

**Міністерство освіти і науки України  
Університет митної справи та фінансів**

**Факультет інноваційних технологій  
Кафедра транспортних технологій та міжнародної логістики**

Кваліфікаційну роботу  
допущено до захисту  
Завідувач кафедри транспортних  
технологій та міжнародної логістики,  
к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ А. І. Кузьменко  
(підпис)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА  
на тему:  
«УДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНОЇ СХЕМИ  
ПЕРЕВЕЗЕНЬ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ  
КЛАСТЕРНОГО АНАЛІЗУ»**

Виконав: студент групи Т23-1м  
спеціальності 275 Транспортні  
технології (на автомобільному  
транспорті)

**Куртєв Артем Костянтинівич**

Керівник: \_\_\_\_\_  
(підпис)

кандидат технічних наук, доцент  
**Леснікова Ірина Юріївна**

Рецензент \_\_\_\_\_  
(підпис)

УМСФ, доцент кафедри  
транспортних технологій та  
міжнародної логістики,  
кандидат технічних наук  
**Халіпова Наталя Володимирівна**

Дніпро  
2025

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
УНІВЕРСИТЕТ МИТНОЇ СПРАВИ ТА ФІНАНСІВ**

Факультет інноваційних технологій  
Кафедра транспортних технологій та міжнародної логістики  
Ступінь вищої освіти – магістр  
Спеціальність 275 Транспортні технології  
(на автомобільному транспорті)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри транспортних  
технологій та міжнародної логістики  
к.т.н., доц.,

А. І. Кузьменко

\_\_\_\_\_  
(підпис)

«01» листопада 2024 р.

**З А В Д А Н Н Я**  
**з підготовки кваліфікаційної роботи магістра**  
**студента групи Т23-1м**  
**КУРТЄВА АРТЕМА КОСТЯНТИНОВИЧА**

1. Тема роботи: Удосконалення транспортно-логістичної схеми перевезень будівельних матеріалів на основі кластерного аналізу.

Керівник кваліфікаційної роботи магістра: Леснікова Ірина Юріївна, кандидат технічних наук, доцент.

Затверджено наказом ректора УМСФ від «11» листопада 2024 р. № 949 кс.

2. Дата подання студентом готової кваліфікаційної роботи магістра на кафедру: «30» грудня 2024 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи магістра:

3.1 Статистичні дані щодо попиту на будівельні матеріали.

3.2 Вихідні дані пунктів доставки вантажу

Назва пункту доставки	Координата осі X, км	Координата осі У, км	Потреба вантажу, кг
Склад Дніпро	275	165	-
Томаківський район:	215	70	543
1. Чумаки	240	50	485
2. Томаківка	250	20	610
3. Глухе			
Криворізький район:	75	90	385
4. Лозуватка	80	65	455
5. Кривий Ріг	120	45	507
6. Златоустівка			

Кам'янський район:	220	195	609
7. Куліші	230	170	785
8. Кам'янське	240	160	548
9. Світле			
Павлоградський район:	350	195	589
10. Всесвятське	365	170	632
11. Павлоград	385	160	792
12. Миколаївка			
Васильківський район:	375	135	489
13. Троїцьке	380	115	682
14. Васильківка	385	105	258
15. Присяна			
Новомосковський район:			
16. Дмитрівка			
17. Новомосковськ			
18. Меліоративне	280	215	499

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, потрібних для опрацювання):
- 4.1. Проаналізувати статистичні дані щодо попиту на будівельні матеріали.
  - 4.2. Проаналізувати наукові праці, присвячені удосконаленню транспортно-логістичних схем перевезень будівельних матеріалів.
  - 4.3. Побудувати математичну та фізичну моделі транспортної задачі.
  - 4.4. Розробити маршрут перевезення за методом комівояжера.
  - 4.5. Визначити техніко-експлуатаційні показники роботи автомобілів на маршруті.
  - 4.6. Моделювання оптимальних розвізних маршрутів у межах Дніпропетровської області на підставі формування кластерів та пошук найкоротших відстаней, з урахуванням невизначеності розподілу товарів у кластерах.
  - 4.7. Узагальнити результати та зробити висновки.
5. Перелік графічних матеріалів:
- 5.1. Аналіз організації вантажних перевезень будівельних матеріалів в Україні під час воєнних дій
  - 5.2. Побудова математичної моделі транспортної задачі
  - 5.3. Побудова фізичної моделі транспортної задачі
  - 5.4. визначення техніко-експлуатаційних показників роботи автомобілів на маршруті
  - 5.5. Сформовані кластери в Дніпропетровській області
  - 5.6. Результат моделювання змішаних перевезень по Дніпропетровській області
  - 5.7. Знаходження місця розташування розподільчого центру №1
  - 5.8. Знаходження місця розташування розподільчого центру №2
6. Дата видачі завдання: «30» вересня 2024 р.

Студента

\_\_\_\_\_

(підпис)

(Куртєв А.К.)

Керівник кваліфікаційної роботи магістра

\_\_\_\_\_

(підпис)

(Леснікова І.Ю.)

## **АНОТАЦІЯ**

Куртєв А.К. Удосконалення транспортно-логістичної схеми перевезень будівельних матеріалів на основі кластерного аналізу.

Кваліфікаційна робота магістра на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 275 Транспортні технології (на автомобільному транспорті). Університет митної справи та фінансів, Дніпро, 2025.

Кваліфікаційна робота магістра присвячена удосконаленню транспортно-логістичної схеми перевезень будівельних матеріалів і Дніпропетровській області на основі кластерного аналізу. Метою роботи є розробка маршруту доставки вантажу та оптимізація подальшого розвезення партій будівельних матеріалів вантажоодержувачам на підставі методів математичного моделювання. Для цього визначено розташування розподільчих центрів у Дніпропетровській області. Розраховано техніко-економічні показники для технічних засобів. Визначено час та вартість доставки вантажу.

## **THE SUMMARY**

Kurtiev A.K. Improving the transport and logistics scheme for the transportation of building materials based on cluster analysis.

Master's thesis for the degree of «Master» in the specialty 275 Transport technologies (in road transport). University of Customs and Finance, Dnipro, 2025.

Master's thesis is devoted to improving the transport and logistics scheme for the transportation of building materials and the Dnipropetrovsk region based on cluster analysis. The purpose of the work is to develop a cargo delivery route and optimize the further delivery of batches of building materials to consignees based on mathematical modeling methods. For this purpose, the location of distribution centers in the Dnipropetrovsk region was determined. Technical and economic indicators for technical means were calculated. The time and cost of cargo delivery were determined.

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра «Удосконалення транспортно-логістичної схеми перевезень будівельних матеріалів на основі кластерного аналізу» 73 с., 28 рис., 24 табл., 28 джерел, 2 додатків на 10 стор.

**Метою роботи** є розробка транспортно-логістичної схеми доставки вантажу на основі кластерного аналізу.

**Об'єкт дослідження** – вантажні перевезення

**Предмет дослідження** – розвізні вантажні маршрути перевезення у межах приміської зони.

**Методи дослідження:** методи математичної статистики, задачі лінійного програмування, кластерний аналіз.

У процесі написання кваліфікаційної роботи магістра були виконані наступні **завдання:** проаналізовано статистичні дані вантажних перевезень будівельних матеріалів, побудовано модель перевізного процесу, виконано моделювання перевізного процесу за допомогою методу кластерного аналізу, побудовано маршрути доставки вантажу через розподільчий центр та розраховано техніко-економічні показники доставки.

**Ключові слова:** КЛАСТЕРНИЙ АНАЛІЗ; ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНА СХЕМА; ПЕРЕВЕЗЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ; ДОСТАВКА ВАНТАЖУ ЧЕРЕЗ РОЗПОДІЛЬЧИЙ ЦЕНТР.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 АНАЛІЗ СТАТИСТИЧНИХ ДАНИХ ТА НАУКОВИХ ПРАЦЬ З ОРГАНІЗАЦІЇ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	9
1.1 Аналіз організації вантажних перевезень будівельних матеріалів в Україні під час воєнних дій.....	9
1.2 Аналіз наукових праць, присвячених удосконаленню транспортно- логістичних схем перевезень будівельних матеріалів .....	18
2 РОЗРОБКА МАРШРУТІВ ДОСТАВКИ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ПІДСТАВІ МЕТОДІВ ЛІНІЙНОГО ПРОГРАМУВАННЯ.....	22
2.1 Постановка завдання.....	22
2.2 Побудова математичної моделі транспортної задачі .....	23
2.3 Побудова фізичної моделі транспортної задачі. Розробка маршрутів за методом Комівояжера.....	26
3 ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ АВТОМОБІЛІВ НА МАРШРУТІ .....	34
4 МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРЕВІЗНОГО ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ .....	45
4.1 Загальний опис кластеризації.....	45
4.2 Формування кластерів та пошук найкоротших відстаней .....	48
4.3 Знаходження місця розташування розподільчого центру.....	66
5 ПОБУДОВА МАРШРУТІВ ДОСТАВКИ ЧЕРЕЗ РОЗПОДІЛЬЧИЙ ЦЕНТР ТА РОЗРАХУНОК ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ.....	75
ВИСНОВКИ .....	79
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	82
Додаток А .....	86
Додаток Б.....	87

					<i>КРМ</i>	275	17	ПЗ
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Удосконалення транспортно- логістичної схеми перевезень будівельних матеріалів на основі кластерного аналізу			<i>Лім.</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Куртєв А.К.</i>						<i>Арк.</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Леснікова І.Ю.</i>						5
<i>Реценз.</i>		<i>Халіпова Н.В.</i>						<i>Аркуші</i>
<i>Н. контр.</i>		<i>Леснікова І.Ю.</i>						73
<i>Затверд.</i>		<i>Кузьменко А.І.</i>			<i>УМСФ, ГР. Т23-1м</i>			

## ВСТУП

Транспортно-логістичні схеми відіграють ключову роль у забезпеченні ефективного перевезення будівельних матеріалів, особливо в умовах зростаючих обсягів будівництва та збільшення географічної складності логістичних маршрутів. Розвиток сучасної інфраструктури вимагає не лише своєчасної доставки матеріалів, але й оптимізації витрат, зниження екологічного впливу та підвищення загальної продуктивності транспортних процесів. У цьому контексті використання кластерного аналізу як аналітичного інструменту дозволяє ефективно виявляти закономірності в перевезеннях, формувати оптимальні маршрути та об'єднувати логістичні операції у взаємопов'язані групи.

Кластеризація сприяє створенню комплексного підходу до управління ланцюгами постачання, дозволяючи врахувати такі чинники, як розташування виробників, споживачів і транспортних вузлів. Це, своєю чергою, сприяє мінімізації витрат на перевезення та забезпеченню безперервного функціонування будівельних проєктів. Удосконалення транспортно-логістичних схем із використанням кластерного аналізу стає необхідністю в умовах сучасного ринку, орієнтованого на швидкість, точність і гнучкість у роботі.

Ця тема є особливо актуальною для регіонів з активним будівельним розвитком, де злагоджена логістика відіграє критичну роль у забезпеченні рентабельності та своєчасності реалізації проєктів. У даній роботі основна увага приділяється аналізу існуючих транспортно-логістичних схем перевезень будівельних матеріалів, визначенню їхніх недоліків і розробці рекомендацій для їхнього вдосконалення на основі кластерного аналізу.

Метою роботи є розробка транспортно-логістичної схеми доставки вантажу на основі кластерного аналізу.

Об'єкт дослідження – вантажні перевезення

Предмет дослідження – розвізні вантажні маршрути перевезення у межах приміської зони.

Методи дослідження: методи математичної статистики, задачі лінійного

Виконав	Куртєв А.К.								Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.				КРМ	275	17	ПЗ	7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

програмування, кластерний аналіз.

У процесі написання кваліфікаційної роботи магістра були виконані наступні завдання: проаналізовано статистичні дані вантажних перевезень будівельних матеріалів, побудовано модель перевізного процесу, виконано моделювання перевізного процесу за допомогою методу кластерного аналізу, побудовано маршрути доставки вантажу через розподільчий центр та розраховано техніко-економічні показники доставки.

Результати, отримані в кваліфікаційній роботі магістра пройшли апробацію на конференціях (про що отримано відповідний сертифікат) та були опубліковані в науковому журналі:

Куртєв А. Розробка параметрів автобусних маршрутів для моделі оптимізації. «Відкрита наука сьогодні: основна місія, напрями та інструменти, шлях та її розвитку»: Матеріали міжнар. Науково-практ. Конф., м. Вінниця, 1 листоп. 2024 р. Наук. Керівник І. Леснікова. Дніпро, 2024.

Виконав	Куртєв А.К.				КРМ 275 17 ПЗ	Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.					8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



# 1 АНАЛІЗ СТАТИСТИЧНИХ ДАНИХ ТА НАУКОВИХ ПРАЦЬ З ОРГАНІЗАЦІЇ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

## 1.1 Аналіз організації вантажних перевезень будівельних матеріалів в Україні під час воєнних дій

Перевезення будівельних матеріалів є важливою складовою будівельної індустрії, особливо під час відбудови інфраструктури та реалізації нових проєктів. В умовах воєнних дій в Україні організація вантажних перевезень будівельних матеріалів стикається з новими викликами, зокрема з пошкодженням логістичної інфраструктури, дефіцитом ресурсів і необхідністю швидкої доставки матеріалів для відновлення критично важливих об'єктів. Цей розділ присвячений аналізу особливостей організації перевезень будівельних матеріалів у воєнний час, оцінці викликів та шляхам підвищення ефективності логістичних процесів на основі актуальної статистики руйнувань в Україні та Дніпропетровській області.



Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд будівельних матеріалів [1]

Розглянемо вплив воєнних дій на логістичну інфраструктуру. Воєнні дії в Україні, які розпочалися після повномасштабного вторгнення Росії в лютому 2022 року, завдали значної шкоди транспортній інфраструктурі країни. За

Виконав	Куртєв А.К.								Арк.	
Перевірив	Леснікова І.Ю.					КРМ	275	17	ПЗ	9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

офіційними даними Міністерства інфраструктури України, станом на серпень 2023 року в Україні було пошкоджено або зруйновано понад 26 тисяч кілометрів автомобільних доріг, а також близько 346 мостів і шляхопроводів. Особливо постраждали області, розташовані в зоні активних бойових дій, зокрема Харківська, Донецька, Луганська та Запорізька [3].

Дніпропетровська область, хоча й знаходиться на відстані від основних бойових дій, також зазнала значних руйнувань. За даними Дніпропетровської обласної військової адміністрації, в області пошкоджено або зруйновано понад 150 кілометрів доріг місцевого значення та більше 20 мостів і шляхопроводів, що ускладнює перевезення вантажів, зокрема будівельних матеріалів. Водночас збереження великих транспортних вузлів, таких як Дніпро та Кривий Ріг, дозволяє області продовжувати виконувати роль важливого логістичного хабу для постачання матеріалів у східні та південні регіони країни [3].

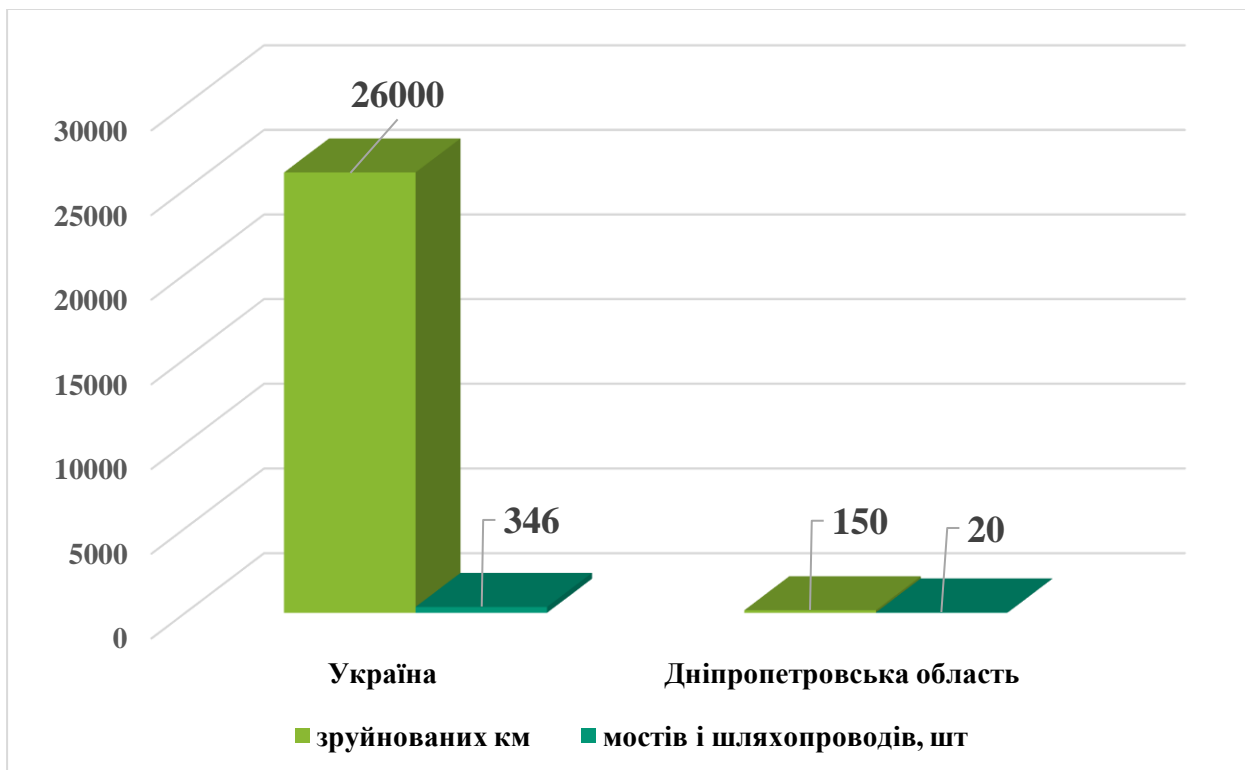


Рисунок 1.2 – Кількість зруйнованих або пошкоджених кілометрів автомобільних доріг, мостів та шляхопроводів станом на серпень 2023 року [Розроблено автором]

Виконав	Куртєв А.К.				КРМ 275 17 ПЗ	Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.					10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Надалі опишемо пріоритетність будівельних матеріалів під час війни. Будівельні матеріали, такі як бетон, металоконструкції, арматура та інші ресурси для відновлення критично важливих об'єктів, мають стратегічну пріоритетність у воєнний час. Український уряд активно працює над відновленням інфраструктури в постраждалих регіонах, тому перевезення будівельних матеріалів є першочерговим завданням [4].

Зокрема, станом на середину 2023 року урядові програми відновлення інфраструктури включали відбудову понад 30 мостів, що сполучають ключові магістралі, та ремонт близько 600 кілометрів доріг. Пріоритетними напрямками є забезпечення швидкого доступу до медичних установ, центрів гуманітарної допомоги та військових об'єктів. Враховуючи ці вимоги, логістичні компанії змушені швидко адаптувати маршрути для забезпечення доставки будівельних матеріалів у зони, які зазнали найбільшої шкоди [4].

У даній кваліфікаційній роботі магістра буде розглянута організація вантажних перевезень будівельних матеріалів в Дніпропетровській області. Саме тому необхідно описати зміну попиту на будівельні матеріали через руйнування інфраструктури. Воєнні дії, які призвели до значних руйнувань інфраструктури, суттєво змінили структуру попиту на будівельні матеріали в Україні. Особливо гостро це питання постало у таких областях, як Київська, Харківська, Дніпропетровська, Луганська та Донеччина, де зруйновано або пошкоджено житлові будинки, підприємства, а також важливі об'єкти соціальної інфраструктури (школи, лікарні, мости, дороги) [5].

Згідно з офіційними даними Міністерства з питань розвитку громад та територій України, від початку 2022 року було зафіксовано понад 300 000 зруйнованих чи пошкоджених будівель по всій країні. Це включає як житлові об'єкти, так і виробничі та соціальні будівлі, що стало основним чинником зростання попиту на будівельні матеріали для відновлення [3].

Попит на будівельні матеріали можна поділити на кілька основних сегментів:

Виконав	Куртєв А.К.							Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.				КРМ	275	17	ПЗ
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				11

- Відновлення інфраструктури. На цьому етапі основними матеріалами є бетон, залізобетонні вироби, цемент, арматура, металоконструкції, асфальт та будівельна техніка. За даними Інституту економіки та прогнозування НАН України, найбільше зростання попиту спостерігається на цемент і металопрокат, що використовуються для відновлення мостів, доріг, а також житлових і адміністративних будівель [4].

- Приватне будівництво. У зв'язку з великими втратами житла через обстріли та руйнування, зросла потреба в будівельних матеріалах для індивідуальних забудовників. Це в основному стосується таких матеріалів, як цегла, піноблоки, шифер, керамічна плитка та інші. За даними асоціації «Укрметалургпром», в перші місяці 2023 року спостерігалось зростання попиту на вироби з пінобетону та легкі бетонні матеріали через зниження витрат на теплоізоляцію [4].

- Екологічні та альтернативні матеріали. У нових умовах зростає інтерес до енергоефективних та екологічно чистих матеріалів. В Україні активно розвивається сегмент екологічного будівництва, зокрема використання сонячних панелей, теплоізоляційних матеріалів на основі природних компонентів (наприклад, ековата, лляні панелі), а також сучасні енергоощадні технології [5].

Воєнні дії також мають значний вплив на доступність будівельних матеріалів. Постійні обстріли, руйнування виробничих потужностей та логістичні труднощі призводять до дефіциту деяких видів матеріалів, таких як цемент, арматура, будівельне скло, а також обмежують доступ до сировини для виробництва матеріалів (наприклад, металів, пісок, гравій) [3].

За даними Державної служби статистики України, в 2023 році відзначалося зниження виробництва будівельних матеріалів на 20-25% порівняно з довоєнним періодом, що сприяло росту цін. Згідно з даними на серпень 2023 року, ціна на основні будівельні матеріали зросла в середньому на 35-50%, а у разі дефіциту окремих видів товарів — навіть на 70-80%. Це також сприяло появі нових логістичних схем, таких як перевезення через тимчасово

Виконав		Куртєв А.К.						Арк.
Перевірив		Леснікова І.Ю.		КРМ 275 17 ПЗ				12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

безпечні території або з використанням залізничних маршрутів замість автошляхів [5].

Складемо таблицю 1.1, де опишемо попит на різні будівельні матеріали в Україні під час воєнних дій.

Таблиця 1.1 – Попит на різні будівельні матеріали в Україні під час воєнних дій

Будівельний матеріал	Попит в Україні (2023, % від довоєнного рівня)	Кількість споживаних матеріалів (в тоннах або одиницях)	Регіони з високим попитом	Основні застосування
Цемент	110-125%	8-10 млн тонн	Дніпропетровська, Харківська, Київська області	Відновлення інфраструктури, житлових будинків, доріг
Металопрокат (арматура, профіль)	115-130%	2,5-3 млн тонн	Дніпропетровська, Луганська, Запорізька області	Відновлення мостів, конструкцій, великих об'єктів
Піноблоки	125-140%	1,5-2 млн м <sup>3</sup>	Київська, Харківська, Львівська області	Будівництво житла, приватне будівництво
Шифер та покрівельні матеріали	120-135%	10-12 млн м <sup>2</sup>	Дніпропетровська, Одеська області	Ремонт дахів, відновлення житлових будинків
Керамічна плитка	100-110%	5-6 млн м <sup>2</sup>	Київська, Львівська, Дніпропетровська області	Ремонт та оздоблення приміщень
Гіпсокартон	110-120%	3-4 млн м <sup>2</sup>	Харківська, Дніпропетровська області	Оздоблювальні роботи в будівлях
Деревина (брус, дошка)	125-135%	1,2-1,5 млн м <sup>3</sup>	Західні та центральні області	Облаштування тимчасового житла, господарські будівлі

Виконав	Куртєв А.К.				КРМ 275 17 ПЗ	Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.					13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 1.1

Скло (будівельне)	105-115%	2-3 млн м <sup>2</sup>	Київська, Дніпропетровська області	Вікна для житлових будинків та офісів
Бетонні вироби (плити, блоки)	120-130%	1,8-2,3 млн м <sup>3</sup>	Харківська, Запорізька, Дніпропетровська області	Відновлення інфраструктури, будівництво дорожніх об'єктів
Ізоляційні матеріали (пінополістирол, єковата)	110-120%	1-1,2 млн м <sup>3</sup>	Дніпропетровська, Київська, Одеська області	Теплоізоляція будинків, економія енергоспоживання
Сонячні панелі та альтернативні енергетичні системи	130-150%	500-600 тис. м <sup>2</sup>	Київська, Львівська області	Енергоефективність, відновлювальні джерела енергії

Для наочності складемо діаграму 1.3

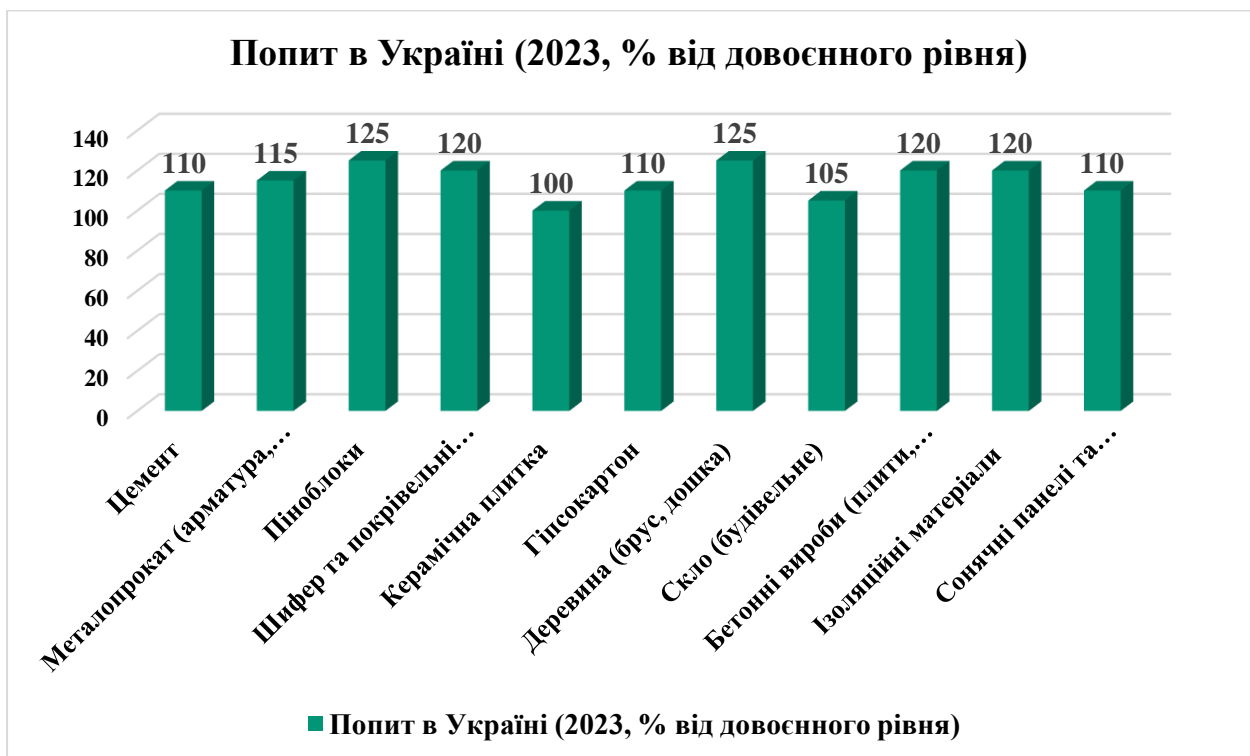


Рисунок 1.3 – Попит в Україні (2023, % від довоєнного рівня) [Розроблено автором]

Виконав	Куртєв А.К.				КРМ 275 17 ПЗ	Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.					14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Як результат видно, що попит на будівельні матеріали в Україні значно зростає, що є результатом воєнних дій та потреби у відновленні пошкоджених об'єктів інфраструктури та житлового фонду. Зокрема, найбільше зростання попиту спостерігається на цемент, металопрокат, піноблоки та покрівельні матеріали, які є основою для відновлення пошкоджених будівель і доріг.

Згідно з прогнозами аналітиків, попит на будівельні матеріали в Україні залишатиметься високим протягом наступних кількох років. Однією з ключових тенденцій є орієнтація на відновлення об'єктів інфраструктури та житла, а також запровадження енергоефективних та екологічних технологій. За даними Національної академії наук України, в 2024 році очікується зростання попиту на інноваційні будівельні матеріали (мінеральні утеплювачі, металеві конструкції, матеріали з перероблених відходів).

Отже, зміни в попиті на будівельні матеріали в Україні, зокрема в Дніпропетровській області, є наслідком активних бойових дій, руйнувань інфраструктури та зміни потреб населення в умовах війни. У найближчі роки попит на будівельні матеріали буде залишатися високим через необхідність відновлення житла та інфраструктури. Водночас, на ринку спостерігаються дефіцити окремих матеріалів та зростання цін, що ускладнює ситуацію для будівельних компаній та населення.

Надалі розглянемо кількість завезеного товару у 2024 році.

Тобто, це рисунок 1.4 ілюструє кількість автомобілів, які завезли будівельні матеріали до України у лютому 2024 року за трьома групами кодів УКТЗЕД:

- 68 група – 2894 автомобілі.
- 69 група – 3313 автомобілів.
- 70 група – 4096 автомобілів.

Виконав	Куртєв А.К.								Арк.	
Перевірив	Леснікова І.Ю.					КРМ	275	17	ПЗ	15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

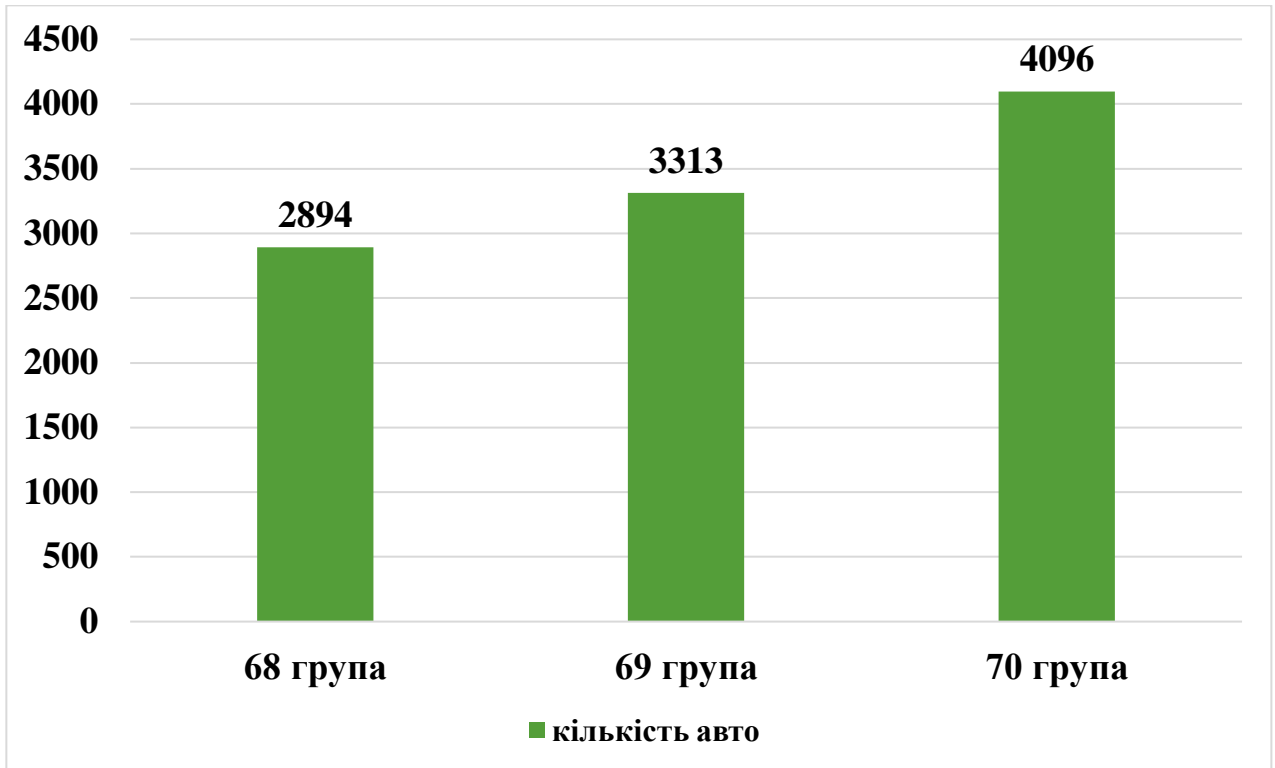


Рисунок 1.4 – Кількість автомобілів, які завезли будівельні матеріали (класифікація за групою коду УКТЗЕД) лютий 2024 рік [Розроблено автором]

Згідно з даними, найбільше будівельних матеріалів було завезено по 70 групі (4096 автомобілів), яка охоплює вироби зі скла та склокераміки. Середня кількість автомобілів, що завезли матеріали з 69 групи (керамічні вироби), трохи менша (3313 авто), а по 68 групі (вироби з каменю, гіпсу, цементу) – найменша кількість (2894 авто) [6].

Це демонструє високий попит на скляні матеріали, а також стабільні поставки інших видів будівельних матеріалів.

Виконав	Куртєв А.К.				КРМ 275 17 ПЗ	Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.					16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



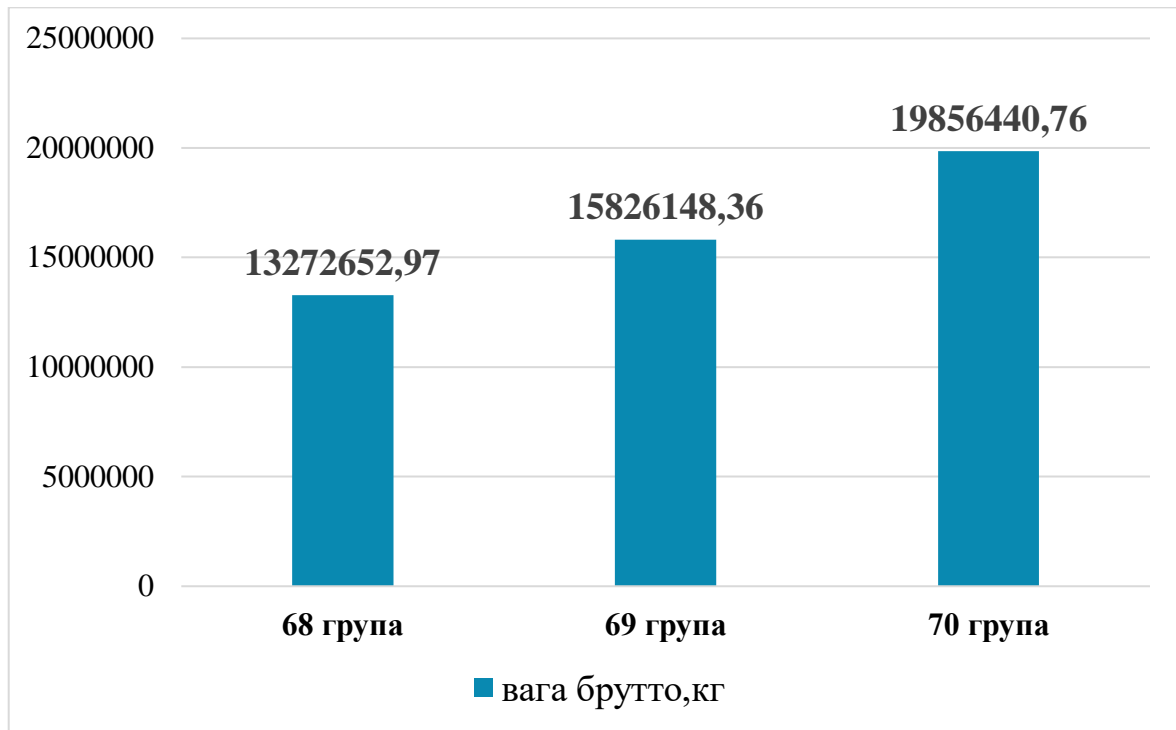


Рисунок 1.4 – Кількість будівельних матеріалів, які було завезено до України у лютому 2024 р. (класифікація за групою коду УКТЗЕД), кг [Розроблено автором]

Отже, ця діаграма показує вагу будівельних матеріалів (брутто), які були завезені до України у лютому 2024 року за трьома групами кодів УКТЗЕД:

- 68 група – 13 272 652,97 кг.
- 69 група – 15 826 148,36 кг.
- 70 група – 19 856 440,76 кг [6].

Як видно з діаграми, найбільша вага завезених матеріалів належить до 70 групи (скло та склокераміка), що підтверджує високий попит на вироби зі скла. 69 група (керамічні вироби) має середню вагу, тоді як 68 група (вироби з каменю, гіпсу, цементу) має найменшу вагу, хоча залишається значним компонентом в загальній структурі імпорту будівельних матеріалів.

Отже, у даному підрозділі було визначено, що руйнування логістичної інфраструктури через воєнні дії суттєво ускладнило перевезення будівельних матеріалів. Найбільше постраждали східні області України, проте Дніпропетровська область зберігає роль логістичного хабу завдяки ключовим

Виконав	Куртєв А.К.				КРМ 275 17 ПЗ	Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.					17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

транспортним вузлам. Зростання попиту на будівельні матеріали пов'язане з масштабними руйнуваннями, зокрема понад 300 000 знищених або пошкоджених будівель. Пріоритетними є цемент, металопрокат, піноблоки, шифер та енергоефективні матеріали, що використовуються для відновлення інфраструктури та житла. Дефіцит матеріалів і зростання цін викликані руйнуванням виробничих потужностей та логістичними труднощами. У 2023 році ціни на деякі будівельні матеріали зросли на 35-50%, а виробництво знизилося на 20-25% [6].

Імпорт будівельних матеріалів демонструє високий попит на скло, кераміку та вироби з цементу. У лютому 2024 року найбільша вага імпортованих матеріалів припадала на склокерамічну продукцію (19,86 млн кг) [6].

Як прогноз можна сказати, що попит на будівельні матеріали залишатиметься високим у найближчі роки через необхідність відновлення житла та інфраструктури, що сприяє впровадженню нових логістичних схем і використанню інноваційних матеріалів.

## 1.2 Аналіз наукових праць, присвячених удосконаленню транспортно-логістичних схем перевезень будівельних матеріалів

Транспортно-логістичні схеми перевезень будівельних матеріалів є одними з найважливіших компонентів ефективної та економічно обґрунтованої діяльності будівельної галузі. В умовах сучасної економіки, зокрема в Україні, з урахуванням складної інфраструктури та викликів, пов'язаних з війною та відновленням пошкоджених об'єктів, удосконалення цих схем набуває особливої актуальності. Сучасні дослідження з логістики, транспортування та управління матеріальними потоками сприяють розвитку більш ефективних і економічних рішень для перевезення будівельних матеріалів, що дозволяє зменшити витрати, скоротити час доставки та підвищити надійність процесів.

Перелік наукових праць, присвячених удосконаленню транспортно-логістичних схем, охоплює широкий спектр досліджень, від оптимізації маршрутів і зменшення витрат до інтеграції новітніх технологій у управлінні

Виконав	Куртєв А.К.								Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.								18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

транспортними потоками. У наукових працях також розглядаються питання автоматизації, використання мультимодальних перевезень, а також інноваційних підходів до організації логістичних процесів. Це дозволяє сформувати комплексне уявлення про сучасні тенденції та майбутні напрямки розвитку цієї сфери. Розглянемо деякі з робіт [7].

1. Іванов, А. В. (2020). «Оптимізація транспортно-логістичних процесів для перевезень будівельних матеріалів в умовах України.» Журнал транспорту та логістики. Було описано дослідження з оптимізації транспортних маршрутів і підвищення ефективності перевезень будівельних матеріалів на основі нових технологій планування [10].

2. Петренко, О. М. (2018). «Моделювання логістичних потоків у системах доставки будівельних матеріалів.» Транспорт і логістика: проблеми та перспективи. Описує розробку моделей для прогнозування потреби в будівельних матеріалах та покращення часу доставки [11].

3. Сидоренко, Ю. І. (2019). «Аналіз логістичних процесів і їх вдосконалення у сфері будівництва.» Вісник транспортних систем. Було оцінено поточні транспортно-логістичні системи, а також рекомендації щодо їх удосконалення в умовах кризових ситуацій [12].

4. Коваленко, Н. О., та ін. (2021). «Автоматизація управління транспортуванням будівельних матеріалів.» Технічні науки: інновації та розвиток. Проведено огляд автоматизованих систем для управління доставкою будівельних матеріалів та їх вплив на ефективність перевезень [13].

5. Косов, О. В. (2017). «Застосування транспортних мереж для зниження витрат на доставку будівельних матеріалів.» Логістичні інновації, 9(2), 150-159 – вивчення ефективності транспортних мереж та логістичних схем для оптимізації витрат на доставку будівельних матеріалів [14].

6. Мельник, І. С., та ін. (2022). «Логістичні стратегії для скорочення часу доставки будівельних матеріалів у кризовий період.» Журнал транспортної економіки. Описує дослідження з вдосконалення логістичних стратегій для підвищення швидкості доставки матеріалів у надзвичайних умовах [15].

Виконав	Куртєв А.К.								Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.				КРМ	275	17	ПЗ	19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

7. Чекалін, Д. О. (2020). «Інтеграція транспортних систем для оптимізації перевезень будівельних матеріалів.» Наукові праці в галузі транспорту та логістики. Проведена ефективності інтеграції різних транспортних засобів та систем для підвищення ефективності доставки матеріалів [16].

Ці праці охоплюють різні аспекти удосконалення транспортно-логістичних процесів у будівельній сфері, зокрема використання нових технологій, моделювання та автоматизації. Для більш конкретної інформації і точних цитувань вам слід звернутися до наукових журналів або баз даних [8].

Також важливим постає питання логістичних проблем. Зруйнована інфраструктура ускладнює організацію вантажних перевезень. Окрім фізичних пошкоджень доріг і мостів, існує додатковий ризик для безпеки водіїв та транспортних засобів через постійні обстріли та мінування територій. За даними Міністерства оборони України, у зоні активних бойових дій значні території заміновані, що створює додаткові складнощі для логістичних операцій.

Дефіцит пального також стає критичним викликом для логістичних компаній. Після масованих ракетних ударів по нафтобазах та енергетичній інфраструктурі, ціни на пальне в Україні значно зросли, що збільшує вартість транспортування вантажів. За оцінками експертів, у 2023 році вартість перевезення вантажів зросла на 30-40% через подорожчання пального та додаткові витрати на безпеку [9].

Опишемо організацію перевезень будівельних матеріалів (основні приклади та стратегії). На практиці перевізники застосовують різні стратегії для оптимізації маршрутів та зменшення ризиків. Наприклад, у Дніпропетровській області, де дороги були частково пошкоджені, використовуються змішані транспортні ланцюги, що включають залізничні перевезення та автомобільні маршрути. Це дозволяє уникати небезпечних зон і забезпечувати доставку вантажів з мінімальними втратами часу [9].

Окрім того, використання маятникових маршрутів та організація конвоїв для підвищення безпеки є важливою складовою у зонах підвищеного ризику. Наприклад, на маршрутах з Дніпра до Запорізької та Херсонської областей

Виконав	Куртєв А.К.								Арк.	
Перевірив	Леснікова І.Ю.					КРМ	275	17	ПЗ	20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

організовані регулярні конвої з будівельними матеріалами, які супроводжуються підрозділами територіальної оборони, що дозволяє знизити ризик нападу на транспортні засоби [8].

Основними рекомендаціями щодо підвищення ефективності перевезень під час війни є наступні:

Для підвищення ефективності перевезень будівельних матеріалів у воєнний час можна запропонувати кілька важливих заходів:

1. Використання цифрових технологій для моніторингу маршрутів: системи GPS, трекінг вантажів у реальному часі та автоматизоване планування маршрутів допомагають логістичним компаніям адаптуватися до змін на полі бою.

2. Координація з військовими та місцевими адміністраціями: важливо забезпечити ефективну взаємодію між державними органами та приватними перевізниками для оптимізації маршрутів та забезпечення безпеки вантажів [7].

3. Створення резервних транспортних коридорів: для зменшення затримок у постачанні будівельних матеріалів потрібно заздалегідь розробляти альтернативні маршрути, враховуючи можливі руйнування ключових шляхів.

4. Інвестування в безпеку транспорту: бронювання вантажівок та охорона конвоїв є важливими для забезпечення безпеки вантажів у зонах підвищеного ризику [9].

Отже, організація вантажних перевезень будівельних матеріалів під час воєнних дій є складним завданням, яке вимагає від транспортних компаній постійної адаптації до умов. Основні виклики включають зруйновану інфраструктуру, дефіцит пального, ризики для безпеки водіїв та вантажів. Проте, завдяки активній координації з військовими адміністраціями, використанню цифрових рішень для планування маршрутів та впровадженню нових логістичних підходів, можна забезпечити ефективну доставку будівельних матеріалів до зон, які потребують відбудови.

Виконав	Куртєв А.К.								Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.								21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

## 2 РОЗРОБКА МАРШРУТІВ ДОСТАВКИ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ПІДСТАВІ МЕТОДІВ ЛІНІЙНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

### 2.1 Постановка завдання

У даній кваліфікаційній роботі магістра розглядається завдання з удосконалення транспортно-логістичної схеми перевезення будівельних матеріалів у Дніпропетровській області на основі кластерного аналізу.

Для цього необхідно вирішити наступні завдання:

1. Проаналізувати статистичні дані щодо попиту на будівельні матеріали.
2. Проаналізувати наукові праці, присвячені удосконаленню транспортно-логістичних схем перевезень будівельних матеріалів.
3. Побудувати математичну та фізичну моделі транспортної задачі.
4. Розробити маршрути перевезення за методом комівояжеру
5. Визначити техніко-експлуатаційні показники роботи автомобілів на маршрутах
6. Моделювання оптимальних розвізних маршрутів у межах Дніпропетровської області на підставі формування кластерів та пошук найкоротших відстаней, з урахуванням невизначеності розподілу товарів у кластерах.

Більш доцільно буде розглядатися друга частина транспортно-логістичної схеми, яка передбачає розробку математичної моделі та проведення досліджень за наступних умов: склад зберігання будівельних матеріалів знаходиться у місті Дніпро. Даний склад обслуговує 18 підприємств, які знаходяться в Дніпропетровській області. Тож, маючи невизначеність кластерів та розподілу с підприємств у кластери, необхідно сформуванати 6 кластерів на території Дніпропетровської області та на їх основі сформуванати оптимальні маршрути перевезення вантажу.

Виконав	Куртєв А.К.								Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.								22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

## 2.2 Побудова математичної моделі транспортної задачі

Транспортні задачі є важливим класом оптимізаційних задач, математична модель яких відповідає моделі задачі лінійного програмування. Це, як правило, задачі пошуку оптимального плану перевезення готової продукції. Однак деякі задачі, які зводяться до моделі транспортної задачі, наприклад, планування виробництва, управління запасами, рух капіталу, тощо насправді не мають нічого спільного з транспортуванням, але до них можна застосовувати ті ж самі методи, що й для транспортної задачі.

Оскільки транспортна задача насправді є задачею лінійного програмування, її розв'язок можна знайти за допомогою симплекс-методу або будь-якого іншого аналітичного методу.

Змістовно транспортна задача полягає у відшукуванні найбільш дешевого плану перевезень деякого однорідного продукту з пунктів із заданими запасами цього продукту у пункти з відомими потребами у ньому за умови, що перевезення продукту можливе з кожного пункту зберігання у кожний пункт використання та відома вартість перевезення одиниці продукту за кожним таким маршрутом

Транспортна задача – це математична задача лінійного програмування спеціального вигляду про пошук оптимального розподілу однорідних об'єктів з мінімізацією витрат на переміщення [17].

Розв'язування транспортної задачі починається з пошуку допустимого початкового рішення (опорний план перевезень), щоб всі запаси постачальників були розподілені по споживачам. Допустиме початкове рішення не обов'язково виявляється оптимальним, а метод його знаходження може бути як простим (метод північно-західного кута або аналоги) або більш складним і наближеним до оптимального рішення (мінімальних тарифів, метод Фогеля) [18].

У кваліфікаційній роботі магістра розглянуто та проаналізовано математичну модель класичної транспортної та наступні методи оптимізації транспортних перевезень: метод північно-західного кута, метод мінімальної

Виконав	Куртєв А.К.								Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.								23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

вартості (мінімальних тарифів) та метод потенціалів для визначення оптимального плану перевезення.

Транспортна задача – це специфічна задача лінійного програмування, застосовувана для визначення найекономічнішого плану перевезення однорідної продукції від постачальників до споживачів [18]. Математична модель транспортної задачі має такий вигляд:

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} \cdot x_{ij} \rightarrow \min \quad (2.1)$$

за обмежень:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i (i = \overline{1, m}) \quad (2.2)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j (j = \overline{1, n}) \quad (2.3)$$

$$x_{ij} \geq 0 (i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n};) \quad (2.4)$$

де  $x_{ij}$  – кількість продукції, що перевозиться від і-го постачальника до j-го споживача;

$c_{ij}$  – вартість перевезення одиниці продукції від і-го постачальника до j-го споживача;

$a_i$  – запаси продукції і-го постачальника;

$b_j$  – попит на продукцію j-го споживача.

Якщо в транспортній задачі загальна кількість продукції постачальників дорівнює загальному попиту всіх споживачів, тобто

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j \quad (2.5)$$

Виконав	Куртєв А.К.								Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.				КРМ	275	17	ПЗ	24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					



то таку транспорту задачу називають збалансованою, або закритою. Якщо ж така умова не виконується, то транспортну задачу називають незбалансованою, або відкритою [17].

Планом транспортної задачі називають будь-який невід’ємний розв’язок системи обмежень (2.2) – (2.4) транспортної задачі, який позначають матрицею

$$X = (x_{ij}^*) \quad (i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n};) \quad (2.6)$$

Оптимальним планом транспортної задачі називають матрицю:

$$X^* = (x_{ij}^*) \quad (i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n};) \quad (2.7)$$

яка задовольняє умови задачі і для якої цільова функція (2.1) набуває найменшого значення.

Початкові дані транспортної задачі записуються у вигляді таблиці, яка наведена на рисунку 2.1.

Пункти відправлення	Пункти призначення					Запаси
	$B_1$	...	$B_j$	...	$B_n$	
$A_1$	$C_{11}$	...	$C_{1j}$	...	$C_{1n}$	$a_1$
	$x_{11}$	...	$x_{1j}$	...	$x_{1n}$	
...	...	...	...	...	...	...
$A_i$	$C_{i1}$	...	$C_{ij}$	...	$C_{in}$	$a_i$
	$x_{i1}$	...	$x_{ij}$	...	$x_{in}$	
...	...	...	...	...	...	...
$A_m$	$C_{m1}$	...	$C_{mj}$	...	$C_{mn}$	$a_m$
	$x_{m1}$	...	$x_{mj}$	...	$x_{mn}$	
Потреби	$b_1$	...	$b_j$	...	$b_n$	

Рисунок 2.1 – Вигляд початкових даних транспортної задачі [18]

### 2.3 Побудова фізичної моделі транспортної задачі. Розробка маршрутів за методом Комівояжеру

Згідно отриманого завдання у даній кваліфікаційній роботі магістра у першій частині буде розглянуто доставку будівельних матеріалів від трьох постачальників (склади у місті Дніпро) до трьох споживачів, що знаходяться у зоні обстрілів та мають постійну потребу у таких вантажах (м. Нікополь, м. Марганець та с. Покровське Нікопольського району).

Визначимо початкові дані.

Постачальник 1: АКС І К ТОВ ВКФ, розташований за адресою: проспект Праці, 10, м. Дніпро, Дніпропетровська область, 49000. Основний напрямок діяльності – реалізація цементу, цегли, крейди, піску та щебеню.

Постачальник 2: гуртовий магазин будівельних матеріалів КУБ, знаходиться на вулиці Стартовій, 7, м. Дніпро, Дніпропетровська область, 49127.

Постачальник 3: Строймакс Дніпро, що розміщений на Запорізькому шосе, 32, м. Дніпро, Дніпропетровська область, 49000 [19].

Таблиця 2.1 – Вихідна матриця відстаней

	Дніпро	Марганець	Нікополь	Покровське
Дніпро	X	115	122	127
Марганець	115	X	28	37
Нікополь	122	28	X	21
Покровське	127	37	21	X

Оскільки всі постачальники базуються в місті Дніпро або його околицях, для подальших розрахунків будемо брати до уваги відстань від Дніпра до кінцевих споживачів:

споживач 1 – м. Марганець,

споживач 2 – м. Нікополь,

споживач 3 – с. Покровське Нікопольського району Дніпропетровської

Виконав	Куртєв А.К.				КРМ 275 17 ПЗ	Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.					26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

області.

У таблиці 2.2 наведено матрицю відстаней, складену за допомогою сервісу [19].

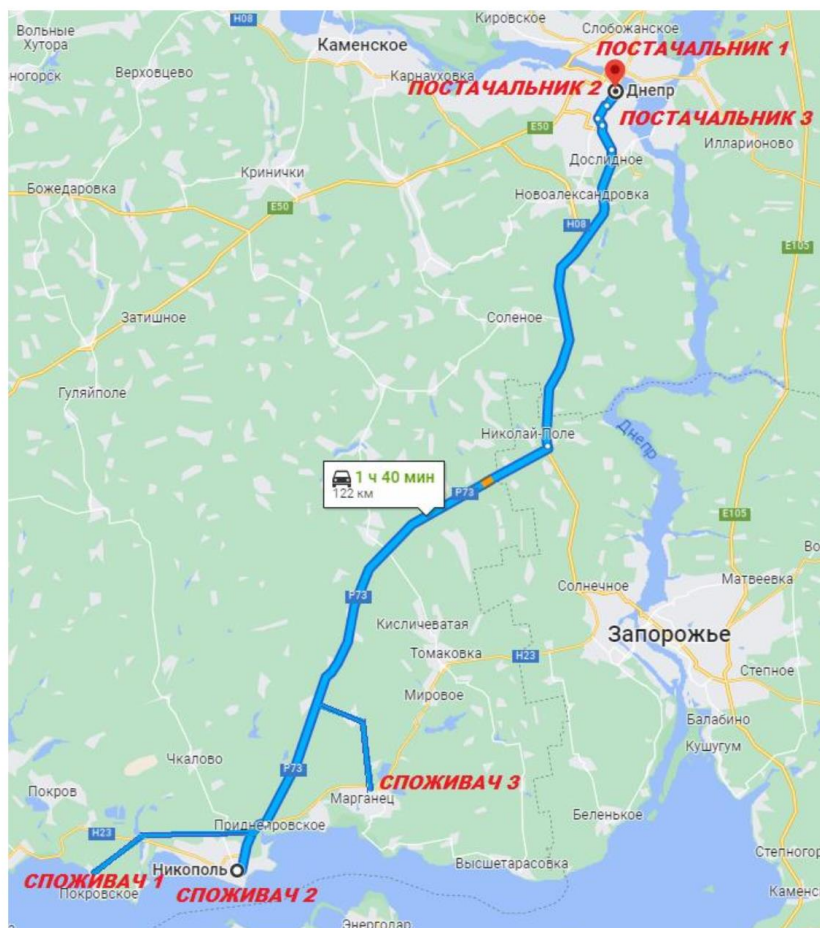


Рисунок 2.2 – Схема розташування постачальників та споживачів будівельних вантажів [Побудовано автором]

Для розв'язання задачі комівояжера визначимо оптимальний порядок відвідування обраних споживачів. Почнемо з попереднього етапу рішення. Спершу необхідно знайти мінімальні значення у кожному рядку початкової матриці (ці значення будуть записані у зеленій колонці праворуч від матриці 1). Після цього, від кожного елемента матриці віднімаємо знайдені мінімальні значення, що дозволить отримати проміжну матрицю. На наступному етапі, у

Виконав	Куртєв А.К.							Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.				КРМ	275	17	ПЗ
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				27

новій матриці, шукаємо найменші значення у кожному стовпці (ці числа будуть записані в синьому рядку нижче матриці, як показано в таблиці 2.2).

Цей метод дозволяє поступово зменшити значення матриці та наблизитися до оптимального розв'язку задачі комівояжера, що визначає найкоротший шлях для відвідування всіх споживачів.

Таблиця 2.2 – Початкова матриця 1

	1	2	3	4	
1	M	115 <sub>0</sub>	122 <sub>7</sub>	127 <sub>12</sub>	115
2	115 <sub>0</sub>	M	28 <sub>87</sub>	37 <sub>78</sub>	115
3	122 <sub>0</sub>	28 <sub>94</sub>	M	21 <sub>101</sub>	122
4	127 <sub>0</sub>	37 <sub>90</sub>	21 <sub>106</sub>	M	127
	0	-94	-106	-101	178

Знаходимо суму найменших значень у рядках та стовпцях, і присвоюємо отримане значення змінній D, де:  $D = 178$ .

Для проміжної матриці 2 поелементно віднімаємо найменші значення з кожного стовпця. Таким чином, у кожному рядку та стовпчику забезпечуємо наявність хоча б одного нуля. Далі, для кожного нуля в матриці розраховуємо суму мінімальних значень у відповідних рядках і стовпцях, виключаючи самі нулі. Ці обчислені значення записуємо в круглі дужки (див. табл. 2.3).

Ітерація 1: Продовжуємо рішення, орієнтуючись на нуль із найвищою оцінкою, розрахованою на попередньому етапі. Індекс, під яким знаходиться цей нуль, вказує на ребро для розгалуження. Далі необхідно вирішити, чи потрібно включати це ребро до загального маршруту чи від нього слід відмовитися.

Таблиця 2.3 – Проміжна матриця 2

	1	2	3	4
1	M	94	113	113
2	0(19)	M	19	23
3	0(0)	0(4)	M	0(23)
4	0(0)	4	0(19)	M

Щоб перевірити, наскільки зросте вартість переміщення за маршрутом без поточного ребра розгалуження, проводимо заміну нуля з найвищою оцінкою на MMM (нескінченність). Після цього виконуємо редукцію матриці.

Редукція матриці здійснюється в такий спосіб: спершу в початковій матриці визначаємо мінімальні значення в кожному рядку та поелементно віднімаємо їх від усіх елементів відповідного рядка. У результаті отримуємо матрицю 3, для якої аналогічно визначаємо мінімальні значення вже у кожному стовпці. Після цього мінімальні значення віднімаємо від усіх елементів відповідних стовпців (див. табл. 2.4).

Таблиця 2.4 – Проміжна матриця 3

	1	2	3	4	
1	M	94 <sub>0</sub>	113 <sub>19</sub>	113 <sub>0</sub>	94
2	0 <sub>0</sub>	M	19 <sub>19</sub>	23 <sub>4</sub>	0
3	0 <sub>0</sub>	0 <sub>0</sub>	M	M	0
4	0 <sub>0</sub>	4 <sub>4</sub>	0 <sub>0</sub>	M	0
	0	0	0	19	113

Почнемо з визначення суми найменших значень за рядками та стовпцями, щоб оцінити, наскільки збільшиться вартість пересування маршрутом без поточного ребра розгалуження. Для цього обчислюємо значення функції  $H(3^*, 4^*) = 113$

Далі перевіряємо, як зміниться вартість пересування, якщо додати поточне ребро розгалуження до загального маршруту. На основі цих даних приймаємо рішення: чи варто включати це ребро в загальний шлях, чи буде вигідніше обрати інший варіант маршруту.

Перевірку проводимо шляхом виключення з матриці  $i$ -го рядка та  $j$ -го стовпця, де  $i$  та  $j$  — це індекси елемента, стосовно якого проводиться рішення. Після виключення, елемент у матриці, який розташований на позиції, зворотній до того, що розглядається, замінюється на  $M$  (нескінченність).

Далі обчислюємо найменші значення за рядками та стовпцями нової матриці (матриця 4). Для кожного нуля в цій матриці обчислюємо суму найменших значень у відповідних рядках і стовпцях, не враховуючи самі нулі. Ці отримані значення записуються в круглі дужки (див. табл. 2.5), щоб визначити, наскільки доцільно додавати поточне ребро до маршруту.

Таблиця 2.5 – Проміжна матриця 4

	1	2	3	
1	M	0(23)	19	0
2	0(19)	M	19	0
4	0(4)	4	M	0
	0	0	19	19

Знаходимо суму найменших значень за рядками та стовпцями і таким чином визначаємо відстань доставки через поточне ребро розгалуження.

$$H(3,4) = 19$$

Оскільки  $H(3,4) \leq H(3^*, 4^*)$ , то включаємо це ребро у загальний шлях,  
 $D = 178 + 19$

На другій ітерації ми продовжуємо рішення, обираючи нуль із найбільшою оцінкою, розрахованою на попередньому етапі. Індекс цього нуля визначає ребро розгалуження, яке ми маємо перевірити на доцільність додавання до загального шляху.

Щоб оцінити, наскільки збільшиться відстань пересування без поточного ребра, виконуємо перевірку. Для цього замінюємо нуль із найбільшою оцінкою на MMM (нескінченність), після чого проводимо редукцію матриці. Процес редукції матриці включає пошук мінімальних значень у кожному рядку вихідної матриці, які потім поелементно віднімаються від усіх елементів рядка. Далі, в отриманій матриці (матриця 5, представлена в таблиці 2.6), мінімальні значення визначаються для кожного стовпця, і ці значення також віднімаються від кожного елемента стовпця.

Ці кроки дозволяють оцінити, чи потрібно включати поточне ребро в загальний маршрут або відмовитися від нього для мінімізації відстані переміщення.

Таблиця 2.6 – Проміжна матриця 5

	1	2	3	
1	M	M	0 <sub>0</sub>	0
2	0 <sub>0</sub>	M	0 <sub>0</sub>	0
4	0 <sub>0</sub>	4 <sub>0</sub>	M	0
	0	4	0	4

Знаходимо суму найменших значень за рядками та стовпцями і таким чином визначаємо, наскільки збільшиться відстань доставки маршрутом без поточного ребра розгалуження  $-H(1^*, 2^*) = 4$

Щоб перевірити, наскільки збільшиться відстань доставки при додаванні поточного ребра розгалуження до загального шляху, проводимо відповідні розрахунки. На основі цих даних ми приймаємо рішення — додати ребро до загального маршруту чи вибрати інший шлях.

Перевірка виконується таким чином: з матриці виключаються рядок  $i$  і стовпець  $j$ , де  $i$  та  $j$  відповідають індексу елемента, щодо якого приймається рішення. В отриманій матриці елемент, індекс якого є зворотним до індексу цього елемента, замінюється на  $M$  (нескінченність).

Далі проводимо редукцію матриці: спочатку визначаємо найменші значення для кожного рядка та стовпця матриці  $b$ . Після цього, для кожного нуля матриці обчислюємо суму найменших значень у відповідних рядках і стовпцях, виключаючи самі нулі. Отримані значення записуються у круглі дужки (див. табл. 2.7). Це дозволить зробити подальші висновки щодо оптимізації маршруту.

Таблиця 2.7 – Підсумкова матриця  $b$

	1	3	
2	M	$0_0$	0
4	$0_0$	M	0
	0	0	0

Знаходимо суму найменших значень за рядками та стовпцями і таким чином визначаємо відстань перевезення через поточне ребро розгалуження.

$$H(1,2) = 0$$

Оскільки  $H(1,2) \leq H(1^*, 2^*)$ , то включаємо це ребро у загальний шлях.

Отже, отримаємо наступу відповідь – довжина всього маршруту:

$$D = 178 + 19 + 0 + 0 + 0 = 197 \text{ rv}$$

$$\text{Маршрут: } H(1,2) \Rightarrow H(2,3) \Rightarrow H(3,4) \Rightarrow H(4,1)$$



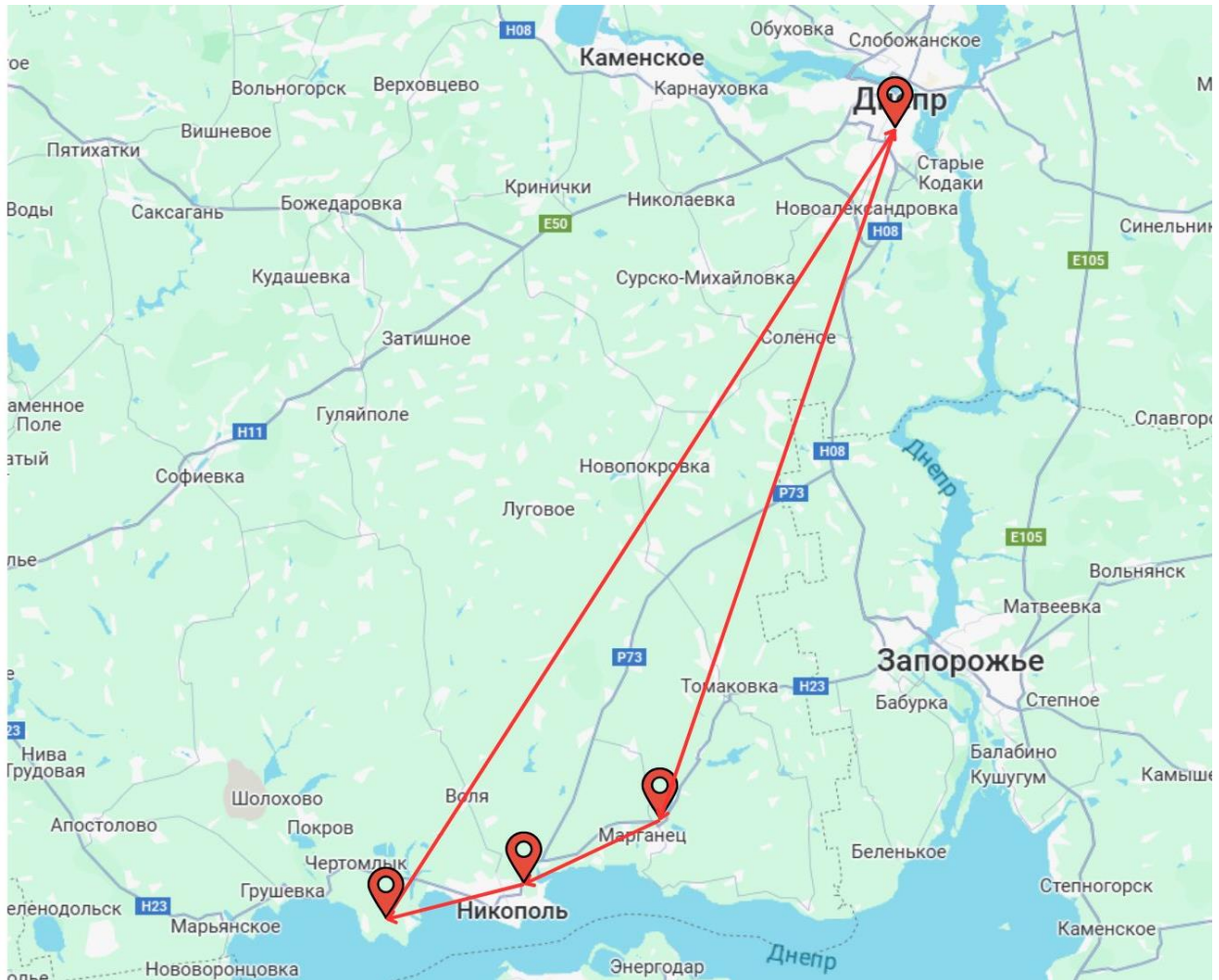


Рисунок 2.3 – Отриманий маршрут перевезення вантажу [19]

Тоді, відстані для маятникових маршрутів складають: 115 км для маршруту №1 (Дніпро-Марганець), 122 км для маршруту №2 (Дніпро-Нікополь) та 127 км для маршруту №3 (Дніпро-Покровське).

Наступним кроком даної кваліфікаційної роботи магістра буде визначення техніко-експлуатаційних показників роботи автомобілів на маятникових маршрутах.

Виконав	Куртєв А.К.							Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.				КРМ	275	17	ПЗ
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				33

### 3 ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ АВТОМОБІЛІВ НА МАРШРУТІ

Згідно з попередньо визначеними даними, відстані для маятникових маршрутів складають: 115 км для маршруту №1 (Дніпро-Марганець), 122 км для маршруту №2 (Дніпро-Нікополь) та 127 км для маршруту №3 (Дніпро-Покровське). Наступним етапом у дослідженні буде розрахунок техніко-експлуатаційних показників для транспортних засобів, що обслуговують ці маршрути.

На першому етапі необхідно вибрати модель автомобіля, що підходить для роботи на маятникових маршрутах. Зважаючи на специфіку перевезень, оптимальним варіантом є бортовий автомобіль Mercedes-Benz Atego, здатний перевозити вантажі до 10 тонн (див. рис. 3.1 та 3.2). Цей автомобіль широко використовується для транспортування будівельних матеріалів, металевих конструкцій та інших вантажів. Бортовий Mercedes-Benz Atego з довжиною кузова 7,2 метри добре підходить для перевезення палет із цеглою, піно- і газоблоками, а також для транспортування будівельних вагончиків, металопрокату (арматури, профілю, труб, куточків, швелерів).

Таблиця 3.1 – Основні характеристики вантажного автомобіля Mercedes-Benz Atego [20]

Характеристики	Значення
Вантажопідйомність	10 т
Кузов (довжина/ширина/висота)	7.2/2.35/0.6 м
Габарити (довжина/ширина/висота)	9.5/2.5/2.8 м

Виконав	Куртєв А.К.								Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.				КРМ	275	17	ПЗ	34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					



Рисунок 3.1 – Зовнішній вигляд. автомобіля Mercedes-Benz Atego 2425 [20]

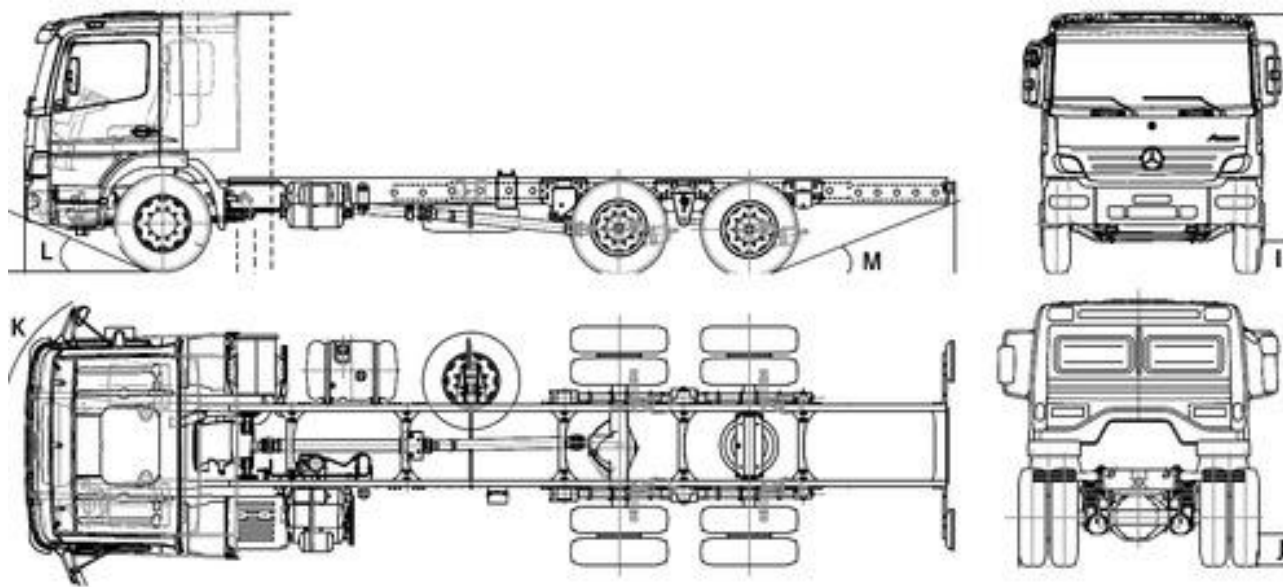


Рисунок 3.2 – Схематичне зображення вантажного автомобіля Mercedes-Benz Atego 2425 (2010) [20]

Альтернативою трьом маятниковим маршрутам, описаним раніше, є один розвізний маршрут, розроблений у попередніх розділах цієї

Виконав	Куртєв А.К.				КРМ	275	17	ПЗ	Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.			35					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

кваліфікаційної роботи магістра. Враховуючи логіку та потреби перевезення більшої кількості вантажу, для цього маршруту необхідно використовувати автомобіль з більшою вантажопідйомністю. Для цієї мети пропонується використання DAF XF105-4100, вантажопідйомність якого складає до 20 тонн (див. рис. 3.3 та 3.4). Цей тягач з напівпричепом довжиною 13,7 метра є ідеальним для транспортування побутівок, труб, арматури, а також палет з блоками.



Рисунок 3.3 – Укладання будівельних матеріалів на автомобіль DAF XF105-4100 з напівпричепом [21]

Для перевезення труб на причепі автомобіля використовуються металеві стійки, які запобігають тиску труб на борти за рахунок їхньої ваги. При транспортуванні побутівок, ширина яких перевищує 2,5 метри, бічні борти відкриваються. Основні технічні характеристики вибраного транспортного засобу наведені в таблиці 3.2.

Виконав	Куртєв А.К.								Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.				КРМ	275	17	ПЗ	36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Таблиця 3.2 – Основні характеристики вантажного автомобіля DAF XF105-4100 [22]

Характеристики	Значення
Вантажопідйомність	20 т
Платформа (довжина/ширина/висота)	13.7/2.5/0.5 м
Габарити (довжина/ширина/висота)	17/2.5/3.3 м
Додатково	Стійки

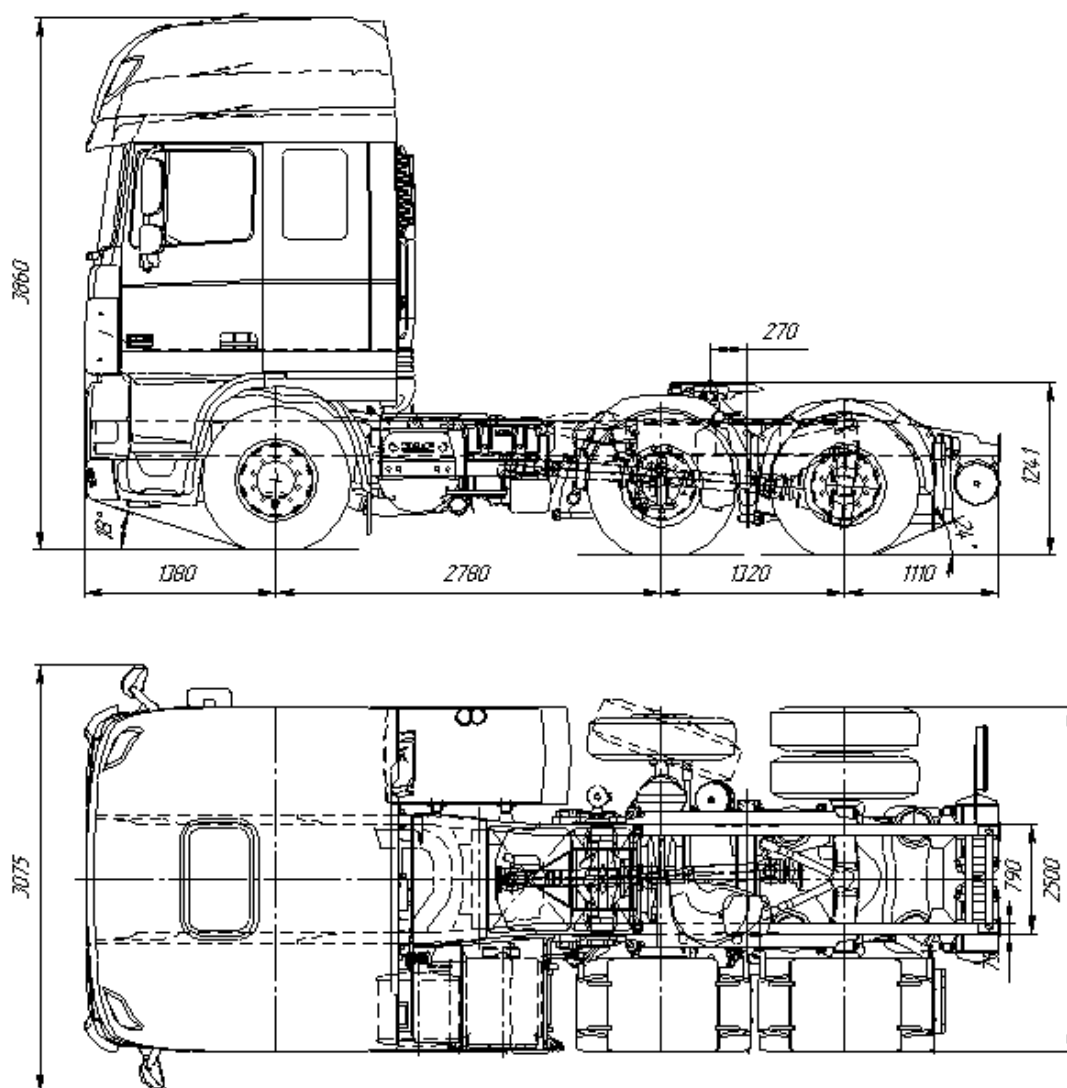


Рисунок 3.4 – Креслення тягача DAF XF105-4100 [22]

Виконав	Куртєв А.К.				КРМ 275 17 ПЗ	Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.					37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунки здійснюються в такій послідовності [23].

1. Час, витрачений автомобілем на оборот за маршрутом:

$$t_{об} = \frac{l_{ег}}{V_m \cdot \beta_e} + t_{n-p} \text{ (ГОД.)} \quad (3.1)$$

де:  $l_{ег}$  - відстань від пункту навантаження до пункту розвантаження (довжина їздки з вантажем), км;

$V_m$  - середня технічна швидкість, км/год.; приймається 60 км/год.

$\beta_e$  - коефіцієнт використання пробігу за їздки  $\beta_e = 0,5$  на простих маятникових маршрутах);

$t_{n-p}$  - норма часу на навантаження і розвантаження за поїздку, год.; приймається 0,5 год.

Для маршруту №1:  $t_{об1} = 4,3$  год.

Для маршруту №2:  $t_{об2} = 4,6$  год.

Для маршруту №3:  $t_{об3} = 4,8$  год.

2. Добовий пробіг автомобіля:

$$L_{сум} = 2 \cdot l_m \text{ (КМ)} \quad (3.2)$$

де  $l_m$  - довжина маршруту.

Для маршруту №1:  $L_{сум1} = 230$  км.

Для маршруту №2:  $L_{сум2} = 244$  км.

Для маршруту №3:  $L_{сум3} = 254$  км.

3. Пробіг автомобіля з вантажем за день:

$$L_{гр} = l_{ег} \cdot Z_{об} \text{ (КМ)} \quad (3.3)$$

Виконав	Куртєв А.К.								Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.				КРМ	275	17	ПЗ	38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

де  $Z_{об}$  - кількість оборотів, або кількість їздок за день. Виходячи з часу, витраченого автомобілем на оборот за маршрутом,  $Z_{об} = 2$

Для маршруту №1:  $L_{gp1} = 460$  км.

Для маршруту №2:  $L_{gp2} = 488$  км.

Для маршруту №3:  $L_{gp3} = 508$  км.

4. Коефіцієнт використання пробігу за день:

$$\beta = \frac{L_{gp}}{L_{сум}} \quad \beta = \frac{L_{гр}}{L_{сум}} \quad (3.4)$$

Для маршруту №1:  $\beta_1 = 0,5$ .

Для маршруту №2:  $\beta_2 = 0,5$ .

Для маршруту №3:  $\beta_3 = 0,5$ .

5. Кількість їздок за день:

$$n_{ег} = Z_{об} \quad (3.5)$$

Для маршруту №1:  $n_{ег1} = 2$ .

Для маршруту №2:  $n_{ег2} = 2$ .

Для маршруту №3:  $n_{ег3} = 2$ .

6. Добова продуктивність автомобіля:

а) у тонах

$$W_{Qсум} = q_n \cdot \gamma_c \cdot n_{ег}, (т) \quad (3.6)$$

де:  $q_n$  - вантажопідйомність автомобіля, т, дорівнює 10 т.

$\gamma_c$  - статистичний коефіцієнт використання вантажопідйомності автомобіля.

Для маршруту №1:  $W_{Qсум1} = 10 \cdot 0,65 \cdot 1 = 6,5, (т)$

Виконав	Куртєв А.К.				КРМ 275 17 ПЗ	Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.					39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для маршруту №2:  $W_{Q_{\text{сум}2}} = 10 \cdot 0,6 \cdot 1 = 6,0$ , (т)

Для маршруту №3:  $W_{Q_{\text{сум}3}} = 10 \cdot 0,55 \cdot 1 = 5,5$ , (т)

б) у тонно-кілометрах

$$W_{P_{\text{сум}}} = q_n \cdot \gamma_c \cdot n_{\text{ег}} \cdot l_{\text{гр}}, \text{ (т - км)} \quad (3.7)$$

на простих маятникових маршрутах  $l_{\text{гр}} = l_{\text{ег}}, \gamma_d = \gamma_c$

Для маршруту №1:  $W_{P_{\text{сум}1}} = 2990$  т – км.

Для маршруту №2:  $W_{P_{\text{сум}2}} = 2928$  т – км.

Для маршруту №3:  $W_{P_{\text{сум}3}} = 2794$  т – км.

7. Експлуатаційна швидкість:

$$V_e = \frac{L_{\text{сум}}}{T_{\text{н.ф.}}}, \left( \frac{\text{км}}{\text{год}} \right) \quad (3.8)$$

Для маршруту №1:  $V_{e1} = 26,7$  км/год.

Для маршруту №2:  $V_{e2} = 26,5$  км/год.

Для маршруту №3:  $V_{e3} = 24,0$  км/год.

8. Потрібна кількість автомобілів для кожного з маятникових маршрутів складає один автомобіль. Середні і підсумкові показники будуть наступними.

9. Експлуатаційна кількість автомобілів:

$$A_e = A_{e1} + A_{e2} + A_{e3} \text{ (од.)} \quad (3.9)$$

де: 1, 2, 3, – індекс маршруту;

$$A_e = 1 + 1 + 1 = 3 \text{ (од.)}$$

10. Загальний пробіг усіх автомобілів:

$$L_{\text{общ}} = A_{e1} \cdot L_{\text{сум}1} + A_{e2} \cdot L_{\text{сум}2} + A_{e3} \cdot L_{\text{сум}3} \text{ (км)} \quad (3.10)$$

Виконав	Куртєв А.К.								Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.				КРМ	275	17	ПЗ	40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					



$$L_{\text{общ}} = 1 \cdot 230 + 1 \cdot 244 + 1 \cdot 254 = 728 \text{ (км)}$$

11. Навантажений пробіг всіх автомобілів:

$$\sum L_{\text{гр}} = A_{e1} \cdot L_{\text{гр1}} + A_{e2} \cdot L_{\text{гр2}} + A_{e3} \cdot L_{\text{гр3}} \text{ (км)} \quad (3.11)$$

$$\sum L_{\text{гр}} = 1 \cdot 115 + 1 \cdot 122 + 1 \cdot 127 = 364 \text{ (км)}$$

14. Коефіцієнт використання пробігу за добу:

$$\beta_{\text{сум}} = \frac{\sum L_{\text{гр}}}{L_{\text{общ}}} \quad (3.12)$$

$$\beta_{\text{сум}} = 0,5.$$

12. Середньодобовий пробіг автомобіля:

$$L_{\text{сс}} = \frac{L_{\text{общ}}}{A_e} \text{ (км)} \quad (3.13)$$

$$L_{\text{сс}} = 242,7 \text{ км.}$$

13. Автомобіле-години в експлуатації:

$$AЧ_3 = A_{э1} \cdot T_{\text{нф1}} + A_{э2} \cdot T_{\text{нф2}} + A_{э3} \cdot T_{\text{нф3}}, \text{ (авто – год.)} \quad (3.14)$$

$$AЧ_3 = 1 \cdot 8,6 + 1 \cdot 9,2 + 1 \cdot 10,6 = 28,4 \text{ (авто – год.)}$$

14. Середній час в наряді:

$$T_{\text{н.ср}} = \frac{AЧ_3}{A_3} \text{ (год.)} \quad (3.15)$$

$$T_{\text{н.ср}} = 9,5 \text{ год.}$$

15. Середня експлуатаційна швидкість:

$$V_{э.ср} = \frac{L_{\text{общ}}}{AЧ_3} \text{ (км/год)} \quad (3.16)$$

$$V_{э.ср} = 25,6 \text{ км/год}$$

16. Середня продуктивність автомобіля в тонах:

Виконав	Куртєв А.К.								Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.				КРМ	275	17	ПЗ	41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$W_{Q\text{сум.ср.}} = \frac{\sum Q_{\text{пл}}}{A_3} \text{ (т)} \quad (3.17)$$

$$W_{Q\text{сум.ср.}} = \frac{7,2}{3} = 2,4 \text{ т}$$

17. Середньогодинний виробіток автомобіля у тонах:

$$W_{\text{час.ср.}} = \frac{\sum Q_{\text{пл}}}{A_{\text{Ч}_3}} \text{ (т/ГОД)} \quad (3.18)$$

$$W_{\text{час.ср.}} = 0,28 \text{ т/год}$$

Для розвізного маршруту Дніпро-Марганець-Нікополь-Покровське довжина становить 291 км (згідно даних таблиці 3.1). Далі за формулами (3.1-3.18), виконуються розрахунки для розвізного маршруту.

1. Час, витрачений автомобілем на оборот за маршрутом:

$$t_{\text{об}} = 11,2 \text{ год.}$$

2. Добовий пробіг автомобіля:

$$L_{\text{сум}} = 291 \text{ км.}$$

3. Пробіг автомобіля з вантажем за день:

$$L_{\text{ср}} = 164 \text{ км.}$$

4. Коефіцієнт використання пробігу за день:

$$\beta = 0,56.$$

5. Кількість їздок за день:

$$n_{\text{ез1}} = 1$$

6. Добова продуктивність автомобіля:

а) у тонах

де:  $q_n$  - вантажопідйомність автомобіля, т, дорівнює 20 т.

$$W_{Q\text{сум1}} = 20 \times 0,56 \times 1 = 112 \text{ т.}$$

б) у тоно-кілометрах 3259

$$W_{P\text{сум}} = 3259 \text{ км}$$

Виконав	Куртєв А.К.								Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.				КРМ	275	17	ПЗ	42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

7. Експлуатаційна швидкість:

$$V_e = 26,0 \text{ км/год.}$$

8. Експлуатаційна кількість автомобілів – 1.

9. Коефіцієнт використання пробігу за добу:

$$\beta_{сут} = 0,56$$

10. Середня продуктивність автомобіля в тонах:

$$W_{Qсут.ср.} = 19,2 \text{ т.}$$

11. Середньогодинний виробіток автомобіля у тонах:

$$W_{час.ср.} = 0,58 \text{ т/год.}$$

Отже, можна зробити висновок, що один розвізний маршрут є більш ефективним, ніж три маятникові (див. рис. 3.5). Однак у умовах активних воєнних дій пріоритет можуть мати інші фактори, такі як необхідність термінової доставки будівельних матеріалів до місця споживання. Тому отримані критерії мають відносний характер і потребують коригування при кожній новій організації перевезень.

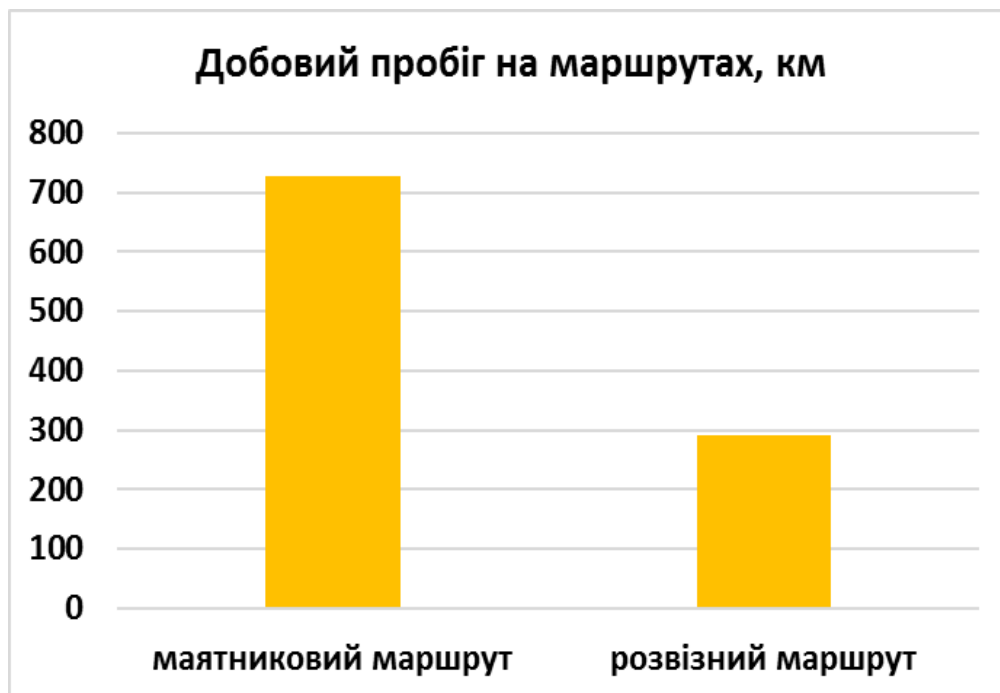


Рисунок 3.5 – Порівняння добового пробігу на маятникових та розвізних маршрутах, км [Побудовано автором]

Виконав	Куртєв А.К.								Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.				КРМ	275	17	ПЗ	43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

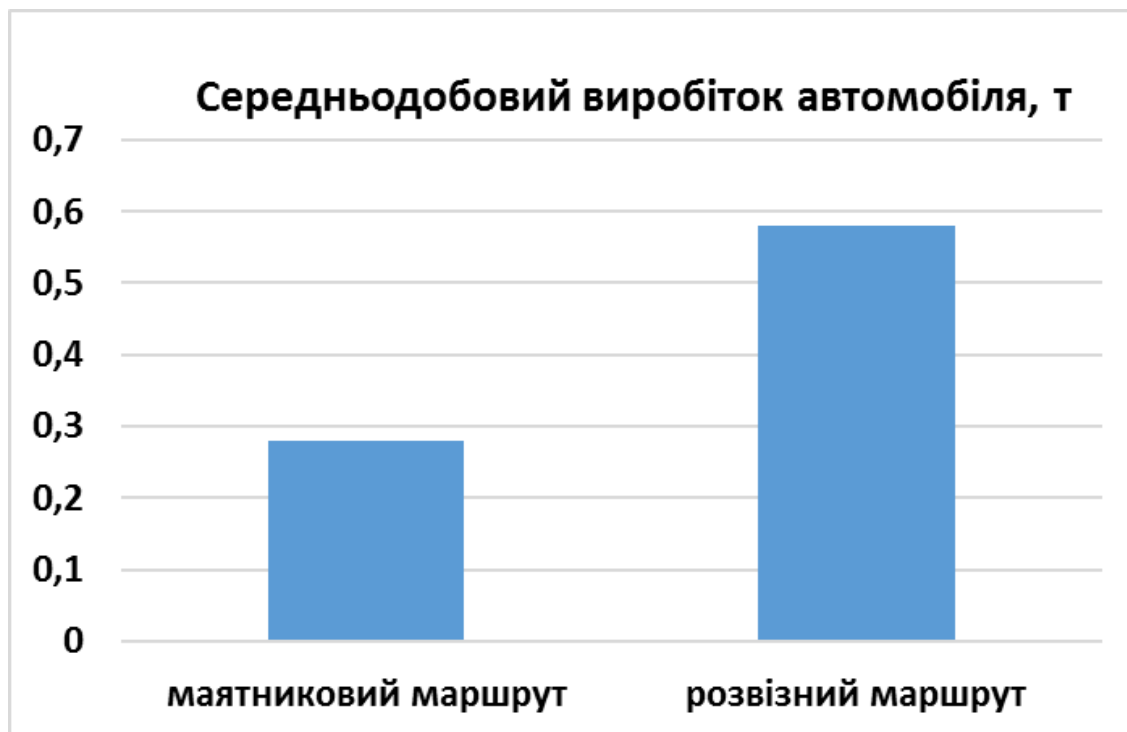


Рисунок 3.6 – Порівняння середньодобового виробітку автомобіля на маятникових та розвізних маршрутах, т [Побудовано автором]

Для організації роботи на цих маршрутах буде доцільним обрати бортовий автомобіль Mercedes-Benz Atego, який може перевозити до 10 тон вантажу. Альтернативою трьом маятниковим маршрутам, що були описані вище, виступає один розвізний: Дніпро-Марганець-Нікополь-Покровське-Дніпро. У цьому випадку пропонується виконувати вантажоперевезення довгоміром DAF XF105-4100 вантажопідйомністю до 20 т. Для усіх маршрутів обчислені такі показники, як час, витрачений автомобілем на оборот за маршрутом; добовий пробіг автомобіля; пробіг автомобіля з вантажем за день; коефіцієнт використання пробігу за день; кількість їздок за день; добова продуктивність автомобіля; експлуатаційна швидкість тощо.

Виконав	Куртєв А.К.								Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.				КРМ	275	17	ПЗ	44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

## 4 МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРЕВІЗНОГО ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

### 4.1 Загальний опис кластеризації

Ключовим у питанні формування ефективної логістичної схеми стає вибір оптимального місця розташування логістичного центру з погляду логістичних витрат, прибутку та економічного енергоспоживання у процесі обслуговування вантажопотоку. Оптимальне місце розташування логістичного центру сприятиме енерго- і ресурсозбереженню в транспортній галузі за рахунок скорочення порожніх пробігів, витрат на паливо, підвищення рівня використання вантажопідйомності й вантажомісткості транспортного засобу, а також дозволить створити умови для застосування енергоефективних видів транспорту і транспортних засобів [24].

Відомі підходи до оптимізації розміщення логістичних об'єктів дозволяють визначати оптимальне місце розташування елементів транспортно-логістичної інфраструктури з урахуванням транспортних витрат, мінімізації відстані та вартості перевезень. У результаті зменшення відстані перевезення на 100 км під час доставки будівельних матеріалів приводить до економії витрат палива на 12-15 л і дозволяє збільшити ресурс експлуатації транспортних засобів на 5–7 %.

Кластер (промислова група) – це група близьких, географічно взаємозалежних компаній і пов'язаних з ними організацій, які спільно діють у певному виді бізнесу, характеризуються спільністю напрямків діяльності й взаємодоповнюють один одного [24].

Кластер – це група, клас однорідних одиниць сукупності. Основне завдання кластерного аналізу - формування таких груп у багатовимірному просторі. Однорідність сукупності задається правилом обчислення певної метрики, що характеризує ступінь подібності (схожості)  $j$ -ої та  $k$ -ої одиниць сукупності [24].

Такою метрикою може бути відстань між ними  $d_{jk}$  або коефіцієнт подібності  $r_{jk}$ . Близькі, схожі за вибраними метриками одиниці вважаються

Виконав	Куртєв А.К.							Арк.	
Перевірив	Леснікова І.Ю.				КРМ	275	17	ПЗ	45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

належними до одного типу, однорідними. Вибір метрики є вузловим моментом кластерного аналізу, від якого залежить кінцевий варіант поділу сукупності на класи. На ознаках  $x_i$  метричної шкали формується матриця відстаней розміром  $n \times n$  з нульовими діагональними елементами. Використовують різні метрики відстані, серед яких найбільш уживаною є Евклідова відстань (довжина відрізка, що з'єднує точки-одиниці сукупності у багатовимірному просторі):

$$d_{jk} = \sqrt{\sum_{i=1}^m (z_{ij} - z_{ik})^2} \quad (4.1)$$

де  $z_{ij}$  і  $z_{ik}$  - стандартизовані значення  $x_i$  ознаки у  $j$ -ої та  $k$ -ої одиниць сукупності. У випадку різновагомості ознак  $x_i$ , розраховують зважені відстані. Наприклад, зважена Евклідова відстань з вагами  $\omega_i$ :

$$d_{jk} = \sqrt{\sum_{i=1}^m \omega_i (z_{ij} - z_{ik})^2} \quad (4.2)$$

Інформаційною базою кластерного аналізу є матриця відстаней. За способом кластеризації розрізняють ієрархічні та ітераційні процедури. Серед ієрархічних найбільш відома і вживана агломеративна (об'єднувальна) процедура, суть якої - послідовне об'єднання двох найближчих одиниць сукупності. У матриці відстаней це одиниці, що мають мінімальну відстань  $d_{jk}$ . На першому кроці об'єднання всі одиниці сукупності розглядаються як окремі кластери; після кожного кроку розмірність матриці зменшується на одиницю. Повна кластеризація  $n$  одиниць відбувається за  $(n - 1)$  кроків. Іноді кластерні процедури вводять обмеження зверху на максимальну відстань між об'єктами одного класу. Таке обмеження називають порогом. Якщо при формуванні кластерів відстань між об'єктами перевищує поріг  $c_0$ , то ці об'єкти за певними правилами відносяться до різних кластерів [25]. Порогове значення вибирається суб'єктивно або за певною схемою, може бути постійним або змінюватися, скажімо, монотонно зростаючи на кожному кроці формування кластерів.

Виконав	Куртєв А.К.						Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.			КРМ	275	17	ПЗ
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			46

Загальну схему агломеративної кластер-процедури із матрицею відстаней можна представити як повторення трьох операцій [25]:

- 1) пошук мінімальної відстані між  $j$ -им і  $k$ -им кластерами;
- 2) об'єднання  $j$  та  $k$  в один кластер і надання останньому спільного індексу  $q$ ;
- 3) розрахунок відстаней від сформованого кластера  $q$  до інших одиниць сукупності  $d_{qs}$  за формулою:

$$d_{qs} = a_1 d_{js} + a_2 d_{ks} + a_3 d_{jk} + a_4 (d_{js} - d_{ks}) \quad (4.3)$$

Значення коефіцієнтів  $a_1, a_2, a_3, a_4$  залежать від алгоритму формування кластерів. Так, наприклад, за алгоритмом одиничного зв'язку (ближнього сусіда) одиниця  $s$  приєднується до кластера  $q$ , якщо вона близька до хоча б одного представника цього кластера. В алгоритмі повного зв'язку (далекого сусіда) відстань між кластером  $q$  і  $s$ -ою одиницею визначається як відстань до найвіддаленішого представника кластера  $q$ . Алгоритм середнього зв'язку використовує середню відстань між кандидатом на включення в кластер  $q$  і представниками існуючого кластера

Кластеризація – це процес об'єднання відомих об'єктів у підмножини, які називаються кластерами, так, щоб кожен кластер складався з схожих об'єктів, а об'єкти різних кластерів істотно відрізнялися [25].

Кластеризація – це загальна задача, для розв'язання якої використовуються різні підходи. Зокрема, алгоритми побудови кластерів можуть суттєво відрізнятися у розумінні того, що відносити в один кластер і як їх ефективно шукати. Серед популярних концепцій кластерів є групи з елементами, які утворюються ґрунтуючись на відстані між ними, на щільності ділянок у просторі даних, інтервалах або на конкретних статистичних розподілах. Тому кластеризація може бути сформульована як задача багатокритеріальної оптимізації. Відповідний алгоритм кластеризації та вибору параметрів (включаючи такі параметри, як функція відстані, порогове

Виконав	Куртєв А.К.						Арк.	
Перевірив	Леснікова І.Ю.				КРМ	275	17	ПЗ
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				47

значення щільності або кількість очікуваних кластерів) залежать від конкретного набору даних та мети використання результатів. Кластерний аналіз як такий є не автоматизованим завданням, а ітераційним процесом виявлення знань або інтерактивної багатокритеріальної оптимізації, який містить спроби та невдачі. Часто доводиться змінювати процес опрацювання даних та параметри моделі поки не буде отримано з результат з заданими властивостями.

#### 4.2 Формування кластерів та пошук найкоротших відстаней

Склад розміщення товару – будівельних матеріалів – знаходиться у місті Дніпро. Даний склад обслуговує 18 підприємств, які знаходяться в Дніпропетровській області. Вони знаходяться в 6 районах, таких як: Томаківський, Криворізький, Кам'янський, Павлоградський, Васильківський, Новомосковський, по 3 в кожному.

Кожне із підприємств будівельних матеріалів має свої координати та певну потребу в товарі. У таблиці 4.1 представлено вихідні дані для кваліфікаційної роботи магістра.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані пунктів доставки вантажу

Назва пункту доставки	Координата осі X, км	Координата осі Y, км	Потреба вантажу, кг
1	2	3	4
Склад Дніпро	275	165	-
Томаківський район:	215	70	543
1. Чумаки	240	50	485
2. Томаківка	250	20	610
3. Глухе			

Виконав	Куртєв А.К.							Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.							48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				



Продовження табл. 4.1

1	2	3	4
Криворізький район:	75	90	385
4. Лозуватка	80	65	455
5. Кривий Ріг	120	45	507
6. Златоустівка			
Кам'янський район:	220	195	609
7. Куліші	230	170	785
8. Кам'янське	240	160	548
9. Світле			
Павлоградський район:	350	195	589
10. Всесвятське	365	170	632
11. Павлоград	385	160	792
12. Миколаївка			
Васильківський район:	375	135	489
13. Троїцьке	380	115	682
14. Васильківка	385	105	258
15. Просяна			
Новомосковський район:	280	215	499
16. Дмитрівка	290	190	569
17. Новомосковськ	320	185	395
18. Меліоративне			

Тепер представимо графічно точки розташування пунктів доставки на карті Дніпропетровської області (рис. 4.1).

Виконав	Куртєв А.К.				КРМ 275 17 ПЗ	Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.					49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

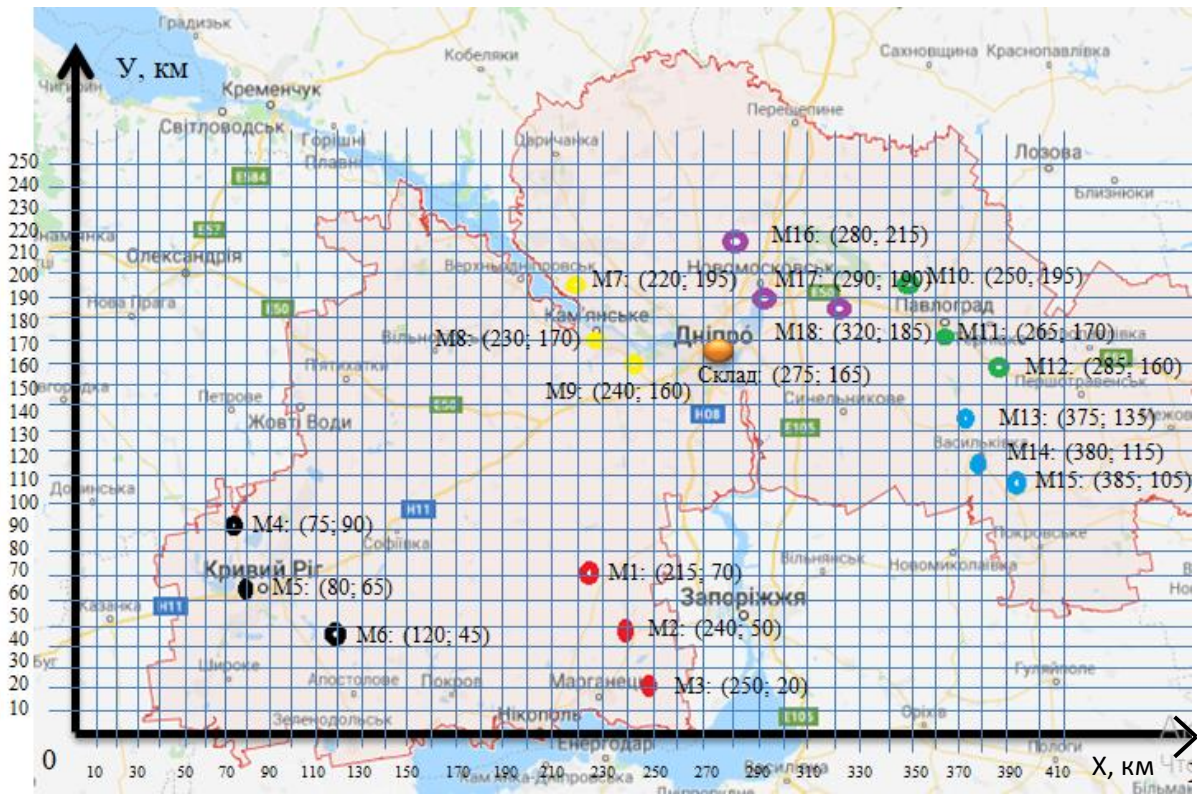


Рисунок 4.1 – Точки доставки в системі координат [Розроблено автором]

Позначимо точки пунктів доставки вантажу у кластерах і представимо на рисунках.

Проведемо кластеризацію пунктів доставки за принципом «найближчого сусіда».

Таблиця 4.2 – Вихідні дані

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9
x	215	240	250	75	80	120	220	230	240
y	70	50	20	90	65	45	195	170	160
№ п/п	10	11	12	13	14	15	16	17	18
x	350	365	385	375	380	385	280	290	320
y	195	170	160	135	115	105	215	190	185

1. Skorистaємось агломеративним ієрархічним алгоритмом класифікації. В якості відстані між об'єктами візьмемо звичайну евклідову відстань. Тоді згідно формули (3.1).

$$p(x_{1,2}) = \sqrt{(215 - 240)^2 + (70 - 50)^2} = 32.02$$

$$p(x_{1,3}) = \sqrt{(215 - 250)^2 + (70 - 20)^2} = 61.03$$

$$p(x_{1,4}) = \sqrt{(215 - 75)^2 + (70 - 90)^2} = 141.42$$

2. Отримана матриця відстаней наведено в Додатку А.

8. Пошук найкоротших відстаней.

З матриці відстаней випливає, що об'єкти 1, 2 і 3 найбільш близькі  $P_{1;2,3} = 32$  та 61 і тому об'єднуємо їх в один кластер. Результат розрахунку наведено в Додатку В.

Представимо графічно Томаківський кластер (рис. 4.2).



Рисунок 4.2 – Томаківський кластер [19]

Виконав	Куртєв А.К.								Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.				КРМ	275	17	ПЗ	51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					



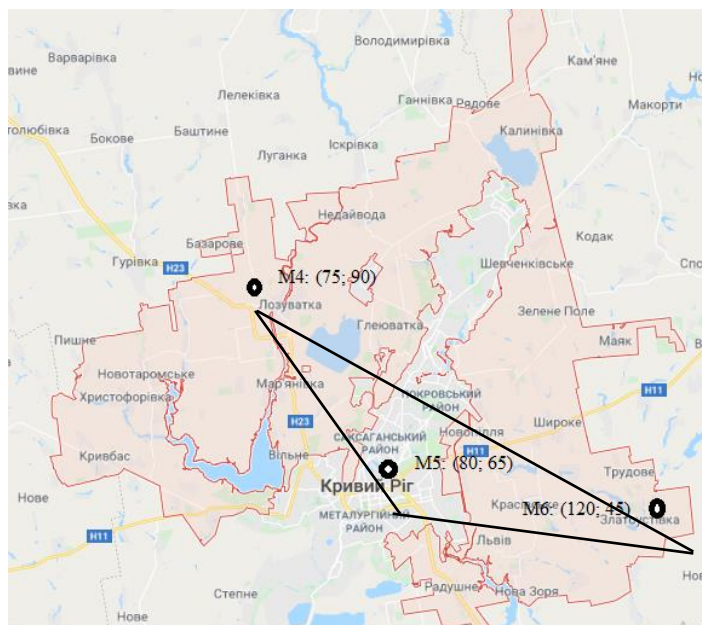


Рисунок 4.3 – Криворізький кластер [19]

Далі продовжуємо пошук найкоротших відстаней та формування кластерів.

З матриці відстаней випливає, що об'єкти 7, 8 і 9 найбільш близькі  $P_{7;8,9} = 27, 40$  та 14, і тому об'єднуємо їх в один кластер.

Таблиця 4.4 – Кластер 3 – Кам'янський

№ п/п	[1,2,3]	[4,5,6]	[7,8,9]	10	11	12	13	14	15	16	17	18
[1,2,3]	0	98	93	184	180	192	173	171	174	159	141	156
[4,5,6]	98	0	166	275	275	289	270	269	272	233	223	244
[7,8,9]	93	266	0	115	125	145	137	147	155	68	58	84
10	184	275	115	0	29	50	65	85	97	73	60	32
11	180	275	125	29	0	22	36	57	68	96	78	47
12	192	289	145	50	22	0	27	45	55	118	100	70
13	173	270	137	65	36	27	0	21	32	124	101	74
14	171	269	147	85	57	45	21	0	43	141	117	92
15	174	272	155	97	68	55	32	43	0	152	128	103
16	159	234	68	73	96	119	124	141	152	0	27	50
17	142	223	58	60	78	100	101	117	128	27	0	30
18	156	244	84	32	47	70	74	92	103	50	30	0

Виконав	Куртєв А.К.			<i>KPM 275 17 ПЗ</i>	Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.				53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

Представимо графічно Кам'янський кластер (рис. 4.4).



Рисунок 4.4 – Кам'янський кластер [19]

Далі продовжуємо пошук найкоротших відстаней та формування кластерів.

З матриці відстаней впливає, що об'єкти 10, 11 і 12 найбільш близькі  $R_{10;11;12} = 29, 50$  та  $22$ , і тому об'єднуємо їх в один кластер.

Таблиця 4.5 – Кластер 4 – Павлоградський

№ п/п	[1,2,3]	[4,5,6]	[7,8,9]	[10,11,12]	13	14	15	16	17	18
[1,2,3]	0	98	93	180	173	171	174	159	141	156
[4,5,6]	98	0	166	275	270	269	272	233	223	244
[7,8,9]	93	266	0	125	137	147	155	68	58	84
[10,11,12]	180	275	125	0	36	57	68	96	78	47
13	173	270	137	36	0	21	32	124	101	74
14	171	269	147	57	21	0	43	141	117	92
15	174	272	155	68	32	43	0	152	128	103
16	159	234	68	96	124	141	152	0	27	50
17	142	223	58	78	101	117	128	27	0	30
18	156	244	84	47	74	92	103	50	30	0

Представимо графічно Павлоградський кластер (рис. 4.5).

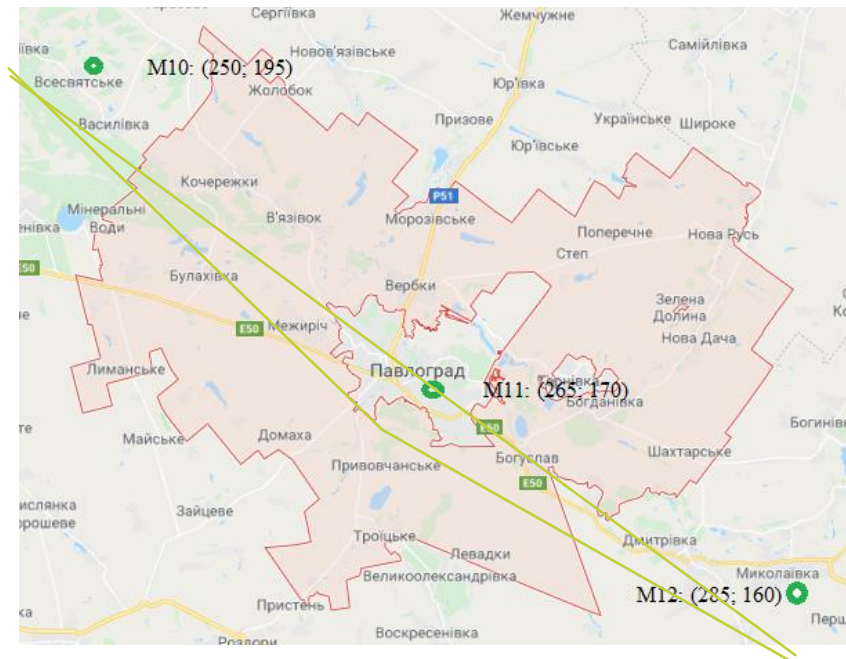


Рисунок 4.5 – Павлоградський кластер [19]

Далі продовжуємо пошук найкоротших відстаней та формування кластерів.

З матриці відстаней випливає, що об'єкти 13, 14 і 15 найбільш близькі  $R_{13;14;15} = 21, 32$  та  $43$ , і тому об'єднуємо їх в один кластер.

Таблиця 4.6 – Кластер 5 – Васильківський

№ п/п	[1,2,3]	[4,5,6]	[7,8,9]	[10,11,12]	[13,14,15]	16	17	18
[1,2,3]	0	98	93	180	173	159	141	156
[4,5,6]	98	0	166	275	270	233	223	244
[7,8,9]	93	266	0	125	137	68	58	84
[10,11,12]	180	275	125	0	36	96	78	47
[13,14,15]	173	270	137	36	0	124	101	74
16	159	234	68	96	124	0	27	50
17	142	223	58	78	101	27	0	30
18	156	244	84	47	74	50	30	0

Виконав	Куртєв А.К.							Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.				КРМ	275	17	ПЗ
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				55

Представимо графічно Васильківський кластер (рис.4.6).

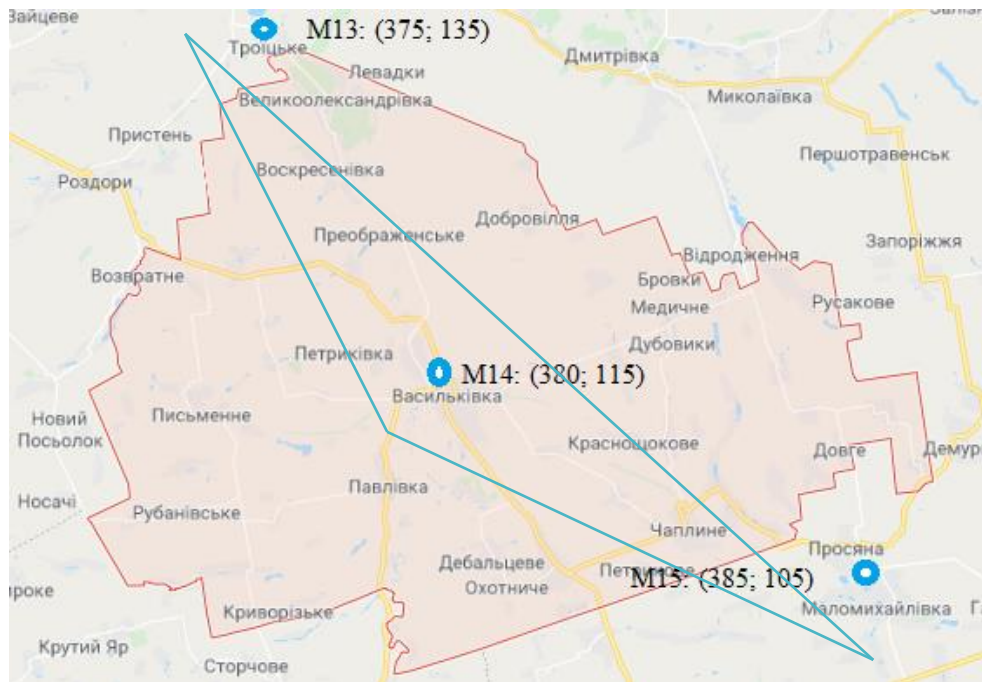


Рисунок 4.6 – Васильківський кластер [19]

Далі продовжуємо пошук найкоротших відстаней та формування кластерів.

З матриці відстаней випливає, що об'єкти 16, 17 і 18 найбільш близькі  $P_{16;17;18} = 27, 50$  та  $30$ , і тому об'єднуємо їх в один кластер.

Таблиця 4.7 - Кластер 6 – Новомосковський

№ п/п	[1,2,3]	[4,5,6]	[7,8,9]	[10,11,12]	[13,14,15]	[16,17,18]
[1,2,3]	0	98	93	180	173	141
[4,5,6]	98	0	166	275	270	223
[7,8,9]	93	266	0	125	137	58
[10,11,12]	180	275	125	0	36	78
[13,14,15]	173	270	137	36	0	101
[16,17,18]	142	223	58	78	101	0

Представимо графічно Новомосковський кластер (рис. 4.7).

Виконав	Куртєв А.К.						Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.			КРМ	275	17	ПЗ
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			56





Рисунок 4.7 – Новомосковський кластер [19]

Представимо потреби підприємств у добривах за допомогою графіка (рис. 4.8).



Рисунок 4.8 – Потреби у товарі [Розроблено автором]

Виконав	Куртєв А.К.							Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.				КРМ	275	17	ПЗ
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				57

Тепер знайдемо центри кластерів.

Порівнюємо відстань від першої точки до еталонної точки.

$$d(1) = \sqrt{(215 - 240)^2 + (70 - 50)^2} = 32,016$$

Порівнюємо відстань від другої точки до еталонної точки.

$$d(2) = \sqrt{(240 - 227,5)^2 + (50 - 60)^2} = 16,008$$

Порівнюємо відстань від третьої точки до еталонної точки.

$$d(4) = \sqrt{(250 - 233,75)^2 + (20 - 55)^2} = 38,588$$

Отже, центр першого Томаківського кластеру – друга точка – Томаківка.

Порівнюємо відстань від четвертої точки до еталонної точки.

$$d(4) = \sqrt{(75 - 80)^2 + (90 - 65)^2} = 25,495$$

Порівнюємо відстань від п'ятої точки до еталонної точки.

$$d(5) = \sqrt{(80 - 77,5)^2 + (65 - 77,5)^2} = 12,748$$

Порівнюємо відстань від шостої точки до еталонної точки.

$$d(6) = \sqrt{(120 - 78,75)^2 + (45 - 71,25)^2} = 48,894$$

Отже, центр другого Криворізького кластеру – п'ята точка – Кривий Ріг.

Порівнюємо відстань від сьомої точки до еталонної точки.

$$d(7) = \sqrt{(220 - 230)^2 + (195 - 170)^2} = 26,926$$

Порівнюємо відстань від восьмої точки до еталонної точки.

$$d(8) = \sqrt{(230 - 225)^2 + (170 - 182,5)^2} = 13,463$$

Порівнюємо відстань від дев'ятої точки до еталонної точки.

$$d(9) = \sqrt{(1240 - 227,5)^2 + (160 - 176,25)^2} = 20,02$$

Отже, центр третього Кам'янського кластеру – восьма точка – Кам'янське.

Порівнюємо відстань від десятої точки до еталонної точки.

$$d(10) = \sqrt{(350 - 365)^2 + (195 - 170)^2} = 29,155$$

Порівнюємо відстань від одинадцятої точки до еталонної точки.

$$d(11) = \sqrt{(365 - 357,5)^2 + (170 - 182,5)^2} = 14,577$$

Порівнюємо відстань від дванадцятої точки до еталонної точки.

Виконав	Куртєв А.К.							Арк.	
Перевірив	Леснікова І.Ю.				КРМ	275	17	ПЗ	58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$d(12) = \sqrt{(385 - 361,25)^2 + (160 - 176,25)^2} = 28,777$$

Отже, центр четвертого Павлоградського кластеру – одинадцята точка – Павлоград.

Порівнюємо відстань від тринадцятої точки до еталонної точки.

$$d(13) = \sqrt{(375 - 380)^2 + (135 - 115)^2} = 20,616$$

Порівнюємо відстань від чотирнадцятої точки до еталонної точки.

$$d(14) = \sqrt{(380 - 377,5)^2 + (115 - 125)^2} = 10,308$$

Порівнюємо відстань від п'ятнадцятої точки до еталонної точки.

$$d(15) = \sqrt{(385 - 378,75)^2 + (105 - 120)^2} = 16,25$$

Отже, центр п'ятого Васильківського кластеру – чотирнадцята точка – Васильківка.

Порівнюємо відстань від шістнадцятої точки до еталонної точки.

$$d(16) = \sqrt{(280 - 290)^2 + (215 - 190)^2} = 26,926$$

Порівнюємо відстань від сімнадцятої точки до еталонної точки.

$$d(17) = \sqrt{(290 - 285)^2 + (190 - 202,5)^2} = 13,463$$

Порівнюємо відстань від вісімнадцятої точки до еталонної точки.

$$d(18) = \sqrt{(320 - 287,5)^2 + (185 - 196,25)^2} = 34,392$$

Отже, центр шостого Новомосковського кластеру – сімнадцята точка – Новомосковськ.

Змішане перевезення – транспортування вантажної партії від пункту відправлення до пункту призначення, коли в процесі переміщення використовується більш за один вид транспорту. Змішане перевезення може здійснюватися як за участю підприємств транспортної інфраструктури, якщо такі підприємства є зв'язуючими ланками між перевізниками, так і без такого, коли вантаж послідовно передається від перевізника до перевізника з одного виду транспорту на інший. За допомогою такої системи доставки виконуються умови «точно в строк» і «від дверей до дверей».

Можна виділити наступні додаткові особливості змішаних перевезень:

Виконав	Куртєв А.К.							Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.				КРМ	275	17	ПЗ
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				59

1. Узгоджене використання в перевезенні більш одного виду транспорту.

2. Перевезення організовується і здійснюється однією особою – оператором змішаного перевезення.

3. Відносини між замовником і виконавцем комплексної транспортної послуги (оператором змішаного перевезення) регулюються на основі одного договору.

4. Змішане перевезення може мати статус міжнародного. В цьому випадку місце прийому вантажу до перевезення і передбачуване місце його прибуття знаходиться на території двох різних держав [17].

Транспортний процес при змішаних перевезеннях складається з послідовної доставки вантажу різними видами транспорту і проміжного перевантаження. Планування змішаного перевезення вантажів можна представити як ряд сукупностей, що складаються з елементарних робіт, які повинні бути послідовно виконані.



Рисунок 4.9 – Транспортні шляхи Дніпропетровської області [19]

Виконав	Куртєв А.К.								Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.								
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					60

Вибираючи спосіб доставки вантажу у змішаному сполученні по Дніпропетровській області потрібно враховувати вартість доставки та можливість.

У Дніпропетровській області широко розвинена залізниця (рис. 4.9) на відміну від річкового транспорту, тому виберемо тип доставки вантажу залізнично-автомобільний.

Для кожного кластеру є можливість доставки залізничним транспортом, а далі – автомобільним.

Таблиця 4.8 – Схема доставки вантажу залізничним транспортом

Назва кластеру	Назва пункту прибуття	Об'єм вантажу, кг	Протяжність маршруту, км	Час руху, год
1. Томаківський	Томаківка	1638	138	2 год 52 хв
2. Криворізький	Кривий Ріг	1347	187	3 год 35 хв
3. Кам'янський	Кам'янське	1942	43	1 год 23 хв
4. Павлоградський	Павлоград	2013	86	2 год 08 хв
5. Васильківський	Васильківка	1429	96	2 год 06 хв
6. Новомосковський	Новомосковськ	1463	25	55 хв

Вартість доставки вантажу залізничним транспортом – 19 грн/км.

Час завантаження/розвантаження 1 т вантажу для залізниці – 10 хв.

Час руху потяга – 60 км/год.

Для доставки вантажу від пункту прибуття до магазинів використовуватимемо найманий автомобільний транспорт вантажопідйомністю 2100 кг.

Вартість найму автомобіля – 300 грн/год+5 грн/км.

Час завантаження 1 т – 15 хв.

Час руху автомобіля – 90 км/год.

Виконав	Куртєв А.К.							Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.							61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

КРМ 275 17 ПЗ

Час роботи складу – цілодобово.

Тепер проведемо розрахунки по доставці вантажів по кластерах.

1. Томаківський кластер.

- 1) Час завантаження на потяг  $\approx 17$  хв.
- 2) Час руху потяга –  $138$  хв  $\approx 2$  год  $18$  хв.
- 3) Час перевантаження  $\approx 17$  хв.
- 4) Час руху до точки доставки № 2 Томаківка  $1$  км  $\approx 2$  хв.
- 5) Час розвантаження в точці № 2  $\approx 8$  хв.
- 6) Час руху до точки доставки № 3 Глухе  $32$  км  $\approx 48$  хв.
- 7) Час розвантаження в точці № 3  $\approx 10$  хв.
- 8) Час руху до точки доставки № 1 Чумаки  $61$  км –  $92$  хв  $\approx 1$  год  $32$  хв.
- 9) Час розвантаження в точці № 1  $\approx 9$  хв.

Загальний час – 8 годин 11 хвилин.

Протяжність маршруту – 232 км.

Вартість доставки =  $19 \cdot 138 + 300 + 94 \cdot 5 = 3392$  грн.

2. Криворізький кластер.

- 1) Час завантаження на потяг  $\approx 14$  хв.
- 2) Час руху потяга –  $187$  хв  $\approx 3$  год  $07$  хв.
- 3) Час перевантаження  $\approx 14$  хв.
- 4) Час руху до точки доставки № 5 Кривий Ріг  $1$  км  $\approx 2$  хв.
- 5) Час розвантаження в точці № 5  $\approx 7$  хв.
- 6) Час руху до точки доставки № 6 Златоустівка  $45$  км  $\approx 68$  хв.
- 7) Час розвантаження в точці № 6  $\approx 8$  хв.
- 8) Час руху до точки доставки № 4 Лозуватка  $64$  км –  $95$  хв  $\approx 1$  год  $35$  хв.
- 9) Час розвантаження в точці № 4  $\approx 6$  хв.

Загальний час – 6 годин 41 хвилин.

Протяжність маршруту – 297 км.

Вартість доставки =  $19 \cdot 187 + 300 + 110 \cdot 5 = 4403$  грн.

3. Кам'янський кластер.

- 1) Час завантаження на потяг  $\approx 20$  хв.

Виконав	Куртєв А.К.							Арк.	
Перевірив	Леснікова І.Ю.				КРМ	275	17	ПЗ	62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

- 2) Час руху потяга – 43 хв  $\approx$  43 хв.
- 3) Час перевантаження  $\approx$  20 хв.
- 4) Час руху до точки доставки № 8 Кам'янське 1 км  $\approx$  2 хв.
- 5) Час розвантаження в точці № 8  $\approx$  12 хв.
- 6) Час руху до точки доставки № 9 Світле 14 км  $\approx$  21 хв.
- 7) Час розвантаження в точці № 9  $\approx$  9 хв.
- 8) Час руху до точки доставки № 7 Куліші 40 км – 60 хв  $\approx$  1 год.
- 9) Час розвантаження в точці № 7  $\approx$  10 хв.

Загальний час – 3 годин 17 хвилин.

Протяжність маршруту – 98 км.

Вартість доставки =  $19 \cdot 43 + 300 + 55 \cdot 5 = 1392$  грн.

#### 4. Павлоградський кластер.

- 1) Час завантаження на потяг  $\approx$  21 хв.
- 2) Час руху потяга – 86 хв  $\approx$  1 год 26 хв.
- 3) Час перевантаження  $\approx$  21 хв.
- 4) Час руху до точки доставки № 11 Павлоград 1 км  $\approx$  2 хв.
- 5) Час розвантаження в точці № 11  $\approx$  10 хв.
- 6) Час руху до точки доставки № 12 Миколаївка 22 км  $\approx$  33 хв.
- 7) Час розвантаження в точці № 12  $\approx$  12 хв.
- 8) Час руху до точки доставки № 10 Всесвятське 55 км – 83 хв  $\approx$  1 год 23 хв.
- 9) Час розвантаження в точці № 10  $\approx$  9 хв.

Загальний час – 4 годин 37 хвилин.

Протяжність маршруту – 164 км.

Вартість доставки =  $19 \cdot 86 + 300 + 78 \cdot 5 = 2324$  грн.

#### 5. Васильківський кластер.

- 1) Час завантаження на потяг  $\approx$  15 хв.
- 2) Час руху потяга – 96 хв  $\approx$  1 год 36 хв.
- 3) Час перевантаження  $\approx$  15 хв.
- 4) Час руху до точки доставки № 14 Васильківка 1 км  $\approx$  2 хв.

Виконав	Куртєв А.К.							Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.							63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

КРМ 275 17 ПЗ

5) Час розвантаження в точці № 14  $\approx 7$  хв.

6) Час руху до точки доставки № 15 Просяна 43 км  $\approx 65$  хв.

7) Час розвантаження в точці № 15  $\approx 4$  хв.

8) Час руху до точки доставки № 13 Троїцьке 32 км  $\approx 48$  хв.

9) Час розвантаження в точці № 13  $\approx 8$  хв.

Загальний час – 4 годин 20 хвилин.

Протяжність маршруту – 172 км.

Вартість доставки =  $19 \cdot 96 + 300 + 76 \cdot 5 = 2504$  грн.

6. Новомосковський кластер.

1) Час завантаження на потяг  $\approx 15$  хв.

2) Час руху потяга  $\approx 25$  хв.

3) Час перевантаження  $\approx 15$  хв.

4) Час руху до точки доставки № 17 Новомосковськ 1 км  $\approx 2$  хв.

5) Час розвантаження в точці № 17  $\approx 9$  хв.

6) Час руху до точки доставки № 18 Меліоративне 30 км  $\approx 45$  хв.

7) Час розвантаження в точці № 18  $\approx 6$  хв.

8) Час руху до точки доставки № 16 Дмитрівка 50 км  $\approx 75$  хв = 1 год 15хв.

9) Час розвантаження в точці № 16  $\approx 8$  хв.

Загальний час – 3 годин 20 хвилин.

Протяжність маршруту – 106 км.

Вартість доставки =  $19 \cdot 25 + 300 + 81 \cdot 5 = 1180$  грн.

Представимо розрахунки по доставці автомобільним транспортом у таблиці (табл. 4.9).

Виконав	Куртєв А.К.							Арк.	
Перевірив	Леснікова І.Ю.				КРМ	275	17	ПЗ	64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					



Таблиця 4.9 – Результати розрахунку показників по доставці автомобільним транспортом

Назва району	Час доставки, хв	Протяжність маршруту, км	Вартість, грн
1. Томаківський	5 год 19 хв	94	770
2. Криворізький	3 год 06 хв	110	850
3. Кам'янський	1 год 54 хв	55	575
4. Павлоградський	2 год 29 хв	78	690
5. Васильківський	2 год 14 хв	76	680
6. Новомосковський	2 год 25 хв	81	705
Всього	17 год 27 хв	494	4270

Представимо загальні розрахунки у таблиці (табл. 4.10).

Таблиця 4.10 – Розрахунки для змішаних перевезень

Назва району	Час доставки, хв	Протяжність маршруту, км	Вартість, грн
1. Томаківський	8 год 11 хв	232	3392
2. Криворізький	6 год 41 хв	297	4403
3. Кам'янський	3 год 17 хв	98	1392
4. Павлоградський	4 год 37 хв	164	2324
5. Васильківський	4 год 20 хв	172	2504
6. Новомосковський	3 год 20 хв	106	1180
Всього	30 год 26 хв	1069	15195

Отже, виходячи з даних розрахунків видно, що змішана доставка залізничним транспортом та автомобільним буде коштувати 15 195 грн наймаючи при цьому 6 автомобілів для кожного району.

Виконав	Куртєв А.К.							Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.							65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

Мережа через яку здійснюється розподіл матеріального потоку, є значимим елементом логістичної системи. Побудова мережі розподільчих центрів суттєво впливає на витрати, які виникають у процесі доведення товарів до споживачів, а через них і на кінцеву вартість реалізованого продукту.

Розподільчий центр - це складський комплекс, який отримує товари від підприємств-виробників або від підприємств оптової торгівлі (наприклад, які знаходяться в інших регіонах країни або за кордоном) і розподіляє їх більш дрібними партіями замовникам (підприємствам дрібнооптової та роздрібно торгівлі) через свою або їх товаропровідну мережу [18].

За традиційною класифікацією, розроблено Едгаром Гувером, існує три принципові стратегії розташування розподільчих складів: поблизу від ринків збуту, поблизу від виробництва або проміжне розташування.

Розташування складів поблизу ринків збуту полегшує поповнення запасів клієнтів. Географічні розміри ринку, який обслуговується таким складом, залежать від бажаної швидкості постачань, від середнього розміру замовлення і від величини питомих витрат на місцеве транспортування.

Головними критеріями роботи таких складів є забезпечення належної якості обслуговування або мінімізація логістичних витрат. Такі склади часто зустрічаються в торгівлі харчовими продуктами або промисловими товарами масового користування [19].

#### 4.3 Знаходження місця розташування розподільчого центру

Знайдемо місця розташування розподільчих центрів за допомогою методів центру тяжіння вантажопотоків та пробної точки. Аналізуючи місця розташування пунктів доставки вантажів видно, що для їх обслуговування потрібно два розподільчі центри.

Перший обслуговуватиме Томаківський та Криворізький район, другий – Кам'янський, Павлоградський, Васильківський, Новомосковський.

1) Метод центру тяжіння вантажопотоків розраховується за такими формулами:

Виконав	Куртєв А.К.							Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.							66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

$$X_{\text{СКЛ}} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot Q_i}{\sum_{i=1}^n Q_i}, \quad (4.4)$$

$$Y_{\text{СКЛ}} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i \cdot Q_i}{\sum_{i=1}^n Q_i}, \quad (4.5)$$

де  $x_i$  та  $y_i$  – відповідні координати магазинів,

$Q_i$  – вантажообіг магазинів.

Проведемо розрахунки першого розподільчого центру. Вихідні дані представимо у таблиці 4.11.

Таблиця 4.11 - Вихідні дані для розрахунку координатів першого розподільчого центру

№ точки доставки	Координата X, км	Координата Y, км	Вантажообіг, кг/день
1. Чумаки	215	70	543
2. Томаківка	240	50	485
3. Глухе	250	20	610
4. Лозуватка	75	90	385
5. Кривий Ріг	80	65	455
6. Златоустівка	120	45	507

$$\begin{aligned}
 X_{\text{СКЛ}} &= \frac{215 \cdot 543 + 240 \cdot 485 + 250 \cdot 610 + 75 \cdot 385 + 80 \cdot 455 + 120 \cdot 507}{543 + 485 + 610 + 385 + 455 + 507} \\
 &= \frac{116745 + 116400 + 152500 + 28875 + 36400 + 60840}{2985} \\
 &= \frac{511760}{2985} = 171 \text{ км.}
 \end{aligned}$$

Виконав	Куртєв А.К.							Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.							67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

КРМ 275 17 ПЗ

$$\begin{aligned}
 y_{\text{скл.}} &= \frac{70 \cdot 543 + 50 \cdot 485 + 20 \cdot 610 + 90 \cdot 385 + 65 \cdot 455 + 45 \cdot 507}{543 + 485 + 610 + 385 + 455 + 507} \\
 &= \frac{38010 + 24250 + 12200 + 34650 + 29575 + 22815}{22815} = \frac{161500}{2985} \\
 &= 54 \text{ км.}
 \end{aligned}$$

Отже, за першим методом координатами розподільчого центру є:  $X = 171$ ,  $Y = 54$ .

## 2) Метод пробної точки

Пробною точкою відрізка називається будь-яка точка, що перебуває в цьому відрізку і не належить його крайнім точкам.

Лівий вантажообіг пробної точки – вантажообіг споживання, розташований на всій ділянці обслуговування ліворуч від пробної точки.

Правий вантажообіг пробної точки – вантажообіг споживання, розташований на всій ділянці обслуговування праворуч від пробної точки.

Перевірка пробних точок триває доти, поки не з'явиться точка, для якої сума вантажообігів споживання з лівої сторони не перевищить суму вантажообігів споживання з правої сторони [20].

Знаходження пробної точки представимо на рисунку 4.10.

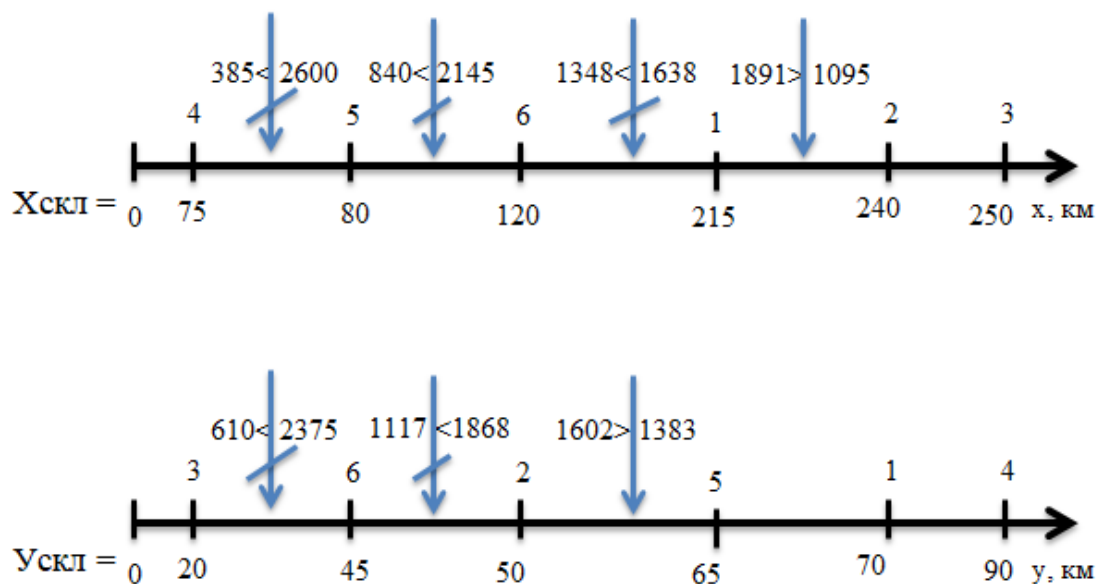


Рисунок 4.10 – Метод пробної точки [Розроблено автором]

Виконав	Куртєв А.К.							Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.				КРМ	275	17	ПЗ
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				68

Отже, можна зробити висновок, що координатами першого розподільчого центру за методом пробної точки є:  $X=227$ ,  $Y = 57$ .

Остаточне ухвалення рішення про місце розташування розподільчого центру при наявності двох альтернатив можна приймати із розрахунків вибору варіанту, при якому транспортна робота буде мінімальною.

Транспортна робота – це пробіг транспорту, приведений за кількістю перевезеного вантажу, визначається як добуток пробігу транспорту на масу вантажу, який був перевезений.

Представимо графічно можливі місця розташування розподільчого центру (рис. 4.11).

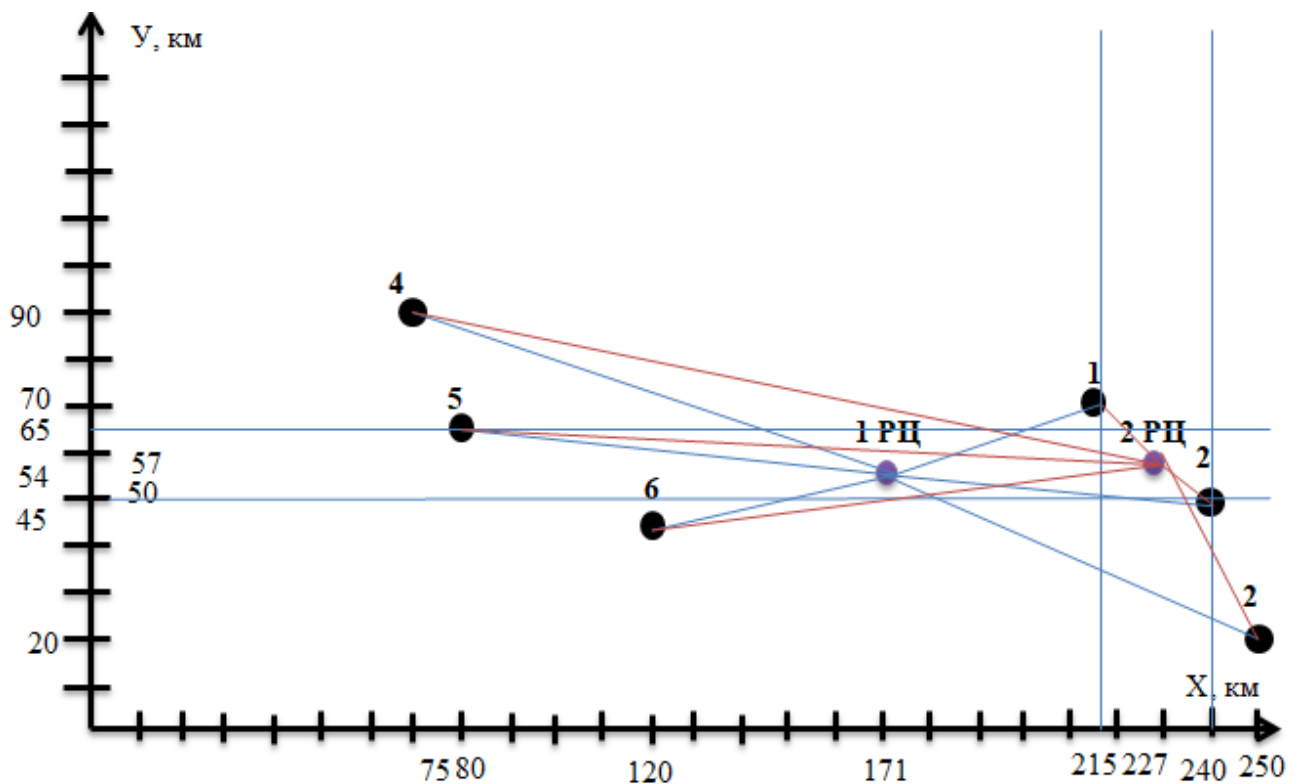


Рисунок 4.11 – Розташування фермерських господарств та розподільчих центрів [Розроблено автором]

Розрахунки транспортної роботи зводимо до таблиці 4.12.

Виконав	Куртєв А.К.							Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.				КРМ	275	17	ПЗ
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				69

Таблиця 4.12 – Розрахунок транспортної роботи для першого розподільчого центру

№ магазину	Вантажообіг	Відстань до РЦ1, км	Транспортна робота, ткм	Відстань до РЦ2, км	Транспортна робота, ткм
1	543	50	27150	20	10860
2	485	70	33950	20	9700
3	610	90	54900	40	24400
4	385	100	38500	160	61600
5	455	90	40950	150	68250
6	507	50	25350	110	55770
Всього	2985	450	220800	500	230580

Отже, завдяки розрахункам транспортної роботи видно, що потрібно розмістити розподільчий центр за координатами  $X = 171$ ,  $Y = 54$ .

Зобразимо графічно розташування розподільчого центру на карті Дніпропетровської області (рис. 4.12).

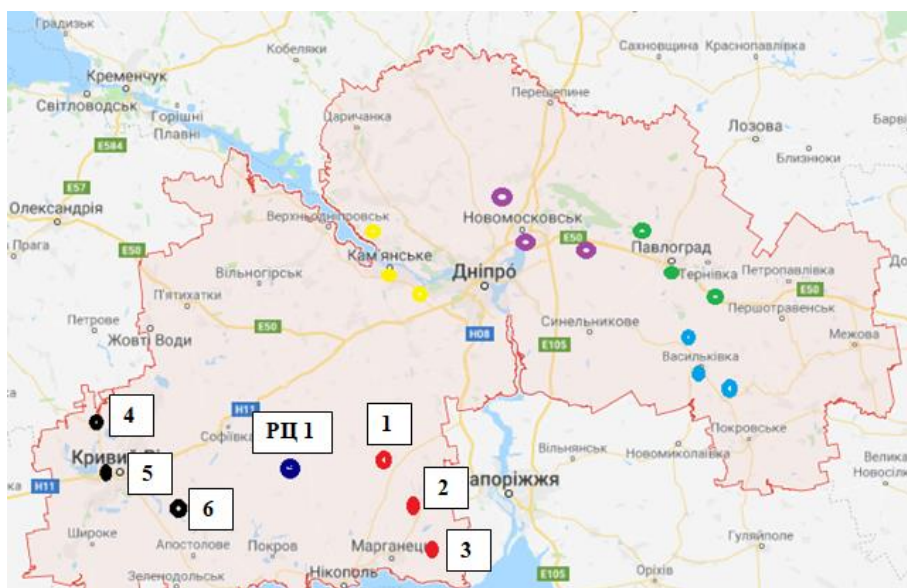


Рисунок 4.12 – Розташування розподільчого центру 1 на мапі Дніпропетровської області [Розроблено автором]

Виконав	Куртєв А.К.					Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.			КРМ	275	17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		ПЗ
						70

Тепер знайдемо місце розташування другого розподільчого центру.

1) Для методу центру тяжіння вантажопотоків вихідні дані представимо в таблиці 4.13

Таблиця 4.13 – Вихідні дані для другого розподільчого центру

№ точки доставки	Координата X, км	Координата Y, км	Вантажообіг, кг/день
1	2	3	4
7. Куліші	220	195	609
8. Кам'янське	230	170	785
9. Світле	240	160	548
10. Всесвятське	350	195	589
11. Павлоград	365	170	632
12. Миколаївка	385	160	792
13. Троїцьке	375	135	489
14. Васильківка	380	115	682
15. Просяна	385	105	258
16. Дмитрівка	280	215	499
17. Новомосковськ	290	190	569
18. Меліоративне	320	185	395

Розрахуємо координати розподільчого центру за формулами.

$$X_{скл} = (220*609+230*785+240*548+350*589+365*632+385*792+375*489+380*682+385*258+280*499+290*569+320*395)/(609+785+548+589+632+792+489+682+258+499+569+395) = (133980+180550+131520+206150+230680+304920+183375+259160+99330+139720+165010+126400)/6847 = 2160795/6847 = 315 \text{ км.}$$

Виконав	Куртєв А.К.							Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.							71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

КРМ 275 17 ПЗ

$$Y_{скл} = (195 \cdot 609 + 170 \cdot 785 + 160 \cdot 548 + 195 \cdot 589 + 170 \cdot 632 + 160 \cdot 792 + 135 \cdot 489 + 115 \cdot 682 + 105 \cdot 258 + 215 \cdot 499 + 190 \cdot 569 + 185 \cdot 395) / (609 + 785 + 548 + 589 + 632 + 792 + 489 + 682 + 258 + 499 + 569 + 395) = (118755 + 133450 + 87680 + 114855 + 107440 + 126720 + 66015 + 78430 + 27090 + 107285 + 108110 + 73075) / 6847 = 1148905 / 6847 = 167 \text{ км.}$$

Отже, за першим методом координатами розподільчого центру є:  $X = 315$ ,  $Y = 167$ .

## 2) Метод пробної точки

Знаходження пробної точки представимо на рисунку 4.13.

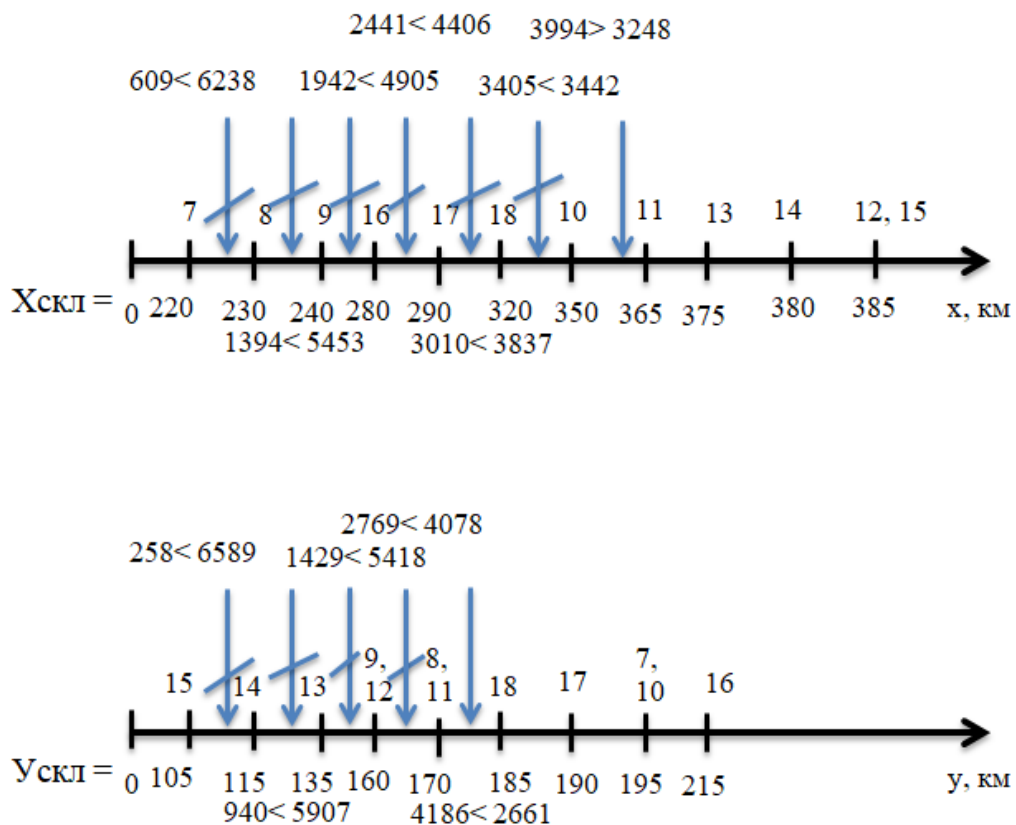


Рисунок 4.13 – Метод пробної точки для другого розподільчого центру  
[Розроблено автором]

Отже, за другим методом координатами розподільчого центру є:  $X = 357$ ,  $Y = 175$ .

Представимо графічно можливі місця розташування розподільчого центру (рис. 4.14).

Виконав	Куртєв А.К.								Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.				КРМ	275	17	ПЗ	72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					



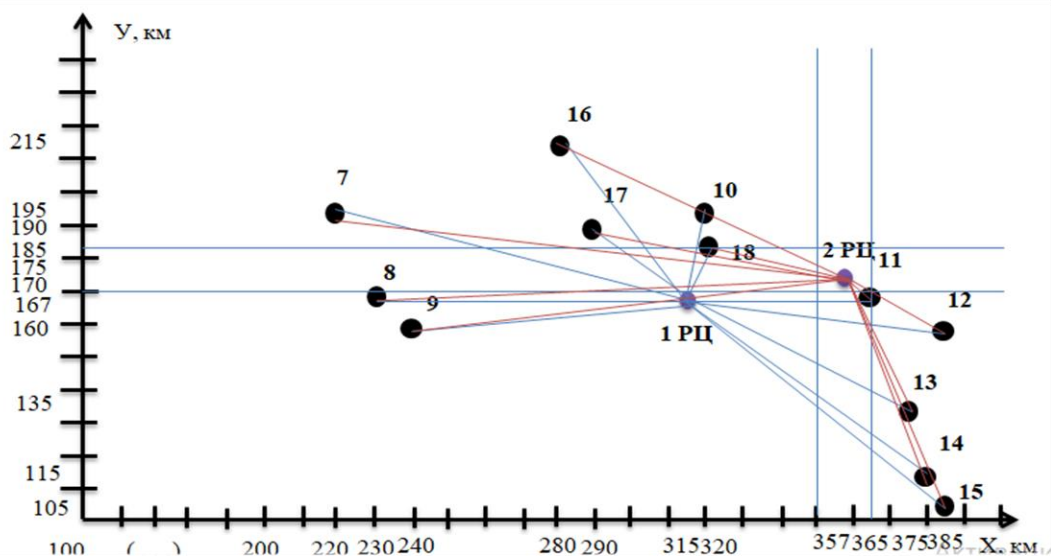


Рисунок 4.14 – Розташування с/г підприємств та розподільчих центрів  
[Розроблено автором]

Розрахунки транспортної роботи зводимо до таблиці 4.14.

Таблиця 4.14 – Розрахунок транспортної роботи для другого розподільчого центру

№ магазину	Вантажообіг	Відстань до РЦ1, км	Транспортна робота, ткм	Відстань до РЦ2, км	Транспортна робота, ткм
1	2	3	4	5	6
7	609	100	60900	140	85260
8	785	83	65155	130	102050
9	548	73	40004	120	65760
10	589	43	25327	20	11780
11	632	50	31600	10	6320
12	792	70	55440	20	15840
13	489	70	34230	43	21027
14	682	80	54560	63	42966
15	258	93	23994	73	18834

Виконав	Куртєв А.К.							Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.							73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

1	2	3	4	5	6
16	499	33	16467	83	41417
17	569	60	34140	70	39830
18	395	20	7900	40	15800
Всього	6847	775	449717	812	466884

Отже, завдяки розрахункам транспортної роботи видно, що потрібно розмістити розподільчий центр за координатами  $X = 315$ ,  $Y = 167$ .

Зобразимо графічно розташування розподільчого центру на карті Дніпропетровської області (рис. 4.15).

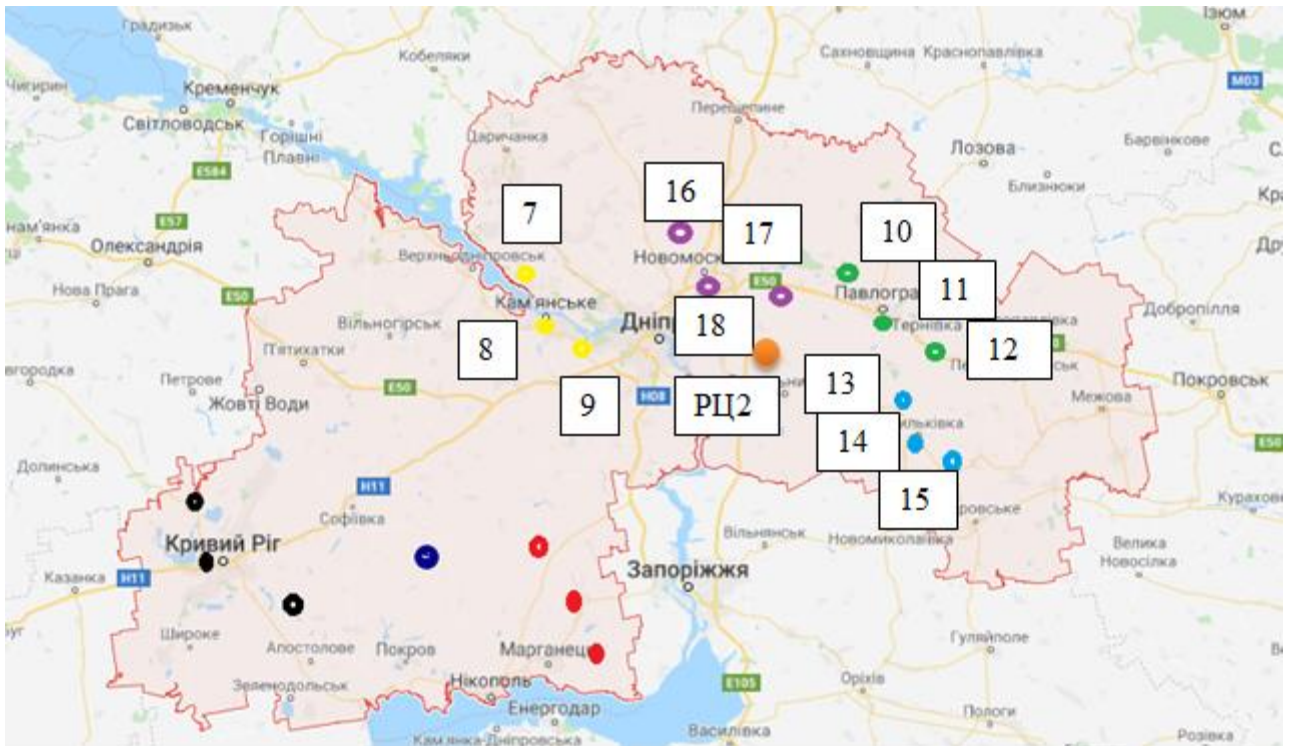


Рисунок 4.15 – Розташування розподільчого центру 2 на мапі Дніпропетровської області [Розроблено автором]

Таким чином, у даному розділі було знайдено координати розташування для розподільчих центрів на території Дніпропетровської області.

Виконав	Куртєв А.К.					Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.					74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5 ПОБУДОВА МАРШРУТІВ ДОСТАВКИ ЧЕРЕЗ РОЗПОДІЛЬЧИЙ ЦЕНТР ТА РОЗРАХУНОК ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

Спочатку знайдемо відстані між розподільчими центрами та головним складом у місті Дніпро:

$$1) \text{РЦ1} = \sqrt{(171 - 275)^2 + (54 - 165)^2} = \sqrt{10816 + 12321} = 152 \text{ км.}$$

$$2) \text{РЦ2} = \sqrt{(275 - 315)^2 + (165 - 167)^2} = \sqrt{1600 + 4} = 41 \text{ км.}$$

Маршрут доставки є таким: товари зі складу до розподільчих центрів доставляються власним автотранспортом, потім – транспортом розподільчого центру, який довантажує продукцію і обслуговує різні фермерські господарства району.

Доставка вантажу здійснюється автомобілем вантажопідйомністю 7 т. Вартість доставки становить в день – 300 грн + 2 грн/км.

Вартість доставки транспортом розподільчого центру коштує 1,5 грн/км, тому ми не платимо заробітну плату для водія.

Розрахуємо маршрут, вартість та час доставки для першого розподільчого центру.

1. Томаківський і Криворізький район.

1) Доставка до РЦ1:

Склад - - - - - 152 км - - - - - РЦ1 - - - - - 152 км - - - - - Склад

Зав. 2985 кг

Розв. 2985 кг

45 хв

228 хв

45 хв

228 хв

Кілометраж: 304 км.

Вартість:  $152 \text{ км} * 2 * 2 + 300 = 908 \text{ грн.}$

Час:  $304 * 1,5 = 456 \text{ хв} = 7 \text{ год } 36 \text{ хв} + 1 \text{ год } 30 \text{ хв} = 9 \text{ год } 06 \text{ хв.}$

Виконав	Куртєв А.К.							Арк.		
Перевірив	Леснікова І.Ю.					КРМ	275	17	ПЗ	75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Так як час роботи водія обмежений – 8 год – потрібно враховувати переробіток – 60 грн/год.

Отже, вартість буде 908 грн + 66 грн = 974 грн.

2.1) Доставка від РЦ1 до Томаківського району:

РЦ1 - - - 50 км - - - М 6 - - - 45 - - - М 5 - - - 26 - - - М 4 - - - 100 км - - -

РЦ1

Зав. 1347 кг Роз. 507 кг Роз. 455 кг Роз. 385 кг

21 хв 75 хв 8 хв 68 хв 7 хв 39 хв 6 хв 150 хв

Кілометраж: 221 км.

Вартість:  $1,5 \cdot (50 + 45 + 26 + 100) = 332$  грн.

Час: 374 хв = 6 год 14 хв.

2.2) Доставка від РЦ1 до Криворізького району:

РЦ1 - - - 50 км - - - М1 - - - 32 - - - М 2 - - - 61 - - - М 3 - - - 90 км - - - РЦ1

Зав. 1638 кг Роз. 543 кг Роз. 485 кг Роз. 610 кг

25 хв 75 хв 9 хв 48 хв 8 хв 92 хв 10 хв 135 хв

Кілометраж: 233 км.

Вартість:  $1,5 \cdot (50 + 32 + 61 + 90) = 350$  грн.

Час: 402 хв = 6 год 42 хв.

2. Кам'янський, Павлоградський, Васильківський, Новомосковський район.

1) Доставка до РЦ2:

Склад - - - - - 41 км - - - - - РЦ2 - - - - - 41 км - - - - - Склад

Зав. 6847 кг Розв. 6847 кг

103 хв 62 хв 103 хв 62 хв

Кілометраж: 82 км.

Вартість  $1,5 \cdot 82 + 300 = 423$  грн.

Час: 330 хв = 5 год 30 хв.

2.1) Доставка від РЦ2 до Кам'янського району:

РЦ2 - - - 73 км - - - М9 - - - 14 - - - М 8 - - - 27 - - - М 7 - - - 100 км - - -

РЦ2

Виконав	Куртєв А.К.							Арк.	
Перевірив	Леснікова І.Ю.				КРМ	275	17	ПЗ	76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Зав. 1942 кг Роз. 548 кг Роз. 785 кг Роз. 609 кг  
30 хв 110 хв 9 хв 21 хв 12 хв 41 хв 10 хв 150 хв  
Кілометраж: 214 км.

Вартість:  $1,5 * 214 = 321$  грн.

Час: 383 хв = 6 год 23 хв.

2.2) Доставка від РЦ2 до Павлоградського району:

РЦ2 - - - 43 км - - - М10 - - - 29 - - - М11 - - - 22 - - - М12 - - - 70 км - - -

РЦ2

Зав. 2013 кг Роз. 589 кг Роз. 632 кг Роз. 792 кг  
31 хв 65 хв 9 хв 44 хв 10 хв 33 хв 12 хв 105 хв  
Кілометраж: 164 км.

Вартість:  $1,5 * 164 = 246$  грн.

Час: 309 хв = 5 год 09 хв.

2.3) Доставка від РЦ2 до Васильківського району:

РЦ2 - - - 70 км - - - М13 - - - 21 - - - М14 - - - 43 - - - М15 - - - 93 км - - -

РЦ2

Зав. 1429 кг Роз. 489 кг Роз. 682 кг Роз. 258 кг  
22 хв 105 хв 8 хв 32 хв 11 хв 65 хв 4 хв 140 хв  
Кілометраж: 227 км.

Вартість:  $1,5 * 227 = 341$  грн.

Час: 387 хв = 6 год 27 хв.

2.4) Доставка від РЦ2 до Новомосковського району:

РЦ2 - - - 20 км - - - М18 - - - 30 - - - М17 - - - 27 - - - М16 - - - 33 км - - -

РЦ2

Зав. 1463 кг Роз. 395 кг Роз. 569 кг Роз. 499 кг  
22 хв 30 хв 6 хв 45 хв 9 хв 41 хв 8 хв 50 хв  
Кілометраж: 110 км.

Вартість:  $1,5 * 110 = 165$  грн.

Час: 211 хв = 3 год 31 хв.

Виконав	Куртєв А.К.							Арк.	
Перевірив	Леснікова І.Ю.				КРМ	275	17	ПЗ	77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Представимо наші розрахунки у таблиці 5.1 і розрахуємо сумарні значення.

Таблиця 5.1 - Розрахунок показників доставки

Назва маршруту	Кілометраж, км	Вартість, грн	Час, хв
Від Складу до РЦ1	304	908	9 год 06 хв
РЦ1 - Томаківський	221	332	6 год 14 хв
РЦ1 - Криворіжський	233	350	6 год 42 хв
Всього	758	1590	22 год 02 хв
Від Складу до РЦ2	82	423	5 год 30 хв
РЦ2 – Кам'янський	214	321	6 год 23 хв
РЦ2 - Павлоградський	164	246	5 год 09 хв
РЦ2 - Васильківський	227	341	6 год 27 хв
РЦ2 - Новомосковський	110	165	3 год 31 хв
Всього	797	1496	27 год 00 хв
Разом по обом РЦ	1555	3086	

Отже, провівши розрахунки видно, що використання розподільчих центрів є вигідним для доставки вантажів.

Вартість доставки для першого розподільчого центру складає 1590 грн, вартість доставки для другого розподільчого центру складає 1496 грн.

Всього вартість доставки при використанні розподільчих центрів буде становити 3086 грн, що є в рази меншим ніж вартість доставки транспортом у змішаному сполученні.

Виконав	Куртєв А.К.			КРМ 275 17 ПЗ	Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.				78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

## ВИСНОВКИ

У даній кваліфікаційній роботі магістра було виконано удосконалення транспортно-логістичної схеми перевезень будівельних матеріалів на основі кластерного аналізу.

У першому розділі проаналізовано статистичні дані щодо перевезення будівельних матеріалів. Було визначено, що руйнування логістичної інфраструктури через воєнні дії суттєво ускладнило перевезення будівельних матеріалів. Найбільше постраждали східні області України, проте Дніпропетровська область зберігає роль логістичного хабу завдяки ключовим транспортним вузлам. Зростання попиту на будівельні матеріали пов'язане з масштабними руйнуваннями, зокрема понад 300 000 знищених або пошкоджених будівель. Пріоритетними є цемент, металопрокат, піноблоки, шифер та енергоефективні матеріали, що використовуються для відновлення інфраструктури та житла. Дефіцит матеріалів і зростання цін викликані руйнуванням виробничих потужностей та логістичними труднощами. У 2023 році ціни на деякі будівельні матеріали зросли на 35-50%, а виробництво знизилося на 20-25%.

Імпорт будівельних матеріалів демонструє високий попит на скло, кераміку та вироби з цементу. У лютому 2024 року найбільша вага імпортованих матеріалів припадала на склокерамічну продукцію (19,86 млн кг).

Як прогноз можна сказати, що попит на будівельні матеріали залишатиметься високим у найближчі роки через необхідність відновлення житла та інфраструктури, що сприяє впровадженню нових логістичних схем і використанню інноваційних матеріалів.

У другому розділі побудовано фізичну та математичну моделі перевезення вантажу. Було розглянуто доставку будівельних матеріалів від трьох постачальників (склади у місті Дніпро) до трьох споживачів, що знаходяться у зоні обстрілів та мають постійну потребу у таких вантажах (м.

Виконав	Куртєв А.К.							Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.							79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

Нікополь, м. Марганець та с. Покровське Нікопольського району). Як результат було отримано маршрут перевезення:  $H(1,2) \Rightarrow H(2,3) \Rightarrow H(3,4) \Rightarrow H(4,1)$

У третьому розділі було обрано транспортні засоби для перевезення будівельних матеріалів та визначено техніко-експлуатаційні показники їх роботи на маршрутах. Довжина відстаней для маятникового маршруту №1 Дніпро-Марганець складає 115 км, для маршруту №2 Дніпро-Нікополь – 122 км, для маршруту №3 Дніпро-Покровське – 127 км. Для організації роботи на цих маршрутах буде доцільним обрати бортовий автомобіль Mercedes-Benz Atego, який може перевозити до 10 тон вантажу.

У четвертому розділі було наведено характеристику маршруту і розрахована його схема, за яким буде перевозитися вантаж за допомогою кластерного аналізу. Кластеризація – це процес об’єднання відомих об’єктів у підмножини, які називаються кластерами, так, щоб кожен кластер складався з схожих об’єктів, а об’єкти різних кластерів істотно відрізнялися [24].

Кластеризація – це загальна задача, для розв’язання якої використовуються різні підходи. Зокрема, алгоритми побудови кластерів можуть суттєво відрізнитись у розумінні того, що відносити в один кластер і як їх ефективно шукати. Серед популярних концепцій кластерів є групи з елементами, які утворюються ґрунтуючись на відстані між ними, на щільності ділянок у просторі даних, інтервалах або на конкретних статистичних розподілах. Тому кластеризація може бути сформульована як задача багатокритеріальної оптимізації. Відповідний алгоритм кластеризації та вибору параметрів (включаючи такі параметри, як функція відстані, порогове значення щільності або кількість очікуваних кластерів) залежать від конкретного набору даних та мети використання результатів. Кластерний аналіз як такий є не автоматизованим завданням, а ітераційним процесом виявлення знань або інтерактивної багатокритеріальної оптимізації, який містить спроби та невдачі. Часто доводиться змінювати процес опрацювання даних та параметри моделі поки не буде отримано з результат з заданими властивостями.

Виконав	Куртєв А.К.					Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.				КРМ 275 17 ПЗ	80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Розподільчий центр – це складський комплекс, який отримує товари від підприємств-виробників або від підприємств оптової торгівлі (наприклад, які знаходяться в інших регіонах країни або за кордоном) і розподіляє їх більш дрібними партіями замовникам (підприємствам дрібнооптової та роздрібно торгівлі) через свою або їх товаропровідну мережу.

За традиційною класифікацією, розроблено Едгаром Гувером, існує три принципові стратегії розташування розподільчих складів: поблизу від ринків збуту, поблизу від виробництва або проміжне розташування.

Головними критеріями роботи таких складів є забезпечення належної якості обслуговування або мінімізація логістичних витрат. Такі склади часто зустрічаються в торгівлі харчовими продуктами або промисловими товарами масового користування.

У даній кваліфікаційній роботі магістра склад розміщення товару знаходиться у місті Дніпро. Даний склад обслуговує 18 підприємств, які знаходяться в Дніпропетровській області. Вони знаходяться в 6 районах, таких як: Томаківський, Криворізький, Кам'янський, Павлоградський, Васильківський, Новомосковський, по 3 в кожному. Кожне із підприємств будівельних матеріалів має свої координати та певну потребу в товарі.

Тоді, за першим методом координатами першого розподільчого центру є:  $X = 171$ ,  $Y = 54$ .

Завдяки розрахункам транспортної роботи видно, що потрібно розмістити другий розподільчий центр за координатами  $X = 315$ ,  $Y = 167$ .

У п'ятому розділі виконано розрахунок вартості доставки в кластерах. Отже, виконавши розрахунки видно, що використання розподільчих центрів є вигідним для доставки вантажів. Вартість доставки для першого розподільчого центру складає 1590 грн, вартість доставки для другого розподільчого центру складає 1496 грн. Всього вартість доставки при використанні розподільчих центрів буде становити 3086 грн, що є в рази меншим ніж вартість доставки транспортом у змішаному сполученні.

Виконав	Куртєв А.К.							Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.							81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

*KPM 275 17 ПЗ*

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Зовнішній вигляд будівельних матеріалів: веб-сайт. URL: [https://www.google.com/search?sca\\_esv=a5d80f222e3035ff&sxsrf=ADLYWIIiERj6vbnz8zc3uQo-9h9fRTsOOQ:1729081238565&q=%D0%B1%D1%83%D0%B4%D1%8B%D0%B2%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B+%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D1%8B%D0%B0%D0%BB%D0%B8&udm=2&fbs=AEQNm0A8NLnHQsnv3eSO77JkwM6ySP-9Y3beOoi4jXemQiiTpVHOr\\_4LoxVaxJouugb9VzrH8YDCSp6d4DJRorf6NnGCpPas-tOxgAxiVEm5UCXbxPA3l0RkOmBW4JPUTzWVi7J43trzoXO1e5JbkYjsb60ai3XgRmCkP3zhNpKrWxAyCr5-gCm03W8JWz\\_uixEMt19gom9\\_c-MiIVI5VFRH-ZPuQ4gletGgn4g3BRH2LPvMDIRBp7IEvrvtHYuE9u6JUzjKBoEc&sa=X&ved=2ahUKEwiXuIzI8ZKJAxVAR\\_EDHQuRMU0QtKgLegQIFRAB&biw=1470&bih=831&dpr=2#vhid=bPqrVPEdsvmGAM&vssid=mosaic](https://www.google.com/search?sca_esv=a5d80f222e3035ff&sxsrf=ADLYWIIiERj6vbnz8zc3uQo-9h9fRTsOOQ:1729081238565&q=%D0%B1%D1%83%D0%B4%D1%8B%D0%B2%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B+%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D1%8B%D0%B0%D0%BB%D0%B8&udm=2&fbs=AEQNm0A8NLnHQsnv3eSO77JkwM6ySP-9Y3beOoi4jXemQiiTpVHOr_4LoxVaxJouugb9VzrH8YDCSp6d4DJRorf6NnGCpPas-tOxgAxiVEm5UCXbxPA3l0RkOmBW4JPUTzWVi7J43trzoXO1e5JbkYjsb60ai3XgRmCkP3zhNpKrWxAyCr5-gCm03W8JWz_uixEMt19gom9_c-MiIVI5VFRH-ZPuQ4gletGgn4g3BRH2LPvMDIRBp7IEvrvtHYuE9u6JUzjKBoEc&sa=X&ved=2ahUKEwiXuIzI8ZKJAxVAR_EDHQuRMU0QtKgLegQIFRAB&biw=1470&bih=831&dpr=2#vhid=bPqrVPEdsvmGAM&vssid=mosaic)
2. Куртєв А. Розробка параметрів автобусних маршрутів для моделі оптимізації. «Відкрита наука сьогодні: основна місія, напрями та інструменти, шлях та її розвитку»: Матеріали міжнар. Науково-практ. Конф., м. Вінниця, 1 листоп. 2024 р. Наук. Керівник І. Леснікова. Дніпро, 2024.
2. «Стан відновлення інфраструктури: веб-сайт. URL: <https://mtu.gov.ua/> (дата звернення 19.10.2024)
3. Державна служба статистики України. «Динаміка виробництва та попиту на будівельні матеріали»: веб-сайт. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/index.html> (дата звернення 21.10.2024)
4. Інститут економіки та прогнозування НАН України. «Вплив воєнних дій на будівельну індустрію України»: веб-сайт. URL: <http://ief.org.ua/?cat=187> (дата звернення 10.10.2024)

Виконав	Куртєв А.К.							Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.							82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

5. «Укрметалургпром», асоціація. «Перспективи розвитку металургійної та будівельної галузі України»: веб-сайт. URL: <https://interfraht.ua/ru/mezhdunarodnye-perevozki/> (дата звернення 19.10.2024)

6. Результати діяльності металургійної галузі України: веб-сайт. URL: <https://www.ukrmetprom.org/rezultati-diyalnosti-metalurgiynoi-42/> (дата звернення 01.11.2024)

7. Звіт про прямі збитки інфраструктури від руйнувань внаслідок військової агресії Росії проти України станом на початок 2024 року: веб-сайт. URL: [https://kse.ua/wp-content/uploads/2024/04/01.01.24\\_Damages\\_Report.pdf](https://kse.ua/wp-content/uploads/2024/04/01.01.24_Damages_Report.pdf) (дата звернення 05.11.2024)

8. Дніпропетровська обласна військова адміністрація. Звіт про пошкодження транспортної інфраструктури, 2023 р.: веб-сайт. URL: <https://adm.dp.gov.ua/> (дата звернення 04.11.2024)

9. Галузеві тренди. Стан логістичної галузі в Україні: тренди та особливості. веб-сайт. URL: <https://hub.kyivstar.ua/articles/galuzevi-trendi-stan-logistichnoyi-galuzi-v-ukrayini-trendi-ta-osoblivosti> (дата звернення 19.10.2024)

10. Іванов, А. В. (2020). «Оптимізація транспортно-логістичних процесів для перевезень будівельних матеріалів в умовах України.» Журнал транспорту та логістики, 7(4), 45-59.

11. Петренко, О. М. (2018). «Моделювання логістичних потоків у системах доставки будівельних матеріалів.» Транспорт і логістика: проблеми та перспективи, 12(3), 112-120

12. Сидоренко, Ю. І. (2019). «Аналіз логістичних процесів і їх вдосконалення у сфері будівництва.» Вісник транспортних систем, 45(2), 67-74

13. Коваленко, Н. О., та ін. (2021). «Автоматизація управління транспортуванням будівельних матеріалів.» Технічні науки: інновації та розвиток, 14(1), 23-31.

14. Косов, О. В. (2017). «Застосування транспортних мереж для зниження витрат на доставку будівельних матеріалів.» Логістичні інновації, 9(2), 150-159

Виконав	Куртєв А.К.							Арк.		
Перевірив	Леснікова І.Ю.					КРМ	275	17	ПЗ	83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

15. Мельник, І. С., та ін. (2022). «Логістичні стратегії для скорочення часу доставки будівельних матеріалів у кризовий період.» Журнал транспортної економіки, 11(3), 33-41.

16. Чекалін, Д. О. (2020). «Інтеграція транспортних систем для оптимізації перевезень будівельних матеріалів.» Наукові праці в галузі транспорту та логістики, 28(5), 74-82

17. Оптимізація роботи транспорту: методи та рішення логістики: веб-сайт. URL: <http://arprime.ru/optimizacia/transportnyeprocessy-i-rashody-predpriatia> (дата звернення 19.11.2024)

18. Транспортна задача лінійного програмування: веб-сайт. URL: <https://www.mathros.net.ua/transportna-zadacha-matematychna-postanovka-zadachi.html> (дата звернення 21.11.2024)

19. Гугл-карти: веб-сайт. URL: <https://www.google.com/maps/?hl=ru> (дата звернення 17.11.2024)

20. Основні характеристики вантажного автомобіля Mercedes-Benz Atego: веб-сайт. URL: <https://truck-and-bus.ru/catalog/mercedes-benz/mercedes-benz-atego/mercedes-benz-atego-815/> (дата звернення 19.10.2024)

21. Укладання будівельних матеріалів на автомобіль DAF XF105-4100 з напівпричепом: веб-сайт. URL: [https://truck-simulator.fandom.com/wiki/DAF\\_XF105](https://truck-simulator.fandom.com/wiki/DAF_XF105) (дата звернення 16.11.2024)

22. Основні характеристики вантажного автомобіля DAF XF105-4100: веб-сайт. URL: <https://www.planet-trucks.com/technical-data-sheets/daf-ft-xf-105-space-cab-st-75> (Дата зірнення 19.10.2024)

23. *Босняк М. Г.* Вантажні автомобільні перевезення Навчальний посібник

для студентів спеціальності 7.100403 «Організація перевезень і управління на транспорті (автомобільний)». К.: Видавничий Дім «Слово», 2010. 408 с.

Виконав	Куртєв А.К.							Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.							84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

24. Загальний опис кластеризації: веб-сайт. URL:

[https://ukrayinska.libretexts.org/%D0%91%D1%96%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%8F/%D0%9E%D0%B1%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0\\_%D0%B1%D1%96%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%8F/%D0%9A%D0%BD%D0%B8%D0%B3%D0%B0%3A\\_%D0%9E%D0%B1%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0\\_%D0%B1%D1%96%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%8F\\_-\\_%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%B8%2C\\_%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B6%D1%96\\_%D1%82%D0%B0\\_%D0%B5%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D1%8E%D1%86%D1%96%D1%8F\\_\(Kellis\\_et\\_al.\)/15%3A\\_%D0%A0%D0%B5%D0%B3%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%86%D1%96%D1%8F\\_%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D1%96%D0%B2\\_I\\_-\\_%D0%9A%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F\\_%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%BF%D1%80%D0%B5%D1%81%D1%96%D1%97\\_%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D1%96%D0%B2/15.03%3A\\_%D0%90%D0%BB%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%BC%D0%B8\\_%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%97](https://ukrayinska.libretexts.org/%D0%91%D1%96%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%8F/%D0%9E%D0%B1%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0_%D0%B1%D1%96%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%8F/%D0%9A%D0%BD%D0%B8%D0%B3%D0%B0%3A_%D0%9E%D0%B1%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0_%D0%B1%D1%96%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%8F_-_%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%B8%2C_%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B6%D1%96_%D1%82%D0%B0_%D0%B5%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D1%8E%D1%86%D1%96%D1%8F_(Kellis_et_al.)/15%3A_%D0%A0%D0%B5%D0%B3%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%86%D1%96%D1%8F_%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D1%96%D0%B2_I_-_%D0%9A%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F_%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%BF%D1%80%D0%B5%D1%81%D1%96%D1%97_%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D1%96%D0%B2/15.03%3A_%D0%90%D0%BB%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%BC%D0%B8_%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%97) (дата звернення 07.12.2024)

25. Посібник кластеризації: веб-сайт. URL:

<https://serpstat.com/uk/tutorial/1003-klasterizatciya/> (дата звернення 19.10.2024)

Виконав	Куртєв А.К.							Арк.
Перевірив	Леснікова І.Ю.							85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

## МАТРИЦЯ ВІДСТАНЕЙ, КМ

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	0	32	61	141	135	98	125	101	93	184	180	192	173	171	174	159	141	156
2	32	0	32	170	161	120	146	120	110	182	173	182	160	154	155	170	149	157
3	61	32	0	189	176	132	178	151	140	202	189	195	170	161	160	197	175	179
4	141	170	188	0	26	64	179	174	179	294	301	318	303	306	310	240	237	263
5	135	161	176	26	0	45	191	183	186	300	304	320	303	304	308	250	244	268
6	98	120	132	64	45	0	180	167	166	275	275	289	270	269	272	233	223	244
7	125	146	178	179	191	180	0	27	40	130	147	169	166	179	188	63	70	101
8	101	120	151	174	183	167	27	0	14	123	135	155	149	160	168	67	63	91
9	93	110	140	179	186	266	40	14	0	115	125	145	137	147	155	68	58	84
10	184	182	202	294	300	275	130	123	115	0	29	50	65	85	97	73	60	32
11	180	173	189	301	304	275	147	135	125	29	0	22	36	57	68	96	78	47
12	192	182	195	318	320	289	169	155	145	50	22	0	27	45	55	118	100	70
13	173	160	170	303	303	270	166	149	137	65	36	27	0	21	32	124	101	74
14	171	154	161	306	304	269	179	160	147	85	57	45	21	0	43	141	117	92
15	174	155	160	310	308	272	188	168	155	97	68	55	32	43	0	152	128	103
16	159	170	180	240	250	234	63	67	68	73	96	119	124	141	152	0	27	50
17	142	149	175	237	244	223	70	63	58	60	78	100	101	117	128	27	0	30
18	156	157	179	263	268	244	101	91	84	32	47	70	74	92	103	50	30	0

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
УНІВЕРСИТЕТ МИТНОЇ СПРАВИ ТА ФІНАНСІВ**

**ГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ**

**ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА**

**на тему:**

**«УДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНОЇ СХЕМИ  
ПЕРЕВЕЗЕНЬ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ  
КЛАСТЕРНОГО АНАЛІЗУ»**

**студентки групи Т23-1м  
КУРТЄВА АРТЕМА КОСТЯНТИНОВИЧА**

**Спеціальність 275 Транспортні технології  
(на автомобільному транспорті)**

Керівник кваліфікаційної роботи магістра:  
кандидат технічних наук, доцент кафедри  
транспортних технологій та міжнародної  
логістики  
Леснікова І.Ю.

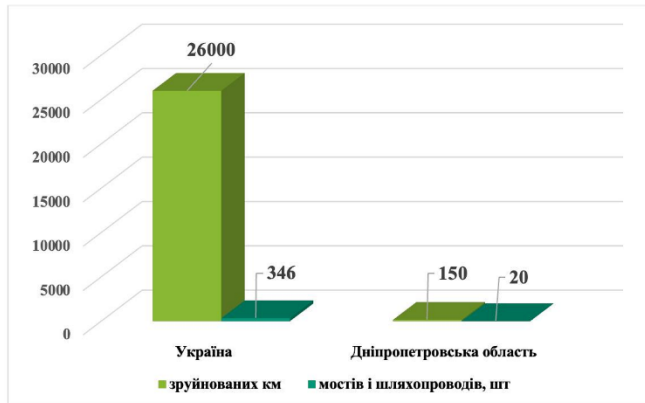
---

*(підпис)*

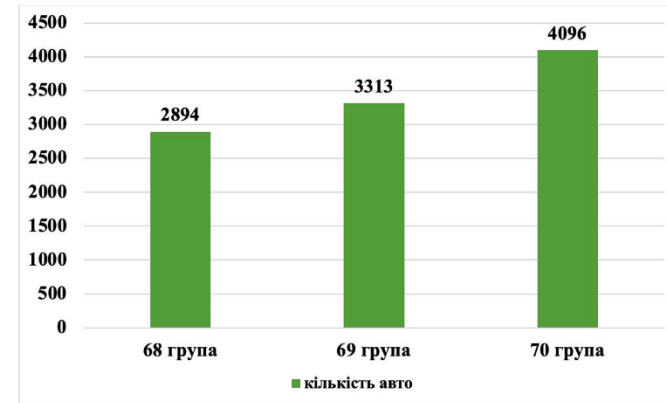
Дніпро  
2025

# АНАЛІЗ ОРГАНІЗАЦІЇ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ В УКРАЇНІ ПІД ЧАС ВОЄННИХ ДІЙ

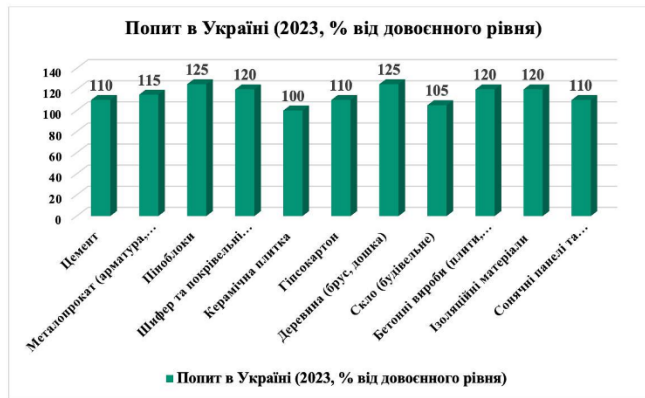
Кількість зруйнованих або пошкоджених кілометрів автомобільних доріг, мостів та шляхопроводів станом на серпень 2023 року



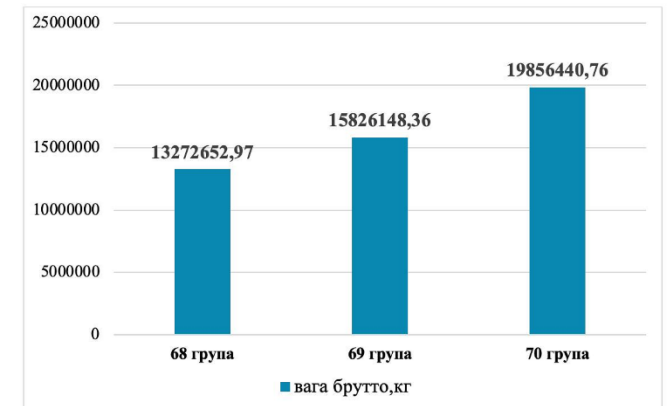
Кількість автомобілів, які завезли будівельні матеріали



Попит в Україні (2023, % від довоєнного рівня)



Кількість будівельних матеріалів, які було завезено до України у лютому 2024 р. (класифікація за групою коду УКТЗЕД), кг



				КРМ 275 17 Г4		
Найменування	Код УКТЗЕД	Тариф	Категорія	Вид	Відео	Місце
Керамічна плитка	69051000		Вантажні автомобілі	Україна	Україна	17
Керамічна плитка	69051000		Вантажні автомобілі	Україна	Україна	2
				УМЦФ, гр. Т23-1М		
				Формат А1		



## ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТРАНСПОРТНОЇ ЗАДАЧІ

*Кількість зруйнованих або пошкоджених кілометрів автомобільних доріг, мостів та шляхопроводів станом на серпень 2023 року*

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} \cdot x_{ij} \rightarrow \min \quad (2.1)$$

за обмежень:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i \quad (i = \overline{1, m}) \quad (2.2)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j \quad (j = \overline{1, n}) \quad (2.3)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad (i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n};) \quad (2.4)$$

де  $x_{ij}$  – кількість продукції, що перевозиться від і-го постачальника до j-го споживача;

$c_{ij}$  – вартість перевезення одиниці продукції від і-го постачальника до j-го споживача;

$a_i$  – запаси продукції і-го постачальника;

$b_j$  – попит на продукцію j-го споживача.

Якщо в транспортній задачі загальна кількість продукції постачальників дорівнює загальному попиту всіх споживачів, тобто

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j \quad (2.5)$$

то таку транспортну задачу називають збалансованою, або закритою. Якщо ж така умова не виконується, то транспортну задачу називають незбалансованою, або відкритою

$$X = (x_{ij}^*) \quad (i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n};) \quad (2.6)$$

Оптимальним планом транспортної задачі називають матрицю:

$$X^* = (x_{ij}^*) \quad (i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n};) \quad (2.7)$$

яка задовольняє умови задачі і для якої цільова функція (2.1) набуває найменшого значення.

Планом транспортної задачі називають будь-який невід'ємний розв'язок системи обмежень (2.2) – (2.4) транспортної задачі, який позначають матрицею

*Вигляд початкових даних транспортної задачі*

Пункти відправлення	Пункти призначення					Запаси
	$B_1$	...	$B_j$	...	$B_n$	
$A_1$	$C_{11}$	...	$C_{1j}$	...	$C_{1n}$	$a_1$
...	$x_{11}$	...	$x_{1j}$	...	$x_{1n}$	...
$A_i$	$C_{i1}$	...	$C_{ij}$	...	$C_{in}$	$a_i$
...	$x_{i1}$	...	$x_{ij}$	...	$x_{in}$	...
$A_m$	$C_{m1}$	...	$C_{mj}$	...	$C_{mn}$	$a_m$
...	$x_{m1}$	...	$x_{mj}$	...	$x_{mn}$	...
Потреби	$b_1$	...	$b_j$	...	$b_n$	

				КРМ 275 17 Г4		
№ п/п	№ докум.	Дата	Відомості про виконання роботи	Знак	Відео	Мікрофон
1	2	3	4	5	6	7
2	3	4	5	6	7	8
3	4	5	6	7	8	9
4	5	6	7	8	9	10
5	6	7	8	9	10	11
6	7	8	9	10	11	12
7	8	9	10	11	12	13
8	9	10	11	12	13	14
9	10	11	12	13	14	15
10	11	12	13	14	15	16
11	12	13	14	15	16	17
12	13	14	15	16	17	18
13	14	15	16	17	18	19
14	15	16	17	18	19	20
15	16	17	18	19	20	21
16	17	18	19	20	21	22
17	18	19	20	21	22	23
18	19	20	21	22	23	24
19	20	21	22	23	24	25
20	21	22	23	24	25	26
21	22	23	24	25	26	27
22	23	24	25	26	27	28
23	24	25	26	27	28	29
24	25	26	27	28	29	30
25	26	27	28	29	30	31
26	27	28	29	30	31	32
27	28	29	30	31	32	33
28	29	30	31	32	33	34
29	30	31	32	33	34	35
30	31	32	33	34	35	36
31	32	33	34	35	36	37
32	33	34	35	36	37	38
33	34	35	36	37	38	39
34	35	36	37	38	39	40
35	36	37	38	39	40	41
36	37	38	39	40	41	42
37	38	39	40	41	42	43
38	39	40	41	42	43	44
39	40	41	42	43	44	45
40	41	42	43	44	45	46
41	42	43	44	45	46	47
42	43	44	45	46	47	48
43	44	45	46	47	48	49
44	45	46	47	48	49	50
45	46	47	48	49	50	51
46	47	48	49	50	51	52
47	48	49	50	51	52	53
48	49	50	51	52	53	54
49	50	51	52	53	54	55
50	51	52	53	54	55	56
51	52	53	54	55	56	57
52	53	54	55	56	57	58
53	54	55	56	57	58	59
54	55	56	57	58	59	60
55	56	57	58	59	60	61
56	57	58	59	60	61	62
57	58	59	60	61	62	63
58	59	60	61	62	63	64
59	60	61	62	63	64	65
60	61	62	63	64	65	66
61	62	63	64	65	66	67
62	63	64	65	66	67	68
63	64	65	66	67	68	69
64	65	66	67	68	69	70
65	66	67	68	69	70	71
66	67	68	69	70	71	72
67	68	69	70	71	72	73
68	69	70	71	72	73	74
69	70	71	72	73	74	75
70	71	72	73	74	75	76
71	72	73	74	75	76	77
72	73	74	75	76	77	78
73	74	75	76	77	78	79
74	75	76	77	78	79	80
75	76	77	78	79	80	81
76	77	78	79	80	81	82
77	78	79	80	81	82	83
78	79	80	81	82	83	84
79	80	81	82	83	84	85
80	81	82	83	84	85	86
81	82	83	84	85	86	87
82	83	84	85	86	87	88
83	84	85	86	87	88	89
84	85	86	87	88	89	90
85	86	87	88	89	90	91
86	87	88	89	90	91	92
87	88	89	90	91	92	93
88	89	90	91	92	93	94
89	90	91	92	93	94	95
90	91	92	93	94	95	96
91	92	93	94	95	96	97
92	93	94	95	96	97	98
93	94	95	96	97	98	99
94	95	96	97	98	99	100

# ПОБУДОВА ФІЗИЧНОЇ МОДЕЛІ ТРАНСПОРТНОЇ ЗАДАЧІ

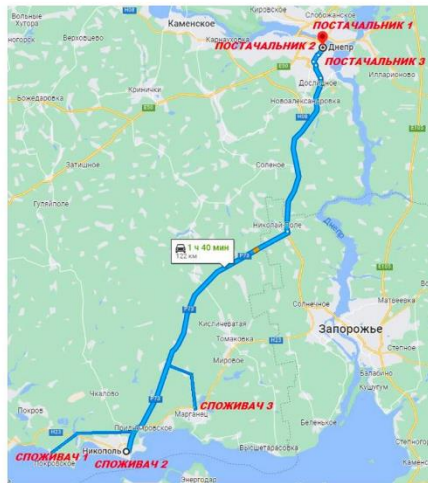
Вихідна матриця відстаней

	Дніпро	Марганець	Нікополь	Покровське
Дніпро	X	115	122	127
Марганець	115	X	28	37
Нікополь	122	28	X	21
Покровське	127	37	21	X

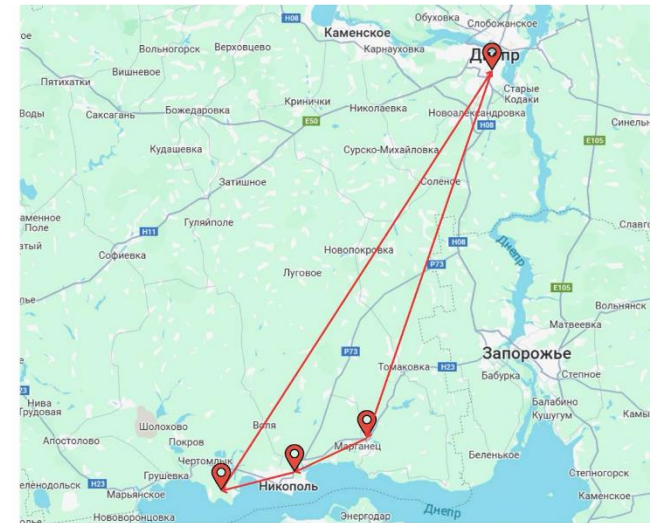
Початкова матриця 1

	1	2	3	4	
1	M	115 <sub>0</sub>	122 <sub>7</sub>	127 <sub>12</sub>	115
2	115 <sub>0</sub>	M	28 <sub>87</sub>	37 <sub>78</sub>	115
3	122 <sub>0</sub>	28 <sub>94</sub>	M	21 <sub>101</sub>	122
4	127 <sub>0</sub>	37 <sub>90</sub>	21 <sub>106</sub>	M	127
	0	94	106	101	178

Схема розташування постачальників та споживачів будівельних вантажів



Отриманий маршрут перевезення вантажу



Підсумкова матриця 6

	1	3	
2	M	0 <sub>0</sub>	0
4	0 <sub>0</sub>	M	0
	0	0	0

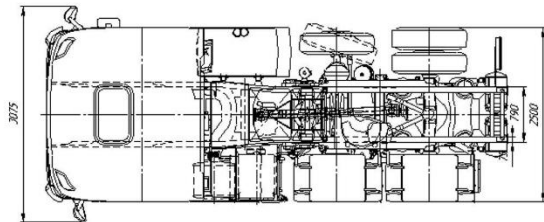
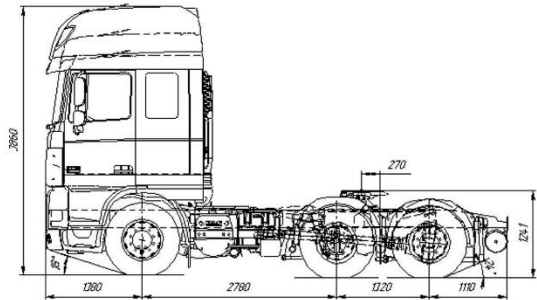
				КРМ 275 17 ГЧ			
№	Дата	№ докум.	Зміст	Відомості про виконання роботи	№	Дата	Виконавець
1				визначення оптимального маршруту			11
2				на основі математичної моделі			
3							
4							
5							
6							
				УМЦФ, збр. Т23-ІМ			
				Київщина			

# ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ АВТОМОБІЛІВ НА МАРШРУТІ

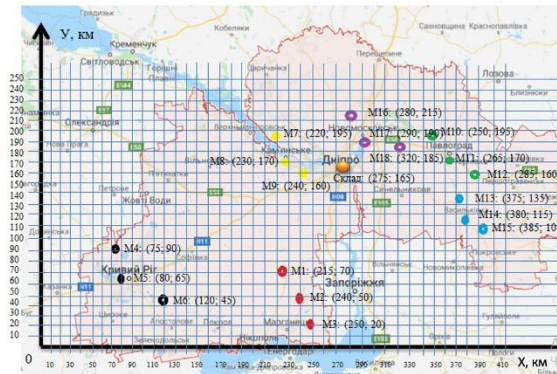
Основні характеристики вантажного автомобіля Mercedes-Benz Atego

Характеристики	Значення
Вантажопідйомність	10 т
Кузов (довжина/ширина/висота)	7.2/2.35/0.6 м
Габарити (довжина/ширина/висота)	9.5/2.5/2.8 м

Основні характеристики вантажного автомобіля DAF XF105-4100



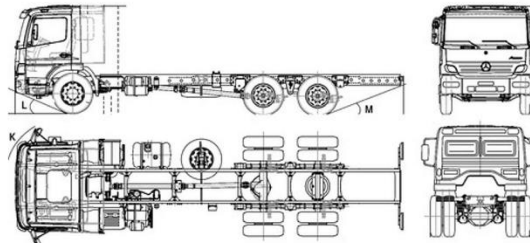
Точки доставки в системі координат



Вихідні дані

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9
x	215	240	250	75	80	120	220	230	240
y	70	50	20	90	65	45	195	170	160
№ п/п	10	11	12	13	14	15	16	17	18
x	350	365	385	375	380	385	280	290	320
y	195	170	160	135	115	105	215	190	185

Схематичне зображення вантажного автомобіля Mercedes-Benz Atego 2425 (2010)



Вихідні дані пунктів доставки вантажу

Назва пункту доставки	Координата осі X, км	Координата осі Y, км	Потреба вантажу, кг
1	2	3	4
Склад Дніпро	275	165	-
Томашівський район:	215	70	543
1. Чумаки	240	50	485
2. Томашівка	250	20	610

1	2	3	4
Криворізький район:	75	90	385
4. Лозуватка	80	65	455
5. Кривий Ріг	120	45	507
6. Злагоуствітка			
Кам'янський район:	220	195	609
7. Куліші	230	170	785
8. Кам'янець	240	160	548
9. Світле			
Павлоградський район:	350	195	589
10. Веселівське	365	170	632
11. Павлоград	385	160	792
12. Миколаївка			
Васильківський район:	375	135	489
13. Троїцьке	380	115	682
14. Васильківка	385	105	258
15. Просіяна			
Новомосковський район:	280	215	499
16. Димитівка	290	190	569
17. Новомосковськ	320	185	395
18. Меліоративне			

Лист 01  
Лист 02  
Лист 03  
Лист 04  
Лист 05  
Лист 06  
Лист 07  
Лист 08  
Лист 09  
Лист 10  
Лист 11  
Лист 12  
Лист 13  
Лист 14  
Лист 15  
Лист 16  
Лист 17  
Лист 18  
Лист 19  
Лист 20

КРМ 275 17 Г4		
№ документа	№ форми	Дата
Лист 01	Лист 01	
Лист 02	Лист 02	
Лист 03	Лист 03	
Лист 04	Лист 04	
Лист 05	Лист 05	
Лист 06	Лист 06	
Лист 07	Лист 07	
Лист 08	Лист 08	
Лист 09	Лист 09	
Лист 10	Лист 10	
Лист 11	Лист 11	
Лист 12	Лист 12	
Лист 13	Лист 13	
Лист 14	Лист 14	
Лист 15	Лист 15	
Лист 16	Лист 16	
Лист 17	Лист 17	
Лист 18	Лист 18	
Лист 19	Лист 19	
Лист 20	Лист 20	

# СФОРМОВАНІ КЛАСТЕРИ В ДНІПРОПЕТРОВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

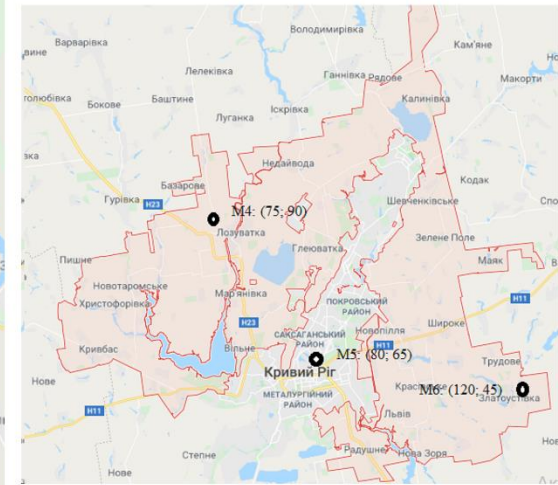
Томаківський кластер



Новомосковський кластер



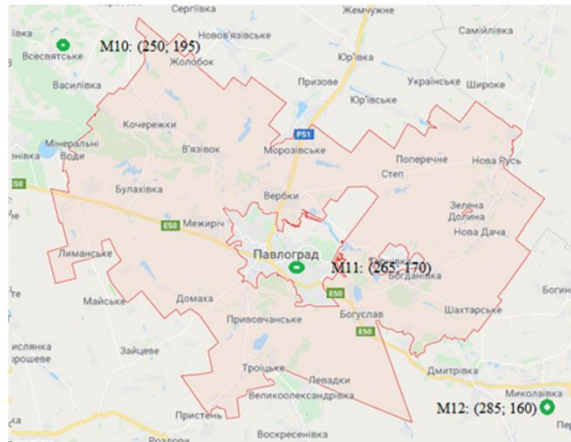
Криворізький кластер



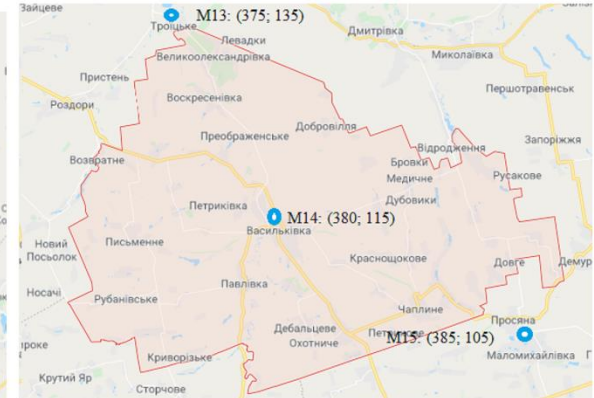
Кам'янський кластер



Павлоградський кластер



Васильківський кластер



Діаграма  
 Стор. №  
 Дата виготовлення  
 Автор проекту  
 Назва проекту  
 Назва організації

				KPM 275 17 Г4	
Всього населення	10 000	1000	1000	1000	1000
Всього населення	10 000	1000	1000	1000	1000
Всього населення	10 000	1000	1000	1000	1000
Всього населення	10 000	1000	1000	1000	1000
				УМФ, пр. Т23-84	
				Формат А1	

# РЕЗУЛЬТАТ МОДЕЛЮВАННЯ ЗМІШАНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПО ДНІПРОПЕТРОВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

Транспортні шляхи Дніпропетровської області



Схема доставки вантажу залізничним транспортом

Назва кластеру	Назва пункту прибуття	Об'єм вантажу, кг	Протяжність маршруту, км	Час руху, год
1. Томаківський	Томаківка	1638	138	2 год 52 хв
2. Криворізький	Кривий Ріг	1347	187	3 год 35 хв
3. Кам'янський	Кам'янське	1942	43	1 год 23 хв
4. Павлоградський	Павлоград	2013	86	2 год 08 хв
5. Васильківський	Васильківка	1429	96	2 год 06 хв
6. Новомосковський	Новомосковськ	1463	25	55 хв

Результати розрахунку показників по доставці автомобільним транспортом

Назва району	Час доставки, хв	Протяжність маршруту, км	Вартість, грн
1. Томаківський	5 год 19 хв	94	770
2. Криворізький	3 год 06 хв	110	850
3. Кам'янський	1 год 54 хв	55	575
4. Павлоградський	2 год 29 хв	78	690
5. Васильківський	2 год 14 хв	76	680
6. Новомосковський	2 год 25 хв	81	705
Всього	17 год 27 хв	494	4270

Розрахунки для змішаних перевезень

Назва району	Час доставки, хв	Протяжність маршруту, км	Вартість, грн
1. Томаківський	8 год 11 хв	232	3392
2. Криворізький	6 год 41 хв	297	4403
3. Кам'янський	3 год 17 хв	98	1392
4. Павлоградський	4 год 37 хв	164	2324
5. Васильківський	4 год 20 хв	172	2504
6. Новомосковський	3 год 20 хв	106	1180
Всього	30 год 26 хв	1069	15195

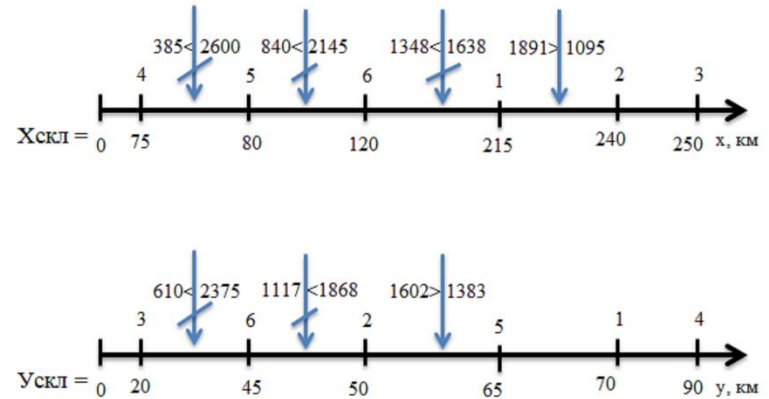
				КРМ 275 17 Г4		
№ п/п	№ документа	Дата	Вид	Відомості про виконання роботи	Зроблено	Незроблено
1	КРМ 275 17 Г4	05.11.2015	Звіт	Виконано: 11	0	0
2	КРМ 275 17 Г4	05.11.2015	Звіт	Виконано: 11	0	0
3	КРМ 275 17 Г4	05.11.2015	Звіт	Виконано: 11	0	0
				УМФ, гр. Т23-04		
				Користувач: [им'я]		

## ЗНАХОДЖЕННЯ МІСЦЯ РОЗТАШУВАННЯ РОЗПОДІЛЬЧОГО ЦЕНТРУ №1

Вихідні дані для розрахунку координатів першого розподільчого центру

№ точки доставки	Координата X, км	Координата Y, км	Вантажообіг, кг/день
1. Чумаки	215	70	543
2. Томаківка	240	50	485
3. Глухе	250	20	610
4. Лозуватка	75	90	385
5. Кривий Ріг	80	65	455
6. Златоустівка	120	45	507

Метод пробної точки



Розташування магазинів та розподільчих центрів

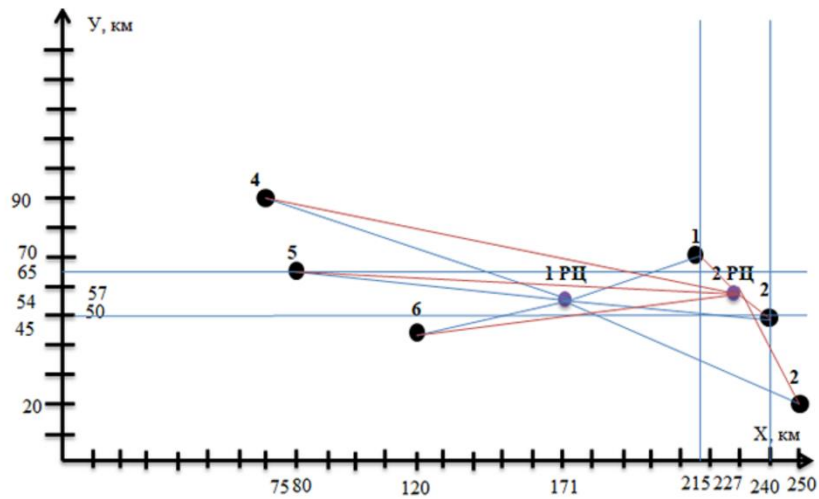


Схема розподільчого центру 1



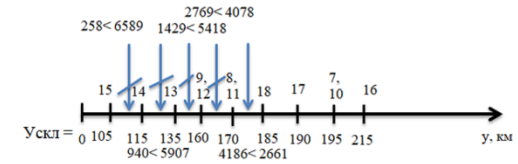
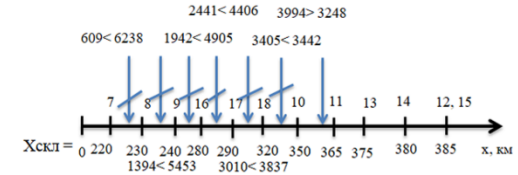
				КРМ 275 17 Г4		
№ документа	№ форми	Дата	Відомості про виконання роботи	Зробив	Перевірив	Масштаб
			Виконано розрахунок координатів першого розподільчого центру методом пробної точки			1:1
			на основі вихідних даних			
				Зробив	Перевірив	Дата
				С.М.Ф.	С.М.Ф.	ТЗ-10

# ЗНАХОДЖЕННЯ МІСЦЯ РОЗТАШУВАННЯ РОЗПОДІЛЬЧОГО ЦЕНТРУ №2

Вихідні дані для розрахунку координатів першого розподільчого центру

№ точки доставки	Координата X, км	Координата Y, км	Вантажообіг, кг/день
7. Куліші	220	195	609
8. Кам'янське	230	170	785
9. Світле	240	160	548
10. Весвятське	350	195	589
11. Павлоград	365	170	632
12. Миколаївка	385	160	792
13. Троїцьке	375	135	489
14. Васильківка	380	115	682
15. Просяна	385	105	258
16. Дмитрівка	280	215	499
17. Новомосковськ	290	190	569
18. Меліоративне	320	185	395

Метод пробної точки



Розташування с/г підприємств та розподільчих центрів

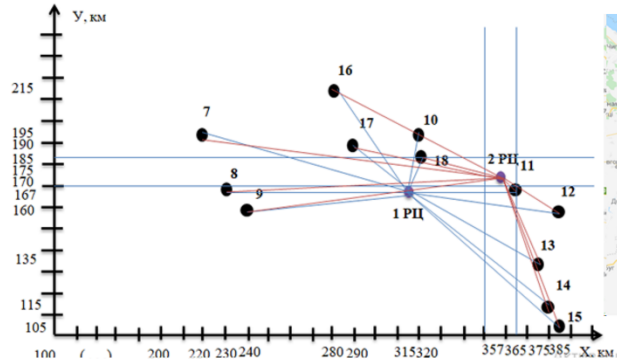
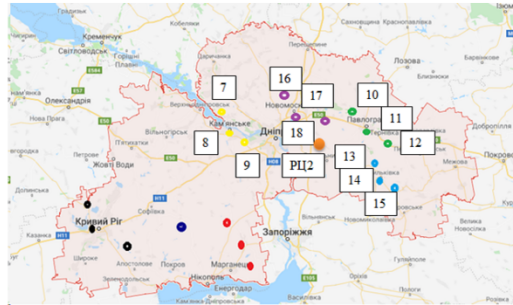


Схема розподільчого центру 2



Розрахунок показників доставки

Назва маршруту	Кілометраж, км	Вартість, грн	Час, хв
Від Складу до РЦ1	304	908	9 год 06 хв
РЦ1 - Томаківський	221	332	6 год 14 хв
РЦ1 - Криворіжський	233	350	6 год 42 хв
Всього	758	1590	22 год 02 хв
Від Складу до РЦ2	82	423	5 год 30 хв
РЦ2 - Кам'янський	214	321	6 год 23 хв
РЦ2 - Павлоградський	164	246	5 год 09 хв
РЦ2 - Васильківський	227	341	6 год 27 хв
РЦ2 - Новомосковський	110	165	3 год 31 хв
Всього	797	1496	27 год 00 хв
Разом по обом РЦ	1555	3086	

Додаток №1  
 Додаток №2  
 Додаток №3  
 Додаток №4  
 Додаток №5  
 Додаток №6  
 Додаток №7  
 Додаток №8  
 Додаток №9  
 Додаток №10  
 Додаток №11  
 Додаток №12  
 Додаток №13  
 Додаток №14  
 Додаток №15  
 Додаток №16  
 Додаток №17  
 Додаток №18  
 Додаток №19  
 Додаток №20  
 Додаток №21  
 Додаток №22  
 Додаток №23  
 Додаток №24  
 Додаток №25  
 Додаток №26  
 Додаток №27  
 Додаток №28  
 Додаток №29  
 Додаток №30  
 Додаток №31  
 Додаток №32  
 Додаток №33  
 Додаток №34  
 Додаток №35  
 Додаток №36  
 Додаток №37  
 Додаток №38  
 Додаток №39  
 Додаток №40  
 Додаток №41  
 Додаток №42  
 Додаток №43  
 Додаток №44  
 Додаток №45  
 Додаток №46  
 Додаток №47  
 Додаток №48  
 Додаток №49  
 Додаток №50  
 Додаток №51  
 Додаток №52  
 Додаток №53  
 Додаток №54  
 Додаток №55  
 Додаток №56  
 Додаток №57  
 Додаток №58  
 Додаток №59  
 Додаток №60  
 Додаток №61  
 Додаток №62  
 Додаток №63  
 Додаток №64  
 Додаток №65  
 Додаток №66  
 Додаток №67  
 Додаток №68  
 Додаток №69  
 Додаток №70  
 Додаток №71  
 Додаток №72  
 Додаток №73  
 Додаток №74  
 Додаток №75  
 Додаток №76  
 Додаток №77  
 Додаток №78  
 Додаток №79  
 Додаток №80  
 Додаток №81  
 Додаток №82  
 Додаток №83  
 Додаток №84  
 Додаток №85  
 Додаток №86  
 Додаток №87  
 Додаток №88  
 Додаток №89  
 Додаток №90  
 Додаток №91  
 Додаток №92  
 Додаток №93  
 Додаток №94  
 Додаток №95  
 Додаток №96  
 Додаток №97  
 Додаток №98  
 Додаток №99  
 Додаток №100

КРМ 275 17 Г4		
Назва	№ докум.	Дата
Протокол	К/2023/17	17
Тема	Знаходження місця розташування розподільчого центру	Знач. 8
Місце	Значення 11	Значення 2
Год	Значення 11	Значення 17

