, включаються до множини (району)  $R_u$ . При цьому для району  $R_u$  виконується перерахунок параметрів:

$$Q_r = Q_r + q_j, \quad f = f + 1, \quad (q_j \in s_j). \quad (3.10)$$

За допомогою цієї процедури була сформована множина  $R = \{R_1, R_2, \dots, R_u, \dots, R_m\}$ , яка включає 18 районів ( $m=18$ ) можливої концентрації навантаження зерна (табл. 3.3)

Таблиця 3.3 – Райони можливої концентрації навантаження зерна

№ п/п	Область	Вузлова станція $s_u$ *	Сумарне навантаження, ваг/рік	Навантаження на станції ваг/рік	Станції району концентрації навантаження $R_u$
1	2	3	4	5	6
1	Чернігівська	Ліновиці	9831	2288	Прилуки, Пирятин
2	Полтавська	Гребінка	8325	365	Драбове-Барятинська, Мар'янівка, Пирятин, Лазорки
3	Чернігівська	Прилуки	8496	5675	Ліновиці, Галка
4	Полтавська	Юсківці	8175	1077	Сула, Біловоди, Андреяшівка, Лохвиця
5	Полтавська	Ромодан	7895	3110	Миргород, Хорол, Сенча
6	Полтавська	Пирятин	7708	1868	Мар'янівк, Ліновиці, Лазорки, Гребінка
7	Сумська	Торопилівка	7121	5016	Суми, Сироватка, Баси, Головашівка
8	Сумська	Суми	7121	1047	Торопилівка, Сироватка, Баси, Головашівка
9	Сумська	Сироватка	7010	590	Баси, Торопилівка, Суми, Боромля
10	Полтавська	Миргород	6813	3273	Ромодан, Гоголеве, Мелашенкове
11	Полтавська	Сула	6744	4417	Юсківці, Андреяшівка, Лохвиця, Сенча
12	Сумська	Біловоди	5495	1835	Ромни, Юсківці, Андреяшівка
13	Полтавська	Хорол	4768	1108	Ромодан, Веселий Поділ, Петрівка
14	Сумська	Ромни	4418	2154	Біловоди, Андреяшівка
15	Полтавська	Селещина	4105	1683	Карлівка, Божків
16	Полтавська	Карлівка	4020	2251	Селещина, Ланна
17	Полтавська	Решетилівка	3494	3064	Федунка, Сагайдак, Братешки, Уманцевка
18	Харківська	Савинці	3163	1955	Закомельська, Балаклея
19	Харківська	Закомельська	3149	824	Савинці, Ізюм
20	Полтавська	Глобине	3108	2237	Веселий Поділ, Рублівка

Всього до складу  $m = 20$  районів увійшли  $n = 46$  станції: 20 вузлових ( $U$ -станцій) та 26 невузлових ( $V$ -станцій). По іншим невузловим станціям умова (3.6) не виконується, тобто вони розташовані від найближчої вузлової станції на відстані більшій, ніж  $l_{\max}$ .

Для кожного сформованого району концентрації  $R_u$  ( $R_u \subset R$ ) виконується перевірка умови (3.7), тобто достатності сумарного річного обсягу навантаження зерна на станціях району для відправки з відповідної вузлової станції  $s_u^*$  хоча б одного зернового маршруту на тиждень. Якщо умова (3.7) не виконується, то такий район виключається з подальших розрахунків.

### 3.5 Визначення ефективних районів концентрації навантаження зерна

Аналіз табл. 3.3. показує, що більшість отриманих множин  $R_u$  ( $u=1, 2, \dots, 41$ ) є пересічними, тобто один або кілька елементів (станцій) одної множини (району) є одночасно елементами інших множин (районів). Наприклад, невузлова станція Лазорки входить до районів  $R_2$  (Гребінка) та  $R_6$  (Пирятин), а вузлова станція Ліновиці, окрім району  $R_1$ , входить також до складу районів  $R_3$  (Прилуки) і  $R_6$  (Пирятин).

Таким чином, в отриманій множині  $R$  необхідно виділити таку підмножину  $R^*$ , усі  $m^*$  елементів якої (райони концентрації навантаження  $R_u$ ,  $u=1, 2, \dots, m^*$ ) були б взаємно непересічними множинами. При цьому сумарний обсяг навантаження зерна у підсумковій підмножині  $R^*$  повинен бути максимальним, а загальна величина витрат, пов'язаних з концентрацією навантаження зерна та формуванням зернових маршрутів повинна бути мінімальна (3.8), тобто:

$$\begin{cases} Q(R^*) \rightarrow \max \\ E(R^*) \rightarrow \min \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \sum_{i=1}^{m^*} Q_{r(i)} \rightarrow \max \\ \sum_{i=1}^{m^*} E_i \rightarrow \min \end{cases} \quad (3.11)$$

Вказана підмножина  $R^* \subset R$  являє собою таке об'єднання непересічних множин  $R_u^* (u=1, 2, \dots, m^*)$ , для якого цільова функція (3.11) досягає екстремуму

Для вирішення поставленої задачі (3.11) розроблена наступна процедура [25,26]. Спочатку в вихідній множині  $R$  (табл. 3.3) виділяються непересічні і пересічні підмножини  $R_u (u=1, 2, \dots, m)$ . З цією метою може бути використаний один з DSU-алгоритмів (disjoint set union algorithm) [27]. Результатом роботи такого алгоритму є матриця  $G = |g_{uv}| (u=1, 2, \dots, m; v=1, 2, \dots, m)$ , в якій кожному рядку  $u$  і стовпчику  $v$  відповідає певна множина (район концентрації)  $R_u$  та  $R_v$ , відповідно (табл. 3.3), а кожен елемент матриці  $g_{uv}$  представляє собою список станцій  $s_i (s_i \in S)$ , які одночасно входять до складу районів (множин)  $R_u$  та  $R_v$ . У разі, якщо  $g_{uv} = \{\emptyset\}$ , множини  $R_u$  та  $R_v$  є непересічними і включаються в підсумкову підмножину  $R^* \subset R$ . Якщо ж  $g_{uv} \neq \{\emptyset\}$ , то множини  $R_u$  та  $R_v$  є пересічними; при цьому можливі наступні варіанти:

- загальними елементами множин  $R_u$  та  $R_v$  є тільки вузлові  $U$ -станції (наприклад, район концентрації  $R_1$  – Ліновиці, до якого належать вузлові станції Прилуки ( $R_3$ ) та Піратин ( $R_6$ ))
- загальними елементами множин  $R_u$  та  $R_v$  є тільки невузлові  $V$ -станції (наприклад, станція Андріяшівка для районів  $R_{11}$  – Сула та  $R_{14}$  – Ромни);
- загальними елементами множин  $R_u$  та  $R_v$  є і вузлові, і невузлові станції (наприклад, райони  $R_7$  – Торопилівка та  $R_8$  – Суми).

Необхідно виконати перерозподіл загальних елементів для всіх пар пересічених множин  $R_u$  та  $R_v$ , і на їх основі сформувати такі множини, щоб цільова функція (4.11) досягала екстремуму. Поставлена задача (4.11) може бути вирішена методами теорії оптимального розбиття множин; однак ці методи досить трудомісткі та вимагають значних обсягів обчислень. Специфіка ж даної задачі дозволяє отримати необхідний розв'язок більш простими методами [27].

Перетворимо матрицю  $G$  у матрицю  $X = |x_{ut}|$  ( $u=1, 2, \dots, m; t=1, 2, \dots, n$ ), в якій кожному рядку  $u$  відповідає певна множина (район)  $R_u$  (табл. 4.3), а кожному стовпчику  $t$  – певна  $U$ -станція або  $V$ -станція. Кожен елемент матриці представляє собою булеву змінну  $x_{ut} = \{0; 1\}$ , яка приймає значення  $x_{ut} = 1$ , якщо станція  $s_t$  може бути включена до складу району концентрації  $R_u$  ( $s_t \in R_u$ ), и  $x_{ut}=0$  в іншому випадку ( $s_t \notin R_u$ ). Кожній станції  $s_t$  відповідає певне значення середньорічного обсягу навантаження зерна  $q_t$  (3.2), а також деякий параметр  $e_{ut}$ , що характеризує величину додаткових витрат при включенні станції  $s_t$  до району концентрації навантаження  $R_u$ . Цільова функція (3.11) при цьому приймає наступний вигляд:

$$\begin{cases} \sum_{u=1}^m \sum_{t=1}^n q_t x_{ut} \rightarrow \max \\ \sum_{u=1}^m \sum_{t=1}^n e_{ut} x_{ut} \rightarrow \min \end{cases} \Rightarrow \left( \begin{array}{l} \sum_{u=1}^m \sum_{t=1}^n q_t x_{ut} \\ - \sum_{u=1}^m \sum_{t=1}^n e_{ut} x_{ut} \end{array} \right) \rightarrow \max \quad (3.12)$$

Слід зазначити, що визначення конкретних значень параметру  $e_{ut}$  для кожної станції навантаження зерна безпосередньо в грошовому вираженні є досить складним та трудомістким завданням. У зв'язку з цим була прийнята параметризована шкала значень  $e_{ut} \{1; 10\}$ , при якій  $e_{ut} = 1$  відповідає мінімальному рівню додаткових витрат при включенні станції  $s_t$  до району

концентрації, а  $e_{ut} = 10$  – максимальному. Конкретні значення  $e_{ut}$  для кожної станції на етапі попередніх розрахунків встановлюються експертним шляхом.

Сформулюємо обмеження задачі (3.12):

$$(\forall S_t) \left( \sum_{u=1}^m x_{ut} \leq 1 \right), \quad t = 1, 2, \dots, n \quad (3.13)$$

$$(\forall R_u^*) \left( \sum_{t=1}^m q_t x_{ut} \geq Q_{min} \vee \sum_{t=1}^m q_t x_{ut} = 0 \right), \quad u = 1, 2, \dots, m \quad (3.14)$$

$$(\forall S_t \notin R_u) (x_{ut} = 0), \quad u = 1, 2, \dots, m; t = 1, 2, \dots, n \quad (3.15)$$

Обмеження (3.13) означає, що кожна станція  $s_t$  може бути включена не більше ніж до одного району концентрації, однак може не входити до жодного району. Обмеження (3.14) визначає, що сумарний обсяг навантаження для кожного району концентрації повинен бути не менше величини  $Q_{min}$  (3.7), в іншому ж випадку такий район виключається, а станції, що входять в нього, перерозподіляються між іншими районами. Обмеження (3.15) виключає можливість додавання станції  $s_t$  до району, якщо це не передбачене в початковій множині  $R$  (табл. 3.3).

Задача (3.12)-(3.15) у наведеній постановці є задачею багатокритеріальної (векторної) оптимізації [30]; при цьому особливості задачі дозволяють віднести її до задач цілочисельного лінійного програмування з булевими змінними, для вирішення якої доцільно перейти до однокритеріальної оптимізаційної задачі. З цією метою використано метод лінійної згортки з нормуванням критеріїв [31]; цільова функція (3.12) при цьому приймає наступний вигляд:

$$(w_q \sum_{u=1}^m \sum_{t=1}^n q_t^0 x_{ut} - w_e \sum_{u=1}^m \sum_{t=1}^n e_{ut}^0 x_{ut}) \rightarrow \max \quad (3.16)$$

Де  $q_t^0, e_{ut}^0$  – нормовані значення параметрів станцій навантаження зерна;  
 $w_q, w_e$  – вагові коефіцієнти критеріїв оптимізації, конкретні значення яких (в діапазоні  $[0; 1]$ ) встановлюються експертним шляхом.

Отримана задача була вирішена за допомогою симплекс-методу, модифікованого для задач з булевими змінними [31]. У результаті була сформована підмножина  $R^*$ , яке є об'єднанням непересічних множин; кожне така множина відповідає певному району, концентрація навантаження зерна в якому є найбільш ефективною (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Ефективні райони концентрації навантаження зерна

№ п/п	Вузлова станція $s_u^*$	Станції району концентрації навантаження $R^*$	Сумарне навантаження, ваг/рік
1	2	3	4
1	Прилуки	Галка	6208
2	Ромодан	Хорол, Сенча	4622
3	Пирятин	Ліновиці, Лазорки	4805
4	Торопилівка	Суми, Сироватка, Баси, Головашівка	7121
5	Миргород	Гоголеве, Мелашенкове	3703
6	Сула	Юсківці, Лохвиця	5911
7	Ромни	Біловоди, Андреяшівка	4418
8	Карлівка	Селещина, Ланна	4020
9	Решетилівка	Федунка, Сагайдак, Братешки, Уманцевка	3494
10	Закомельська	Савинці, Ізюм	3149
11	Глобине	Веселий Поділ, Рублівка	3108

У підсумковому рішенні до складу 11 районів концентрації навантаження зерна включено 36 станцій, що при мінімальних додаткових витратах забезпечує максимальний сумарний обсяг навантаження зерна маршрутами 50 тис. ваг або близько 3,3 млн. т. на рік, що становить близько 15% від загального обсягу перевезень зерна.

Висновок. Проведені дослідження дозволили встановити наступне:



1. Показано, що одна з найважливіших задач при доставці зерна в морські порти є значна розкиданість станцій навантаження, при чому близько 80% з них, нажаль, не мають можливості відвантажувати та формувати зернові маршрутні поїзди. Організація відправницької маршрутизації залізничних перевезень зернових вантажів можлива при створенні необхідної мережі вузлових станцій для концентрації навантаження зерна. Доставка зерна на вузлові станції з лінійних та польових елеваторів, що входять до району концентрації навантаження, здійснюється автотранспортом.

2. Запропоновано розташування вузлових станцій і формування на їх основі районів концентрації навантаження зерна являє собою досить складну багатоваріантну і багатофакторну оптимізаційну задачу. Для визначення потенційно можливих вузлових станцій розроблено методику, що базується на методах кластерного аналізу. З використанням агломеративного алгоритму кластерного аналізу, що базується на стратегії об'єднання Варда та «канберрівській» мірі відмінності об'єктів з множини 192 станцій було виділено 20 станцій з можливою концентрацією навантаження зерна.

3. Вирішено задачу формування районів концентрації навантаження навколо вузлових станцій, що формалізована як задача багатокритеріальної оптимізації з булевими змінними. Для вирішення цієї задачі використано методи теорії множин та цілочисельного лінійного програмування. У підсумковому рішенні до складу 11 районів концентрації навантаження зерна включено 36 станцій, що при мінімальних додаткових витратах забезпечує максимальний сумарний обсяг навантаження зерна маршрутами 50 тис. ваг або близько 3,3 млн. т. на рік, що становить близько 15% від загального обсягу перевезень зерна залізницями України.

#### 4 Визначення економічного ефекту від впровадження нової системи районів навантаження зернових вантажів

##### 4.1 Визначення економічного ефекту без впровадження запропонованої маршрутизації

Як вже було розібрано в розділі 3, ефективне розміщення районів навантаження та раціональна маршрутизація перевезень дозволить скоротити простої вагонів під накопиченням та переробкою на 30-35 %, що в свою чергу дозволить зменшити простій на технічній станції, а значить й обіг вагона, збільшити швидкість доставки вантажів, а значить, дозволить задовільнити більшу кількість потреб вантажовласників, забезпечуючи необхідну кількість та якість перевезень. Аналіз обігу вагона-зерновоза за останні 10 років наведено на рисунку 4.1 [33]

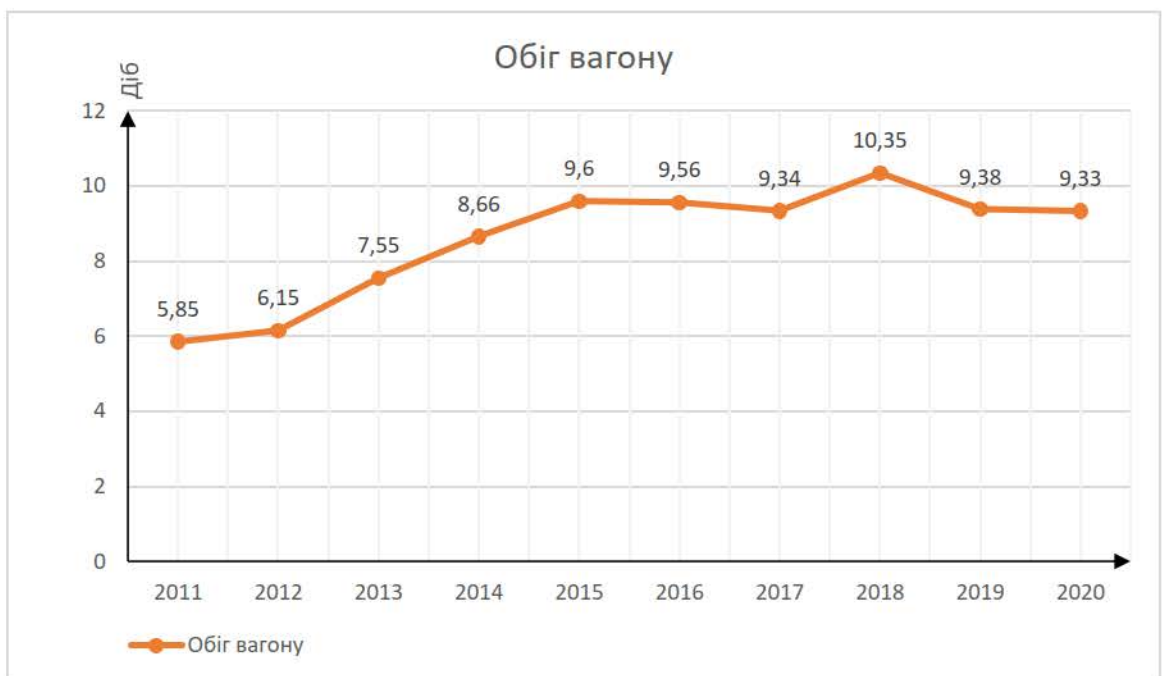


Рисунок 4.1 Середній обіг вагона-зерновоза за останні 10 років

Згідно з поелементним, відсотковим аналізом обігу зернового вагона (рисунки 3.1), простій навантаженого вагона становить в середньому 26 % від обігу вагона, тому динаміка простоїв вагонів-зерновозів за останні 10 років буде мати наступний вигляд:

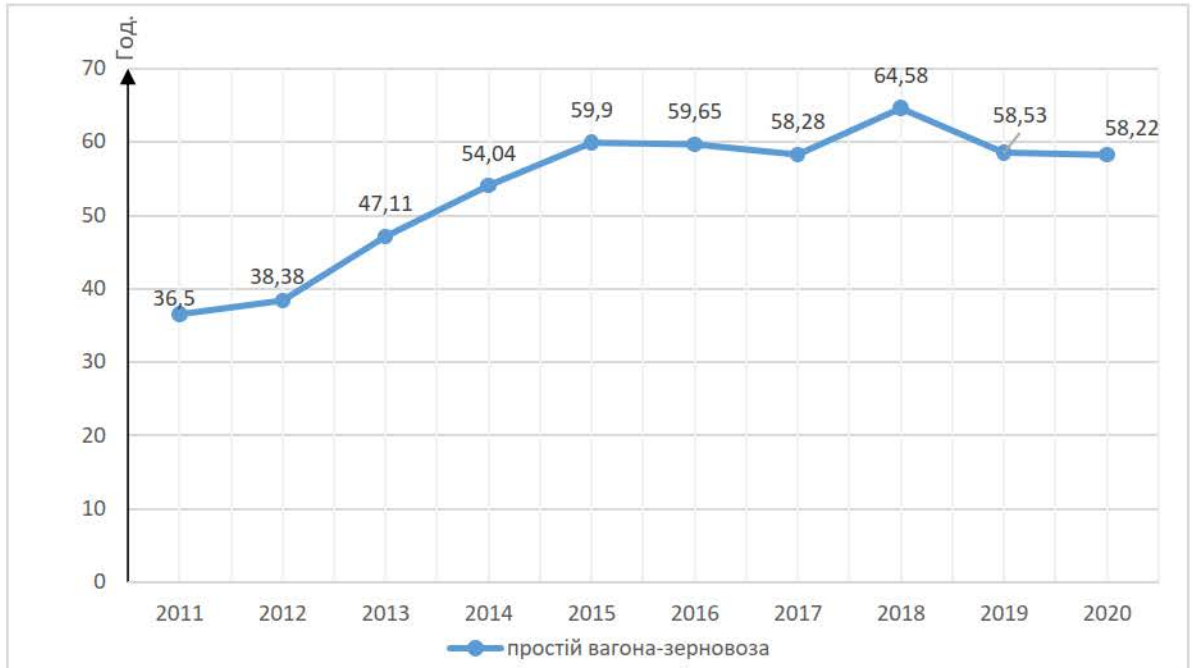


Рисунок 4.2 Середній простій вагона-зерновоза за останні 10 років

Згідно з наведеною динамікою змін простоїв вагонів зерновозів та методу середніх темпів, спрогнозуємо значення простоїв на наступні 5 років. Середній темп зростання показує, в скільки разів у середньому кожен даний рівень більший (або менший) від попереднього рівня. Середній темп зростання знаходиться за формулою:

$$T = \sqrt[n-1]{\frac{Y_n}{Y_1}} \quad (4.1)$$

$$T = \sqrt[9]{\frac{58,22}{36,5}} = 1,053$$

Далі знаходимо прогнозовані значення простоїв вагонів-зерновозів на наступні 5 років:

$$y^{2021} = 58,22 * 1,053 = 61,31 \text{ год}$$

$$y^{2022} = 61,31 * 1,053 = 64,55 \text{ год}$$

$$y^{2023} = 64,55 * 1,053 = 67,98 \text{ год}$$

$$y^{2024} = 67,98 * 1,053 = 71,58 \text{ год}$$

$$y^{2025} = 71,58 * 1,053 = 75,37 \text{ год}$$

Вартість простою одного завантаженого вагона-зерновоза на технічній станції становить 22,41 грн за годину. Кількість вагонів, що завантажуються на станціях, для визначених районів концентрації, в середньому за рік, становить 50559 ваг. Відповідно до цього обчислюємо прогнозовану вартість простоїв на наступні 5 років:

$$P^{2021} = 61,31 * 22,41 * 50559 = 70145713,33 \text{ грн}$$

$$P^{2022} = 64,55 * 22,41 * 50559 = 73136905,11 \text{ грн}$$

$$P^{2023} = 67,98 * 22,41 * 50559 = 77023188,38 \text{ грн}$$

$$P^{2024} = 71,58 * 22,41 * 50559 = 81102086,26 \text{ грн}$$

$$P^{2025} = 75,37 * 22,41 * 50559 = 85396259,31 \text{ грн}$$

Визначення економічного ефекту проводиться за умови обов'язкового приведення вартісних оцінок результатів і витрат різних років до єдиного для всіх варіантів реалізації проекту моменту часу - розрахункового року  $t_p$ .

Приведення результатів і витрат різних років періоду реалізації проекту до розрахункового року здійснюється множенням їх вартісної оцінки за кожний рік на коефіцієнт приведення  $\alpha_t$ , що відповідає даному року.

На величину економічного ефекту впливає рівень інфляції та ступінь можливого ризику його здійснення. Його врахування здійснюється шляхом корегування коефіцієнтів приведення на величину інфляційного очікування і

ступінь можливого ризику. Формула для обчислення коефіцієнта приведення виглядає наступним чином:

$$\alpha_t = \left( \frac{1+E_H}{1+I+R} \right)^{t_p-t} \quad (4.2)$$

де  $E_H$  - середня річна ставка комерційних банків за депозитними внесками (дисконтна ставка), в частках одиниці, ( $E_H=7\%$ );

$I$ - очікуваний середньорічний темп інфляції протягом життєвого циклу проекту в частках одиниці ( $I= 5,5\%$ ).

$R$ -ставка, що враховує ступінь ризику здійснення проекту в частках одиниці. В нашому випадку ступень ризику середній, тому приймаємо 0,01

$$\alpha_{2021} = \left( \frac{1 + 0,07}{1 + 0,055 + 0,01} \right)^4 = 1,019$$

$$\alpha_{2022} = \left( \frac{1 + 0,07}{1 + 0,055 + 0,01} \right)^3 = 1,014$$

$$\alpha_{2023} = \left( \frac{1 + 0,07}{1 + 0,055 + 0,01} \right)^2 = 1,009$$

$$\alpha_{2024} = \left( \frac{1 + 0,07}{1 + 0,055 + 0,01} \right)^1 = 1,005$$

$$\alpha_{2025} = \left( \frac{1 + 0,07}{1 + 0,055 + 0,01} \right)^0 = 1$$

Для зручності, подальший розрахунок економічного ефекту виконаємо у формі таблиці

Таблиця 4.1 Розрахунок економічного ефекту без впровадження запропонованої маршрутизації

Показники	Роки				
	2021	2022	2023	2024	2025
1	2	3	4	5	6
Середній простій завантаженого вагону на технічних станціях, год	61,31	64,55	67,98	71,58	75,38
Вартість 1 години простою навантаженого вагону, грн	22,41	22,41	22,41	22,41	22,41
Загальні річні витрати для визначених районів при середньому навантаженні вагонів 50559 тис. грн	70145,71	73136,91	77023,19	81102,09	85396,26
Коефіцієнт приведення до розрахункового року	1,019	1,014	1,009	1,005	1
Загальні річні витрати для визначених районів з урахуванням коефіцієнту приведення, тис. грн	71478,48	74160,82	77716,40	81507,60	85396,26
Економічний ефект наростаючим підсумком, тис. грн	71478,48	145639,3	223355,7	304863,3	390259,56

Таким чином, сумарний економічний ефект за 5 років сягає 390259,56 тис. грн.

#### 4.2 Визначення економічного ефекту після впровадження запропонованої концентрації

Як вже було встановлено в розділі 3, після впровадження маршрутизації, простій завантаженого вагона – зерновоза під накопиченням та переробкою зменшиться на 30-35 %. Розрахунок економічного ефекту буде здійснено для

мінімального з вищенаведених відсотків (30%). Для зручності, усі подальші розрахунки будемо виконувати в табличній формі

Таблиця 4.2 Розрахунок економічного ефекту після впровадження запропонованої маршрутизації

Показники	Роки				
	2021	2022	2023	2024	2025
1	2	3	4	5	6
Середній простій завантаженого вагону на технічних станціях, після впровадження маршрутизації год	42,92	45,19	47,59	50,11	52,77
Вартість 1 години простою навантаженого вагону, грн	22,41	22,41	22,41	22,41	22,41
Загальні річні витрати для визначених районів при середньому навантаженні вагонів 50559 тис. грн	48626,13	51195,83	53916,23	56771,46	59785,31
Коефіцієнт приведення до розрахункового року	1,019	1,014	1,009	1,005	1
Загальні річні витрати для визначених районів з урахуванням коефіцієнту приведення, грн	49550,02	51912,58	54401,48	57055,32	59785,31
Економічний ефект наростаючим підсумком, грн	49550,02	101462,6	155864,08	212919,4	272704,71

Сумарний економічний ефект після впровадження запропонованої маршрутизації становить 272704,71 тис. грн.

Таким чином загальна економія, за 5 років, після впровадження маршрутизації буде становити:

$$390259,56 - 272704,71 = 117554,85 \text{ тис. грн}$$

Висновок. Розраховано економію від маршрутизації відправок із запропонованих районів концентрації та навантаження зерна. Було встановлено, що внаслідок цього новоутворення зменшиться простій вагона у завантаженому стані під накопиченням та переробкою на технічних станціях на 30-35 %. Внаслідок чого, час доставки та обіг вагону. Економія від цього впровадження за 5 наступних років буде становити 117554,85 тис. грн



## Висновки

1. Встановлено, що оскільки Україна є аграрною державою, тому однією з ключових галузей в економіці нашої держави є - зернова галузь. Данна галузь є основою аграрного-експорту тому її варто розглядати як базу та джерело для розвитку більшості галузей агропромислового комплексу. Вона напряму має вплив на формування валютних надходжень в країну за рахунок експорту, а також на формування значної частини доходу від сільськогосподарських виробників. Крім цього, зернова галузь, проводить регулювання обсягу пропозицій та ціни за основні види продовольства для населення, а також регулює стан і тенденції розвитку сільських територій.

Проаналізовано публікації українських та закордонних вчених на тему удосконалення вантажної і комерційної роботи при доставці зернових вантажів та виявлено що немає повного вирішення питання щодо економічної ефективності концентрації та формування маршрутів із зерновими вантажами у реальних умовах, зокрема на регіональній філії «Південна залізниця».

Доведено, що залізничний транспорт виступає як основний перевізник зернових вантажів в Україні (близько 70% від загального обсягу) і відповідно до аналізу обсягів перевезень, має тенденцію до їх збільшення. Проте, варто не забувати, що конкурентні види транспорту (автомобільний та річковий) також мають великий попит на використання і в будь-який момент можуть заволодіти значною часткою ринку перевезень зернових вантажів

2. Встановлено, що ефективність від маршрутизації перевезень у сучасних умовах полягає в тому, що вона забезпечує швидке просування вантажів з пунктів виробництва в пункти споживання, зменшує простой вагонів на технічних станціях, скорочує роботу станцій по переробці поїздів, прискорює обіг вагонів, скорочує потреби у вагонному парку, забезпечує підвищення швидкості доставки вантажів, знижує собівартість перевезення та створює умови забезпечення схоронності вантажів.

Визначено, що усі отримані залежності в дипломній роботі, виконуються при існуючій тарифній системі, в якій не передбачені знижки для вантажовідправників маршрутних перевезень. Проте, перевезення маршрутних поїздів, для залізниці, вимагають значно менше витрат ніж повагонні відправки, оскільки відпадає потреба у переробці вказаних вагонопотоків на технічних станціях, а початково-кінцеві операції при цьому здійснюються на місцях незагального користування вантажовідправниками та отримувачами. Запровадження Укрзалізницею гнучкої системи знижок на маршрутні перевезення та початково-кінцеві операції дасть відправникам додаткові стимули як для розвитку відправницької маршрутизації, так і для оновлення власного рухомого складу та інфраструктури.

3. Показано, що одна з найважливіших задач при доставці зерна в морські порти є значна розкиданість станцій навантаження, при чому близько 80% з них, нажаль, не мають можливості відвантажувати та формувати зернові маршрутні поїзди. Організація відправницької маршрутизації залізничних перевезень зернових вантажів можлива при створенні необхідної мережі вузлових станцій для концентрації навантаження зерна. Доставка зерна на вузлові станції з лінійних та польових елеваторів, що входять до району концентрації навантаження, здійснюється автотранспортом.

Запропоновано розташування вузлових станцій і формування на їх основі районів концентрації навантаження зерна являє собою досить складну багатоваріантну і багатофакторну оптимізаційну задачу. Для визначення потенційно можливих вузлових станцій розроблено методику, що базується на методах кластерного аналізу. З використанням агломеративного алгоритму кластерного аналізу, що базується на стратегії об'єднання Варда та «канберрівській» мірі відмінності об'єктів з множини 192 станцій було виділено 20 станцій з можливою концентрацією навантаження зерна.

Вирішено задачу формування районів концентрації навантаження навколо вузлових станцій, що формалізована як задача багатокритеріальної оптимізації з булевими змінними. Для вирішення цієї задачі використано

методи теорії множин та цілочисельного лінійного програмування. У підсумковому рішенні до складу 11 районів концентрації навантаження зерна включено 36 станцій, що при мінімальних додаткових витратах забезпечує максимальний сумарний обсяг навантаження зерна маршрутами 50 тис. ваг або близько 3,3 млн. т. на рік, що становить близько 15% від загального обсягу перевезень зерна залізницями України.

4. Розраховано економію від маршрутизації відправок із запропонованих районів концентрації та навантаження зерна. Було встановлено, що внаслідок цього новоутворення зменшиться простій вагона у завантаженому стані під накопиченням та переробкою на технічних станціях на 30-35 %. Внаслідок чого, час доставки та обіг вагону. Економія від цього впровадження за 5 наступних років буде становити 117554,85 тис. грн

Таким чином, за допомогою організаційно-технічних методів, без значних капіталовкладень, відбудеться покращення експлуатаційних показників залізничного рухомого складу.

## Список використаних джерел

- 1 Зведення пропозиції зернових [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/ru/> – Загол. з екрана.
- 2 Урожай зернових в Україні за 2020 рік [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://interfax.com.ua/news/economic/710016.htm> – Загол. з екрана.
- 3 Офіційний сайт Державної служби статистики України [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua>. – Загол. з екрана.
- 4 Огороков, А.М. Річковий транспорт України: сучасний стан та перспективи використання [Текст] / А.М Огороков, Р.В Вернигора, П.С Цупров // Зб. наук. праць ДНУЗТ:Серія “Транспортні системи і технології перевезень”, Вип. 12. – Д.: ДНУЗТ, 2016. – с. 62-68.
- 5 Транспорт і зв'язок України-2018. Статистичний збірник [Текст] – Київ: Державна служба статистики України. – 2019. – 154 с.
- 6 Карта елеваторов України [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://elevatorist.com/karta-elevatorov-ukrainy> – Загол. з екрана.
- 7 Центр транспортних стратегій [Електронний ресурс] – Режим доступу: [https://cfts.org.ua/blogs/schodo\\_rozvitku\\_zalozhichno\\_galuzi\\_ta\\_vplivu\\_na\\_ekonomichne\\_zrostannya](https://cfts.org.ua/blogs/schodo_rozvitku_zalozhichno_galuzi_ta_vplivu_na_ekonomichne_zrostannya) – Загол. з екрана.
- 8 Скільки всего локомотивов у "Укрзалізничці" [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: [https://cfts.org.ua/infographics/skolko\\_vsego\\_lokomotivov](https://cfts.org.ua/infographics/skolko_vsego_lokomotivov) – Загол. з екрана.
- 9 Сахно, В.П. Теоретичні засади використання змішаного методу багатокритеріального аналізу для маршрутизації перевезень вантажів. [Текст] / В.П. Сахно, В.М. Поляков, Д.О. Дехтяренко // Збірник наукових праць УкрДУЗТ. -2019. -Вип. 188. - с.50 - 57.
- 10 Богомазова, Г.Є. Розробка моделі формування ступінчатих маршрутів із зерновими вантажами на залізницях України [Текст] / Г. Є. Богомазова, Г.С. Бауліна // Збірник наукових праць УкрДУЗТ. -2019. -Вип. 187. - с.42 - 48.

11 Арсененко, Д.В. Удосконалення організації перевезень зернових вантажів залізничними ступінчастими маршрутами [Текст] / Д.В. Арсененко// Збірник наукових праць УкрДУЗТ. -2019. -Вип. 184. - с.92 - 97.

12 Тарасов, К.О. Тарифні аспекти в умовах проведення експерименту з впровадження приватної тяги на залізниці України [Текст] / К.О. Тарасов, Є.О. Турчина, О.Л. Гончарук// Збірник наукових праць студентів та магістрів УкрДУЗТ, вип. 18 (2020), с. 281-293.

13 Dolinayová. Methodology for the Tariff Formation in Railway Freight Transport [Text] / A. Dolinayová // International journal of maritime science & technology. “Naše more” 65(4)/2018., P. 297-304

14 Рустамов, Р.Ш. Оценка перспектив развития зерновой логистики в Украине [Текст] // Зб. наук. праць ДНУЗТ: Серія “Транспортні системи і технології пере- везень”, Вип. 8. – Д.: ДНУЗТ, 2014. – с. 127-133.

15 Обсяг перевезення зерна і продуктів перемолу залізницею в 2019 році [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://zernovoz.ua/blog/monitoring-1/post/obsiag-perevezennia-zerna-i-produktiv-peremolu-zaliznitseiu-v-2019-rotsi-168> – Загол. з екрана.

16 Загальна структура станцій навантаження зерна у 2018 році/ Газета «Магістраль» [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://info.uz.ua/infografika/zagalna-struktura-stantsiy-navantazhennya-zerna> – Загол. з екрана.

17 Аграрне інформаційне агентство [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <https://agravery.com/uk/posts/show/obmezenna-ekspluatacii-vagoniv-povinnovidbuvatisa-viklucno-za-tehnicnim-stanom-uza> – Загол. з екрана.

18 Боровой, Н. Е. Маршрутизация перевозок грузов. Монография / Н. Е. Боровой. – Москва: Транспорт. – 1978. – 216 с.

19 Козаченко, Д. М. Підвищення ефективності управління приватним вагонним парком за рахунок відправницької маршрутизації порожніх вагонопотоків [Текст] / Д.М. Козаченко, А.І. Верлан, Р. В. Вернигора // Залізничний транспорт України. - 2012. - №6. - с. 35 - 37.

20 Інструктивні вказівки з організації вагонопотоків на залізницях України: №1028 – ЦЗ. – Затв. Наказом Укрзалізниці 29. 12. 2004. [Текст] – Видавництво. – Київ: ТОВ «Швидкий рух», 2005. – 100 с.

21 Тарифное руководство № 4 железных дорог Украины [Текст] – Киев, Транспорт Украины, 1997. – 194 с.

22 Збірник тарифів на перевезення вантажів залізничним транспортом у межах України та пов'язані з ними послуги. Тарифне керівництво №1 [Текст]. – Київ, ТОВ «Інпрес», 2009. – 200 с.

23 Козаченко, Д. М. Удосконалення технічного забезпечення та технологій експортних перевезень зернових вантажів в Україні [Текст] / Д. М. Козаченко, Р. Г. Коробйова, Р. Ш. Рустамов // Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. – 2015. – №4. – С. 121-127.

24 Kozachenko, D. M. Creation of export-oriented network of grain elevators in Ukraine [Текст] / D. M. Kozachenko, R. V. Vernigora, R S. Rustamov // Наука та прогрес транспорту. Вісник ДНУЗТ, – Д.: ДНУЗТ, 2017. – №2(68) – с. 56-70.

25 Дюран, Б. Кластерный анализ [Текст] / Б. Дюран, П. Оделл. – Москва: Книга по требованию, 2012. – 128 с.

26 Мандель, И. А. Кластерный анализ [Текст] / И. А. Мандель. – Москва: Финансы и статистика, 1988 – 215с.

27 Киселева, Е. М. Модели и методы решения непрерывных задач оптимального разбиения множеств: линейные, нелинейные, динамические задачи: монография [Текст] / Е. М. Киселева, Л. С. Коряшкина. – Киев : Наукова думка, 2013. – 607 с.

28 Зак, Ю. А. Прикладные задачи многокритериальной оптимизации [Текст] / Ю. А. Зак. – Москва : Экономика, 2014. – 455 с.

29 Баланов, В. О. Анализ факторов, влияющих на обеспечение движения грузовых поездов по расписанию [Текст] / В. О. Баланов // Транспортні системи і технології перевезень: зб. наук. пр. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2015. – Вип. 10. – С. 5-9.

30 Штойер, Р. Многокритериальная оптимизация. Теория, вычисления и приложения [Текст] / Р. Штойер. – Москва : Радио и связь, 1992. – 504 с.

31 Корбут, А. А. Дискретное программирование [Текст] / А. А. Корбут, Ю. Ю. Финкельштейн. – Москва : Наука, 1969. – 368 с.

32 Ломотько, Д. В. Удосконалення переробки масових вантажів залізничним транспортом в умовах створення інформаційно-керуючої системи [Текст] / Д. В. Ломотько, О. Є. Кльосов, С. Г. Корнійчук // Зб. наук.праць. УкрДАЗТ, – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – Вип. 120, – С. 119-125

33 Діаграма обігу вагона. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://biz.censor.net/resonance/3146735/pochemu\\_rastet\\_vremya\\_oborota\\_vagonov\\_uz](https://biz.censor.net/resonance/3146735/pochemu_rastet_vremya_oborota_vagonov_uz)

34. Тарасов, К.О. Аналіз стану безпеки руху при перевезенні небезпечних вантажів залізничним транспортом України [Текст] / В.М. Запара, Я.В. Запара, К.О. Тарасов, С.М. Крупко// Тези 2-ї міжнародної науково- практичної конференції «Інтелектуальні транспортні технології»: (Харків, 27-29 квітня 2021 р.) Харків: УкрДУЗТ. с. 90-92.

35. Тарасов, К.О. Впровадження автоматизованих систем з метою оптимізації та підвищення якості взаємодії станції та під'їзних колій [Текст] / В.М. Запара, К.О. Тарасов, // Тези 81-ї студентської наукової конференції УкрДУЗТ: (Харків, 5-7 листопада 2019 р.) Харків: УкрДУЗТ. с. 388-389.

36 Балака, Є.І. Оцінка економічної доцільності інвестицій в інноваційні проекти на транспорті: Навчальний посібник. [Текст] / Є.І. Балака, О.І. Зоріна, Н.М. Колесникова, І.М. Писаревський – Харків: УкрДАЗТ, 2005. – 210 с.

37 Методичний посібник з додержання вимог нормо контролю у студентській навчальній звітності [Текст]. – Х. : УкрДАЗТ , 2014. – 55 с.