

**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 ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ РОСЛИН**  
**АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ**

Виконав: студент групи **T23-1м**  
спеціальності 275 Транспортні  
технології (на автомобільному  
транспорті)  
**Бондаренко Ігор Сергійович**

Керівник: \_\_\_\_\_  
(підпис)

кандидат технічних наук, доцент  
**Разгонов Сергій Адамович**

Рецензент \_\_\_\_\_  
(підпис)

УМСФ, завідувач кафедри  
транспортних технологій та  
міжнародної логістики,  
кандидат технічних наук, старший  
науковий співробітник  
**Кузьменко Альбіна Ігорівна**

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**  
**студентки групи Т23-1м**  
**БОНДАРЕНКО ІГОРЯ СЕРГІЙОВИЧА**

1. Тема роботи: Удосконалення перевезення засобів захисту рослин автомобільним транспортом.

Керівник кваліфікаційної роботи магістра: Разгонов Сергій Адамович, 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. Ціна одного комплекту шин: 2500 грн. / 1 шт.
- 3.2. Вартість тарифу перевезення за 1 км: 70 грн. / км.
- 3.3. Базова лінійна норма витрати палива: 33 л. / 100 км.
- 3.4. Додаткова питома норма витрати палива: 1,3 л. / 100т-км.
- 3.5. Ціна 1 л. палива: 48 грн.

### 3.1. Автодорожній маршрут з відстанями:

	Полтава К1	Одеса К2	Миколаїв К3	Кірово град К4	Чернігі в К5	Житомир К6	Вінниця К7	Запорі жжя К8
Дніпро К9	196	468	343	294	672	664	645	81
Київ К10	337	489	490	298	149	131	256	607
Харків К11	141	831	556	387	608	690	734	287

#### 4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, потрібних для опрацювання):

4.1 Виконати аналіз статистичних даних та наукових праць з організації перевезень автомобільним транспортом.

4.2 Виконати постановку завдання. Розробити оптимальний опорний план.

4.3 Розробити фізичну та математичну моделі процесу перевезення засобів захисту рослин автомобільним транспортом.

4.4 Виконати ітерації за розробленою моделлю.

4.5 Проаналізувати результати проведених досліджень.

4.6 Розрахувати техніко-економічні показники.

4.7 Узагальнити результати та зробити висновки.

#### 5. Перелік графічних матеріалів:

1 Аналіз внутрішніх вантажних перевезень в Україні.

2 Аналіз впливу військових дій на стан зберігання та транспортування пестицидів.

3 Розробка маршрутів доставки.

4 Розробка фізичної моделі перевезення пестицидів.

5 Розробка фізичної та математичної моделі процесу перевезення засобів захисту рослин.

6 Проведення ітерацій за розробленою моделлю.

7 Аналіз проведених досліджень та вибір найкращого варіанту.

6. Дата видачі завдання: «29» жовтня 2024 р.

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

(Бондаренко І.С.)

Керівник кваліфікаційної роботи магістра

\_\_\_\_\_  
(підпис)

(Разгонов С.А.)

## АНОТАЦІЯ

*Бондаренко І.С.* Удосконалення перевезення засобів захисту рослин автомобільним транспортом

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 пошуку шляхів удосконалення перевезення засобів захисту рослин автомобільним транспортом. В роботі виконано аналіз статистичних та наукових праць з організації вантажних автомобільних перевезень. Побудовано математичну модель процесу перевезення вантажів.

## THE SUMMARY

*Bondarenko I.S.* Improving the transport of plant protection products by automobile transport

Master's qualification work for obtaining a master's degree in the specialty 275 Transport technologies (on road transport). University of Customs and Finance, Dnipro, 2025.

has been built.

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра «Удосконалення перевезення засобів захисту рослин автомобільним транспортом» 65 с., 8 рис., 12 табл., 16 джерел та 4 додатків.

**Мета роботи:** розв'язання задачі по удосконаленню перевезення засобів захисту рослин автомобільним транспортом, проведення аналізу сучасного стану перевезень вантажів.

**Об'єкт дослідження** – вантажні перевезення.

**Предмет дослідження** – внутрішні перевезення автомобільним транспортом.

**Методи дослідження:** методи математичної статистики, метод потенціалів.

У процесі написання кваліфікаційної роботи магістра були виконані наступні **завдання:** проаналізовано статистичні дані з організації перевезень засобів захисту рослин автомобільним транспортом, виконано постановку завдання та розроблено маршрут доставки пестицидів автомобільним транспортом. Розроблено математичну модель процесу перевалки контейнерів на основі методів теорії системи масового обслуговування та перевезень засобів захисту рослин, виконано відповідні дослідження. Визначено ефективність запропонованих рішень.

**Ключові слова:** ЗАСОБИ ЗАХИСТУ РОСЛИН; АВТОМОБІЛЬНІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ; МЕТОД ПОТЕНЦІАЛІВ

## ЗМІСТ

	ВСТУП	7
	1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ	8
	1.1 Огляд стану перевезень вантажів автомобільним транспортом в Україні	8
	2 ПОБУДОВА ФІЗИЧНОЇ ТА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ РОСЛИН АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ	12
	2.1 Постановка завдання. Визначення розрахункових параметрів.	12
	2.2 Побудова фізичної моделі. Методи оптимізації транспортно-логістичних процесів	12
	2.3 Розробка математичної моделі процесу перевезень засобів захисту рослин	12
	3 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ РОСЛИН АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ	35
	3.1 Виконання необхідних ітерацій за розробленою моделлю	35
	3.2	35
	3.3	35
	4 ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАПРОПОНОВАНОЇ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНОЇ СХЕМИ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ РОСЛИН АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ	51
	4.1. Розрахунок техніко-експлуатаційних показників	51
	4.2	51
	4.3	51
	4.4	51
	Додаток А. Площа обробки підприємств пестицидами	60
	Додаток Б. Співвідношення техніко-експлуатаційних витрат	62

*КРМ 275 01 ПЗ*

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		Лім.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Бондаренко І.С.		30.12.24	УДОСКОНАЛЕННЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ РОСЛИН АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ			
Перевір.		Разгонов С.А.		10.01.25			5	65
Реценз.		Кузьменко А.І.		13.01.25		<i>УМСФ, гр. Т23-1м</i>		
Н. Контр.		Разгонов С.А.		10.01.25				
Затверд.		Кузьменко А.І.		14.01.25				

<i>Виконав</i>	<i>Бондаренко І.С.</i>			<i>КРМ 275 01 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Перевірів</i>	<i>Разгонов С.А.</i>				<i>7</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>		<i>Дата</i>

## ВСТУП

У сучасному аграрному секторі ефективне та безпечне перевезення засобів захисту рослин є ключовою складовою процесу сільськогосподарського виробництва. В умовах глобальних змін клімату, зростання вимог до якості продукції та необхідності забезпечення продовольчої безпеки, питання удосконалення логістики та транспортування агрохімікатів набувають особливої актуальності.

Автомобільний транспорт є одним із основних засобів перевезення засобів захисту рослин завдяки своїй гнучкості, мобільності та можливості доставки продукції у віддалені райони. Проте, зростаюча складність логістичних процесів, посилення екологічних норм та вимог до безпеки потребують впровадження новітніх технологій та підходів до транспортування.

Метою даної магістерської роботи є вивчення та аналіз сучасних методів і технологій перевезення засобів захисту рослин автомобільним транспортом, а також розробка рекомендацій щодо їх удосконалення. Основні завдання включають оцінку існуючих проблем, аналіз передового досвіду та розробку практичних рекомендацій для підвищення ефективності та безпечності транспортування агрохімікатів.

Ця робота спрямована на зниження ризиків, пов'язаних із транспортуванням засобів захисту рослин, підвищення їхньої доступності для сільськогосподарських виробників та зниження негативного впливу на навколишнє середовище. Удосконалення логістики агрохімікатів сприятиме підвищенню конкурентоспроможності аграрного сектору та забезпеченню сталого розвитку сільськогосподарського виробництва в умовах сучасних викликів.

Виконав	Бондаренко І.С.			КРМ 275 01 ПЗ	Арк.
Перевірив	Разгонов С.А.				8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата



# 1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ

## 1.1 Огляд стану перевезень вантажів автомобільним транспортом в Україні

Україна має протяжну мережу автомобільних доріг загального користування, що включає понад 170 000 км доріг. Значна частина перевезень вантажів здійснюється через міжнародні автомобільні коридори, які з'єднують Україну з країнами Європи та Азії. Однак стан доріг залишається однією з найбільших проблем, оскільки багато з них потребують капітального ремонту.

В Україні функціонує низка сучасних логістичних центрів та складів, які забезпечують зберігання, обробку та розподіл вантажів. Використання автоматизованих систем управління складом (WMS) дозволяє підвищити ефективність логістичних процесів.

Україна має значний парк вантажних автомобілів різної вантажопідйомності, який забезпечує потреби внутрішніх та міжнародних перевезень. Проте, велика частина транспортного парку є застарілою, що впливає на економічність та екологічність перевезень. В останні роки спостерігається тенденція до оновлення парку більш сучасними та енергоефективними транспортними засобами.

Україна має розвинену нормативно-правову базу, що регулює діяльність автомобільних перевезень вантажів. Важливими аспектами є ліцензування, контроль за технічним станом транспортних засобів, дотримання правил перевезень небезпечних вантажів та відповідальність перевізників за збереження вантажу.

Перевезення вантажів автомобільним транспортом є важливою складовою економіки України. Воно сприяє розвитку торгівлі, промисловості та сільського господарства. Зростання обсягів перевезень свідчить про підвищення економічної активності та інтеграцію України у міжнародні торгові процеси.

Виконав	Бондаренко І.С.			КРМ 275 01 ПЗ	Арк.
Перевірив	Разгонов С.А.				9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

## Виклики та можливості

До основних викликів на ринку перевезень вантажів належать:

Нестабільність економічної ситуації

Затримки на митниці

Нерівномірний розподіл навантаження на дороги

Серед можливостей можна виділити:

Розвиток інфраструктури

Впровадження інноваційних технологій, таких як системи управління транспортом (TMS) та електронний документообіг

Покращення умов для міжнародних перевезень завдяки співпраці з Європейським Союзом

Автомобільні перевезення вантажів в Україні мають значний потенціал для розвитку. Вирішення проблем з інфраструктурою, оновлення транспортного парку та впровадження новітніх технологій сприятимуть підвищенню ефективності та конкурентоспроможності цього сектора.

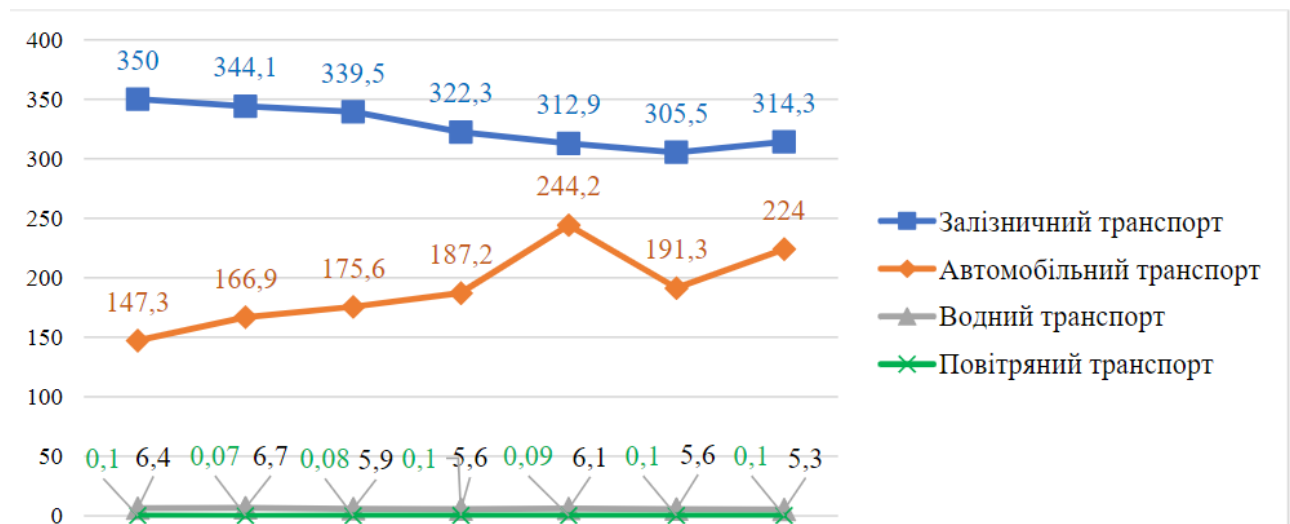


Рисунок 1.2 – Структура перевезень вантажів різними видами транспорту з 2017 – 2023 рр., млн. тон

Виконав	Бондаренко І.С.								Арк.
Перевірив	Разгонов С.А.								10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

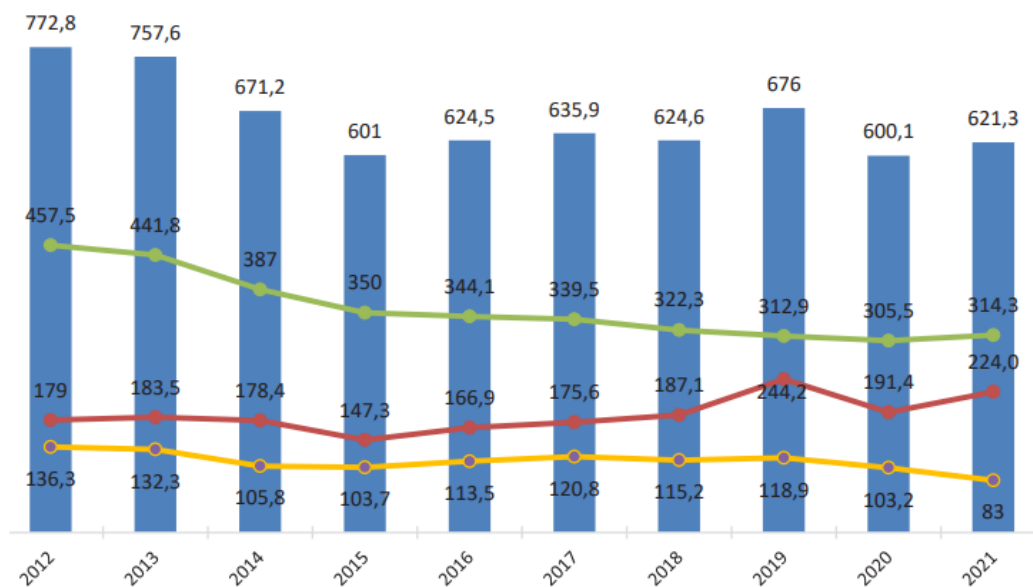


Рисунок 1.3. Обсяг перевезених вантажів в Україні 2012–2021 рр., млн т

## 1.2. Аналіз наукових праць, присвячених удосконаленню транспортно-логістичних систем вантажних перевезень

Аналіз наукових праць дозволив виділити наступні основні напрямки удосконалення транспортно-логістичних систем вантажних перевезень:

### Економічні аспекти транспортно-логістичних систем

В умовах економічної нестабільності, особливо актуальною є ефективність транспортної логістики. Дослідження підкреслює важливість точного планування, аналізу та економічної оцінки роботи транспортних систем. Оптимізація маршрутів, впровадження інформаційних технологій та автоматизація процесів дозволяють знизити витрати на перевезення, підвищити продуктивність та забезпечити стабільний прибуток для підприємств.

Роль інформаційних технологій в удосконаленні транспортно-логістичних систем

Виконав	Бондаренко І.С.			КРМ 275 01 ПЗ	Арк.
Перевірив	Разгонов С.А.				11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

Інформаційні технології відіграють ключову роль в оптимізації транспортно-логістичних систем. Системи управління транспортом (TMS), GPS-трекінг, Інтернет речей (IoT) та інші технології дозволяють:

- Відстежувати вантажі в режимі реального часу.
- Контролювати стан вантажів та умови їх перевезення.
- Оптимізувати маршрути та графіки руху.
- Автоматизувати процеси документообігу.
- Підвищувати ефективність комунікації між учасниками логістичного ланцюга.

Перспективні напрямки досліджень та інновацій

В наукових працях відзначається, що подальший розвиток транспортно-логістичних систем вантажних перевезень буде пов'язаний з такими перспективними напрямками:

- Штучний інтелект та машинне навчання: використання алгоритмів штучного інтелекту для оптимізації маршрутів, прогнозування попиту, управління ризиками та прийняття рішень в режимі реального часу.
- Блокчейн технології: забезпечення прозорості та безпеки логістичних ланцюгів, відстеження вантажів та автоматизації процесів документообігу. Застосування блокчейну в залізничних, морських та повітряних перевезеннях дозволить підвищити ефективність та надійність логістичних операцій .
- "Зелена" логістика: впровадження екологічно чистих технологій, оптимізація маршрутів з метою зменшення викидів та негативного впливу на навколишнє середовище. Розвиток "зеленої" логістики є важливим кроком до сталого розвитку транспортної галузі .
- Інтелектуальні транспортні системи (ITS): використання ITS для підвищення безпеки дорожнього руху, оптимізації транспортних потоків та покращення управління транспортною інфраструктурою .
- Автономні транспортні засоби: впровадження автономних вантажівок для підвищення ефективності, безпеки та екологічності вантажних перевезень.

Виконав	Бондаренко І.С.			КРМ 275 01 ПЗ	Арк.
Перевірив	Разгонов С.А.				12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

Автономні транспортні засоби можуть працювати цілодобово, зменшуючи час доставки та витрати на персонал .

Вагоме значення галузі вантажних перевезень для української економіки зумовило значну кількість досліджень особливостей, проблем та перспектив розвитку даної галузі. Так, можна відзначити наукові роботи П. Попо-вича, О. Шевчук, А. Матвіїна, Є. Юденка, М. Бабій, М. Маяка, П. Прогнія, Н. Шраменко, М. Чеховської, О. Артамонової, З. Двуліт, у яких детально досліджується довоєнний стан ринку вантажних перевезень та його окремих секторів. Наявні також певні дослідження загроз та викликів для даної галузі, зумовлених воєнним часом. Дослідник О. Статюк визначає поточні тенденції розвитку сектора вантажних залізничних перевезень. Вчені О. Чупайленко та А. Козлов досліджують сучасний стан сектора вантажних автомобіль-них перевезень. Автори С. Ільченко, В. Грищенко та І. Грищенко аналізують можливості післявоєнного розвитку сектора морських вантажних перевезень. Доцільно зазначити, що відсутність окремих даних Державної служби статистики України протягом дії воєнного стану суттєво обмежує можливості ґрунтовних наукових досліджень із зазначеної проблематики. Отже, визначення напрямів та дієвих заходів з розвитку послуг вантажних перевезень в Україні в умовах воєнного часу потребує всебічного аналізу даного ринку, що зумовлює актуальність даного дослідження.

До повномасштабного російського вторгнення на територію України ринок вантажних перевезень характеризувався стабільним функціонуванням, генеруючи суттєву частку ВВП. Значення показників вантажних перевезень станом на 2021 рік, наявні у попередніх дослідженнях [2–3] та даних Державної служби статистики України [4], свідчать про високий рівень розвитку досліджуваної галузі:– сукупний обсяг вантажних перевезень усіма видами транспорту становив 619,9 млн т;– загальний вантажообіг – 289635,4 млн т – км;– середня відстань перевезень наземним транспортом – майже 400 км;–

Виконав	Бондаренко І.С.			КРМ 275 01 ПЗ	Арк.
Перевірив	Разгонов С.А.				13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

загальний експорт транспортних послуг – 4657,5 млн дол. США;– загальний імпорт транспортних послуг – 1777,6 млн дол. США;– кількість перетинів державного кордону України вантажним транспортом – понад 2,6 млн;– загальна довжина шляхів сполучення – 181,9 тис км. Динаміка обсягів вантажних перевезень за 2015 – 2021 роки у розрізі окремих сегментів транспорту представлена на рис. 1. Український ринок вантажних перевезень до повномасштабного російського вторгнення характеризувався низкою позитивних та негативних тенденцій. Серед позитивних можна виокремити такі тенденції:– позитивна динаміка обсягів вантажних перевезень за 2015–2021 роки (значне зниження обсягів відбулося лише в 2020 році (рис. 1.3).

Виконав	Бондаренко І.С.			<i>КРМ 275 01 ПЗ</i>	Арк.
Перевірив	Разгонов С.А.				14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

## 2 ПОБУДОВА ФІЗИЧНОЇ ТА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ РОСЛИН АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ

### 2.1 Постановка задачі. Визначення розрахункових параметрів

Відомо, що транспорт є одним з головних об'єктів витрат в логістичній системі будь-якого підприємства. Згідно із дослідженнями, витрати на транспорт складають половину всіх витрат на логістику. Сьогодні жодне підприємство, яке займається виготовленням продукції та її продажем, не може функціонувати без чітких поставок сировини, готової продукції або матеріалів. Наслідками порушень функціонування системи транспорту є збитки підприємств, які можуть привести їх до банкрутства із-за збоїв у поставках сировини чи порушенні терміну відвантаження готової продукції. На сьогоднішній день існують такі проблеми транспорту в Україні: – якість транспортного обслуговування; – зниження конкурентоспроможності українських перевізників; – недовантаження рухомого складу; – складність побудови маршрутів перевезення; – складність організації взаємодії декількох видів транспорту; – недолік інформації про програмні продукти в сфері транспортної логістики. Розглянемо кожну проблему більш детально. Якість транспортного обслуговування. Не всі перевізники, експедиторські або транспортні компанії в наш час надають якісні послуги. Експедиторські та транспортні компанії, зазвичай не намагаються оптимізувати сам процес транспортування. Оптимізувати процес транспортування можна за допомогою збору консолідованого вантажу від кількох відправників, складання оптимальних маршрутів руху, підключення більш ефективного виду транспорту на певному етапі маршруту, тощо. Оптимізація цього процесу приведе до значно менших витрат на транспортування. Зараз спостерігається тенденція до зменшення кількості звичайних операторів транспортного ринку і перехід до інтегрованого логістичного оператора, який буде поєднувати функції й завдання

Виконав	Бондаренко І.С.								Арк.
Перевірив	Разгонов С.А.								15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

експедиторської, транспортної, сервісної логістики в одному підприємстві. Зниження конкурентоспроможності українських перевізників. На прикладі європейських перевізників можна відмітити, що поліпшення транспортного законодавства, а також зняття кордонів між країнами Європейського Союзу зробило сферу перевезень в Польщі досить привабливою. Вступ Польщі до Європейського союзу призвів до збільшення транспортних операторів та став причиною підвищення внутрішньої конкуренції і падіння тарифів на перевезення. В даний час при більшій заробітній платі водія і більш дорогому паливі, польські перевізники пропонують рівні, а іноді і менші тарифи в порівнянні з українськими компаніями. Повернення до методики розрахунку собівартості перевезень і урахування неринкової ціни за 1 км, а індивідуальної рентабельності кожного перевезення, дозволить працювати транспортним підприємствам не тільки більш прозоро для клієнта, але і дасть можливість відстежувати, наскільки вигідне те чи інше транспортування. Недовантаження рухомого складу. Проблема недостатнього використання вантажопідйомності транспортного засобу безпосередньо пов'язана з частим небажанням або невмінням комплектувати відправку від різних вантажовідправників. Комплектування вантажів дозволяє більш ефективно використовувати перевізні характеристики транспортного засобу та знизити загальні витрати на перевезення. Як відомо перевезення збірного вантажу приносить великий прибуток перевізнику, тому для кожного з власників частини такого вантажу вартість перевезення зменшується незначно в порівнянні з тим, якщо б його вантаж знаходився в автомобілі один. Доставка збірного вантажу призводить до виникнення більшої кількості проблем в процесі доставки вантажу, ніж відправка від одного відправника одному одержувачу, але такий вид доставки стає більш вигідним як для відправника, так і для перевізника.

Складність побудови маршрутів перевезення. Все більша кількість компаній, що стикаються з проблемами побудови оптимальних маршрутів руху, готові вкладати чималі гроші в програмне забезпечення, здатне автоматизувати

Виконав	Бондаренко І.С.			КРМ 275 01 ПЗ	Арк.
Перевірив	Разгонов С.А.				16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	



процес пошуку найбільш раціонального маршруту слідування. Хоча іноді достатньо запустити комп'ютерну програму Excel, щоб швидко вирішити транспортну задачу, для знаходження найоптимальнішого шляху між двома пунктами, а також використати методи складання збірнорозвізних маршрутів. Ці прості методи визначення маршруту дозволяють не тільки отримати оптимальний результат, але і легко проаналізувати, до чого призведуть його зміни за вимогою замовника. Складність організації взаємодії декількох видів транспорту. Не зважаючи на достатньо високі тарифи в порівнянні із залізничним та водним видами транспорту, автомобільні перевезення залишаються найбільш використовуваними завдяки своїй мобільності та зручності. Складність відносин із залізницею і різні правила при здійсненні перевезень на різних видах транспорту призводять до відмови вантажовідправників працювати з іншими видами транспорту, а тим більше їх поєднувати. При цьому можна додати, що комбіновані перевезення зазвичай набагато складніше спрогнозувати за термінами і за можливими ризиками. Тут проблеми інформаційного супроводу стоять набагато гостріше, ніж при перевезеннях автомобільним транспортом, але об'єднання декількох видів транспорту, як і консолідація вантажів, дозволить перевізникам значно зменшити витрати на перевезення.

## 2.2 Побудова фізичної моделі. Методи оптимізації транспортно-логістичної схеми

Для застосування в логістичних системах важливими є також деякі техніко-експлуатаційні параметри рухомого складу, шляхів сполучення та терміналів. Наприклад, для рухомого складу такими параметрами вважають: технічну та експлуатаційну швидкість, габаритні розміри транспортних засобів і вантажних ємностей, повну масу, навантаження на осі, потужність двигуна, вантажопідйомність та габаритні розміри вагонів, причепів тощо; для шляхів сполучення – пропускну здатність, ширину проїжджої частини, допустиме

Виконав	Бондаренко І.С.			КРМ 275 01 ПЗ	Арк.
Перевірив	Разгонов С.А.				17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

навантаження на дорожнє полотно; для терміналів – корисну складську площу, швидкість обороту тощо.

У логістичному процесі під час організації доставки продукції до конкретних пунктів ланцюга поставок підприємство використовує різні варіанти транспортування, види транспорту, різних логістичних партнерів. Проте превентивно виникає потреба у визначенні необхідності в застосуванні власного транспортного парку чи використанні найманого.

Для вибору альтернативи здійснюється аналіз таких показників:

1. Витрати на експлуатацію власного транспорту (включно з орендою чи лізингом).
2. Витрати на оплату послуг найманого транспорту.
3. Швидкість здійснення перевезення.
4. Показники якості здійснення перевезення.

Оцінка альтернатив проводиться комплексно із врахуванням максимально можливої кількості критеріїв. Логістичні процедури вибору здійснюються на основі системи критеріїв із дотриманням обмежень, які встановлює логістична система. Такі обмеження обумовлені цілями логістичної стратегії підприємства, а також факторами зовнішнього середовища.

До критеріїв, на основі яких здійснюється вибір способу транспортування і виду транспорту, належать:

- мінімум витрат на транспортування;
- обумовлений час доставки;
- максимальна надійність і безпека;
- мінімум витрат, пов'язаних із запасами в дорозі;
- потужність і доступність виду транспорту;
- продуктова диференціація тощо.

Проте головним критерієм найчастіше є саме транспортні витрати. Вони включають транспортні тарифи за перевезення вантажу та витрати, пов'язані з логістичними операціями (завантаження, розвантаження, транспортно

Виконав	Бондаренко І.С.								Арк.
Перевірив	Разгонов С.А.								18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

експедиційні тощо) фізичного розподілу, які супроводжують транспортування. Розмір тарифів в логістичних системах залежить від трьох факторів:

1. Різниці між різноманітними товарами з точки зору їх навантажувально-розвантажувальних і транспортувальних характеристик, наприклад, очевидною є різниця між транспортуванням двох тон канцелярських товарів і двох тон живої птиці.

2. Маса кожної окремої одиниці вантажу, наприклад, вантажі масою 1 кг кожен, 100 кг кожен або 10 тис. кг кожен.

3. Відстані, на яку необхідно перевезти товари, наприклад, зі Львова в Івано-Франківськ, чи зі Львова в Харків. Процес встановлення тарифів полягає в кількісній оцінці усіх трьох факторів і подальшому розробленні тарифу для визначення суми оплати за перевезення конкретного виду вантажу. Транспортні тарифи залежать також від класу вантажу. Чим вищий клас вантажу, тим вища вартість перевезення товару. Під час класифікації вантажів враховують такі фактори:

- густину продукту;
- здатність товару заповнити об'єм, тобто можливість вкладання в розібраному вигляді або вкладання одного предмета в інший;
- навантажувально-розвантажувальні властивості, що характеризують складність виконання навантажувально-розвантажувальних робіт;
- вразливість до пошкоджень або розкрадання.

Загальний алгоритм організації транспортування показано на рисунку 2.1. Вибір способу транспортування, найбільш доречного залежно від ситуації, може здійснюватися з унімодального, інтермодального, мультимодального, сегментованого та комбінованого перевезень. Виключно одним видом транспорту здійснюються унімодальні перевезення. Вони, як правило, використовуються тоді, коли задані початковий та кінцевий пункти транспортування логістичного ланцюга без проміжних операцій складування та вантажопереробки. Критеріями вибору виду транспорту для такого перевезення

Виконав	Бондаренко І.С.			<i>КРМ 275 01 ПЗ</i>	Арк.
Перевірив	Разгонов С.А.				19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

є: вид вантажу, обсяг відправлення, час доставки до споживача, витрати на перевезення. Потрібно відзначити, що окремо виділяють змішані перевезення, які здійснюються тільки двома видами транспорту. Прикладом таких перевезень є обслуговування автотранспортними фірмами залізничних станцій чи морських портів.

Окремі характеристики способів транспортування наведено в таблиці 2.1. У процесі транспортування доцільно вже сьогодні вітчизняним транспортним підприємствам проводити відслідковування та прискорення перевезень.

Відслідковування вантажу являє собою контроль за його місцем знаходження в процесі транспортування; його найчастіше використовують у випадку втрати або запізнення вантажу. Більшість закордонних перевізників надають цю послугу безкоштовно. Українськими перевізниками ця послуга майже не надається.

Таблиця 2.1 - Характеристики способів транспортування

Способи транспортування	Характеристики способів транспортування
-------------------------	---

Виконав	Бондаренко І.С.			КРМ 275 01 ПЗ	Арк.
Перевірив	Разгонов С.А.				20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

Унімодальні перевезення	Здійснюється одним видом транспорту одним або декількома перевізниками. Якщо в перевезенні бере участь тільки один перевізник, то він видає власний документ перевезення, наприклад, коносамент, транспортну накладну тощо. Якщо перевізників декілька, то один з них може надавати наскрізний документ на все перевезення від пункту до пункту чи тільки на ту його частину, яка здійснюється його власним транспортом
Інтермодальні перевезення	Здійснюється декількома видами транспорту. При цьому один із перевізників організовує все перевезення від пункту відправлення до пункту призначення через усі проміжні пункти. Документи на перевезення видаються залежно від розподілу відповідальності за перевезення
Мультимодальні перевезення	Здійснюються різними видами транспорту, які належать одній і тій самій юридичній особі, або вона ними управляє. Оператор, який організовує перевезення, бере на себе відповідальність за усе перевезення. Саме він видає документ мультимодальної поставки
Сегментовані перевезення	Перевізник, який організовує перевезення, бере на себе відповідальність тільки за його частину роботи. Він може виписати документ на інтермодальне чи комбіноване перевезення
Комбіновані перевезення	Здійснюються більше ніж двома видами транспорту. Реалізуються шляхом перевезення вантажу в одному й тому ж контейнері чи транспортному засобі послідовно різними видами транспорту. Використовується наскрізний документ

Для порівняння з DAF XF 105.420, розглянемо вантажівку Scania R450. Ця модель має наступні переваги:

- Менша витрата палива: Scania R450 оснащена більш економічним двигуном, що дозволяє зменшити витрати на паливо.
- Сучасні технології: Scania R450 має сучасні системи безпеки та допомоги водієві, що підвищує безпеку та ефективність перевезень.

Виконав	Бондаренко І.С.			КРМ 275 01 ПЗ	Арк.
Перевірив	Разгонов С.А.				21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

- Ергономічна кабіна: Забезпечує комфорт водія та зменшує втому під час тривалих поїздок.

Таблиця 2.2 - Порівняння характеристик:

Характеристика	DAF XF 105.420	Scania R450
Потужність двигуна	420 к.с.	450 к.с.
Витрата палива (середня)	33 л/100 км	30 л/100 км
Вантажопідйомність	22 т	22 т
Вартість	Вища	Нижча



Рисунок 2.1 DAF XF105.420

Таблиця 2.3. Технічні характеристики DAF XF105.420

Характеристика	Значення
Двигун	РАССАР МХ, 12.9 л, 6 циліндрів, Euro 5
Потужність	420 к.с. (309 кВт) при 1400-1800 об/хв
Крутний момент	2100 Нм при 1000-1400 об/хв
Кабіна	Space Cab або Super Space Cab
Колісна база	3800 мм
Вантажопідйомність	До 22 т (залежно від конфігурації)

Виконав	Бондаренко І.С.			КРМ 275 01 ПЗ	Арк.
Перевірив	Разгонов С.А.				22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

Витрата палива	30-35 л/100 км (залежно від умов експлуатації)
Об'єм паливного бака	До 1200 л
Гальмівна система	EBS з ABS, ASR, ESC
Підвіска	Пневматична або ресорна
Шини	315/80 R22.5
Системи безпеки	AEBS, LDWS, ACC
Екологічність	Відповідає стандартам Euro 5



Рисунок 2.4 SCANIA R450

Таблиця 2.4. Технічні характеристики

Характеристика	Scania R450
Двигун	Scania DC13 127, 13-літровий, 6-циліндровий, рядний, з турбонаддувом та інтеркулером
Потужність	450 к.с. (331 кВт) при 1900 об/хв
Крутний момент	2350 Нм при 1000-1300 об/хв
Коробка передач	Scania Opticruise, 12+2-ступінчаста, автоматизована
Колісна база	Залежно від конфігурації (доступні різні варіанти)

Виконав	Бондаренко І.С.								Арк.
Перевірив	Разгонов С.А.								23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

KPM 275 01 ПЗ

Вантажопідйомність	До 40 т (залежно від конфігурації)
Витрата палива	28-32 л/100 км (залежно від умов експлуатації)
Об'єм паливного бака	До 1500 л (залежно від конфігурації)
Гальмівна система	EBS з ABS, ASR
Підвіска	Пневматична або ресорна
Шини	315/70 R22.5
Комфорт	Клімат-контроль, круїз-контроль, аудіосистема, холодильник
Екологічність	Відповідає стандартам Euro 6

Розрахунок витрат на паливо для Scania R450:

- Загальна відстань: 81 102,5 км (пробіг всіх машин)
- Витрати на паливо: 81 102,5 км \* 30 л/100 км \* 48 грн/л = 1 166 436 грн
- Економія на паливі: 1 283 603,2 грн (DAF) - 1 166 436 грн (Scania) = 117 167,2 грн

Отже:

- Впровадження системи контролю витрат палива та інших експлуатаційних витрат є важливим фактором підвищення ефективності перевезень ЗЗР.
- Використання більш економічних моделей вантажівок, таких як Scania R450, може забезпечити значну економію на паливі та інших витратах.

Прискорення перевезень являє собою іншу послугу, яка є безкоштовною тільки у деяких перевізників. Ця послуга передбачає своєчасне інформування перевізника про необхідність якомога швидше просувати вантаж через систему перевізника. Перевізник прикладає всі зусилля, щоб вантаж був доставлений в пункт призначення максимально швидко, а для цього він повинен мати достатню кількість ресурсів для інформування своїх працівників, які будуть обробляти цей

Виконав	Бондаренко І.С.			КРМ 275 01 ПЗ	Арк.
Перевірив	Разгонов С.А.				24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата



вантаж. На відповідних сортувальних станціях залізниць попереджають кожного диспетчера про те, який вагон експедирується, щоб можна було відчепити його відразу після прибуття на станцію і терміново включити до складу поїзда, який буде найскоріше відправлятися. Автотранспортні перевізники, як правило, повідомляють операційних менеджерів на кожному вантажному терміналі про те, що через них буде проходити експедируваний вантаж і менеджер повинен прикласти усі зусилля, щоб вантаж потрапив на транспортний засіб, який буде найскоріше відправлятися.

Отже, застосування технологій транспортування, пов'язаних з логістичними процедурами вибору способів транспортування, виду транспортного засобу, перевізника, сприяють оптимізації параметрів транспортного процесу.

Основа транспортної системи України становить транспортна мережа: залізничні та автомобільні дороги, внутрішні водні шляхи, повітряні лінії, трубопровідні магістралі, залізничні станції, морські й річкові порти, шлюзи, аеродроми, пристані, насосні станції тощо. У зв'язку з цим у даній статті модель транспортної мережі єдиної транспортної системи України розглядалась як граф  $G(K, A)$ , множина вершин  $K$  якого являє собою транспортні вузли (станції, порти тощо), а множина дуг  $A$  – ділянки шляхів переміщення транспортних потоків (рухомого складу, вантажів, пасажирів) із пунктів відправлення до пунктів призначення. Вершини мережі відповідають пунктам виробництва і споживання продукції, складам для збереження вантажів і пунктам зосередження транспортних засобів. Дугам мережі властиві такі характеристики, як протяжність, пропускна спроможність, витрати на переміщення транспортних засобів тощо. Якщо ж переміщення транспортних засобів між пунктами може відбуватися лише в одному напрямку, дуга транспортної мережі називається орієнтованою, у протилежному разі – неорієнтованою.

Виконав	Бондаренко І.С.			КРМ 275 01 ПЗ	Арк.
Перевірив	Разгонов С.А.				25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

Для зображення вершин (або вузлів) орієнтованих і неорієнтованих дуг використовуються відповідно кола, лінії зі стрілками і лінії без стрілок. У більшості випадків можна замінити одну неорієнтовану дугу двома орієнтованими і напроти спрямованими дугами. У зв'язку з розподілом єдиної транспортної системи України на підсистеми, що від- повідують окремим видам транспорту, транспортна мережа  $G(K, A)$  розпадається на низку окремих підмереж  $G^m(K^m, A^m)$ , що обслуговуються різноманітними видами транспорту  $M = 1, \dots, M$ . Ці підмережі мають загальні вершини, що потрапляють на транспортні вузли, у яких відбувається перевалювання вантажів з одного виду транспорту на інший. Для зручності побудови моделей планування перевезень вантажів кожен вузол реальної транспортної мережі, в якому відбувається взаємодія декількох видів транс- порту, можна уявити в графі  $G(K, A)$  у вигляді декількох вершин, кожна з яких відповідає окремому виду транспорту. Ці вершини сполучені між собою парою напроти орієнтованих дуг, що означають перевалювання вантажів з одного виду транспорту на інший.

У загальному випадку транспортна мережа являє собою мультиграф (граф із декількома дугами між однією парою вершин), що містить цикли.

Вершини, в яких зароджуються транспортні потоки, називаються “джерелами”, а вершини, в яких вони поглинаються, – “стоками”. Окремі об’єкти, що переміщуються, або “протікають”, із пунктів зародження транспортних потоків у пункти їхнього поглинання, називаються “одиницями потоку”.

Використовуватимемо символ  $k_i \in K$  для позначення вершин,  $i = 1, \dots, n$  для позначення графу  $G(K, A)$  і символ  $(i, j) \in A$  для позначення орієнтованої дуги, що веде з  $k_i$  до  $k_j$  – Упорядкована послідовність вершин і спрямованих дуг мережі  $k_1(1, 2), k_2(2, 3), \dots, k_{n-1}(n-1, n), k_n$  така, що кінець попередньої дуги є початком наступної, називається шляхом (або маршрутом), що веде з вершини  $k_1$  у вершину  $k_n$ . При  $k_1 = k_n$  послідовність називається орієнтованим циклом, або

Виконав	Бондаренко І.С.			<i>KPM 275 01 ПЗ</i>	Арк.
Перевірив	Разгонов С.А.				26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

кільцевим маршрутом. Якщо будь-які дві вершини мережі можна з'єднати шляхом, то мережа називається зв'язаною. Якщо мережа незв'язана, то її можна розбити на зв'язкові підмережі або зв'язні компоненти.

Для аналізованого планового періоду було задано певну кількість вантажу, який потрібно відправити або доставити в ті чи інші вузли мережі  $G(K, A)$ .

Унаслідок надзвичайно великої розмірності мережі  $G(K, A)$  важливими проблемами, що виникають під час оптимального планування перевезень, є агрегування (об'єднання вузлів мережі й дуг) для скорочення їх кількості – декомпозиція (розбивка мережі  $G(K, A)$  на підмережі) для скорочення розмірності розв'язання задачі.

Найкраща мережа, в якій виділені всі постачальники і споживачі вантажів. Теоретично це підвищує точність планових розрахунків. Проте кількість постачальників і споживачів може досягати десятків, а інколи навіть сотень тисяч, що робить розрахунок перевезень за такою мережею неможливим без агрегування. Найприйнятнішим слід вважати агрегування постачальників і споживачів за адміністративно-територіальною ознакою. Це означає, що як пункт споживання (або виробництва) обирається або адміністративний центр регіону (області) або деякий умовний пункт. При цьому за основу можна взяти наявний розподіл транспортної мережі на мережі економічних районів, областей. Основу єдиної транспортної мережі становить магістральна мережа, через яку відбувається обмін продукцією між економічними районами (регіонами). Вона є мережею досить високого ступеня агрегування, а нижчий ступінь укрупнення – магістральна мережа значного економічного району, в якому обмін вантажами здійснюється між низовими територіально-виробничими комплексами.

На рис. 2.4 подано фрагмент транспортної мережі України, що досліджувався.

Виконав	Бондаренко І.С.			КРМ 275 01 ПЗ	Арк.
Перевірив	Разгонов С.А.				27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

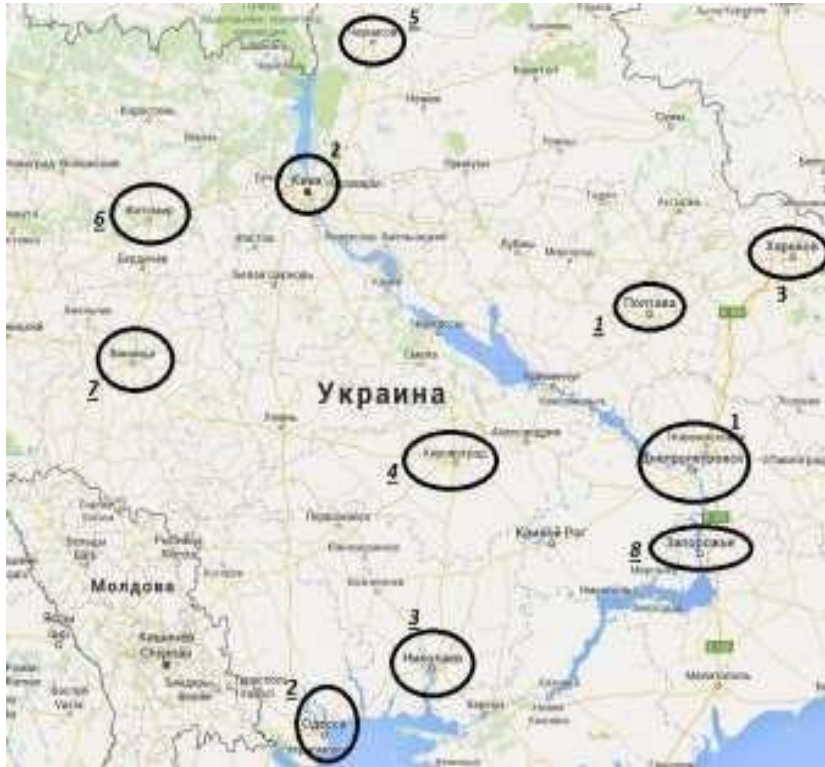


Рисунок 2.4 - Фрагмент транспортної мережі України

На основних видах транспорту, крім трубопровідного, транспортний процес має дискретний характер, тобто визначена кількість вантажів (пасажирів) і рухомого складу відправляються в окремі моменти часу.

У тих випадках, коли розмір періоду планування значно перевищує тривалість транспортних операцій, можна не враховувати позицію кожного об'єкта, що переміщується, в окремі моменти часу й перейти до розгляду деякого стаціонарного безупинного транспортного потоку.

Під час оперативного планування і регулювання тривалість транспортних операцій стає порівнюваною з періодом планування й регулювання, необхідно розглядати динамічні потоки вантажів, пасажирів і транспортних засобів.

Усі транспортні потоки, що існують на транспортній мережі, поділяються на декілька основних груп: потоки вантажів, потоки контейнерів, у яких містяться вантажі, потоки транспортних засобів, пасажиропотоки тощо.

Виконав	Бондаренко І.С.			КРМ 275 01 ПЗ	Арк.
Перевірив	Разгонов С.А.				28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

Кожен із цих потоків може бути, у свою чергу, розподілений на підгрупи відповідно до роду вантажу, типу транспортних засобів і т. д. У даному прикладі розглядається потік вантажів.

Одним із ключових чинників, що впливає на формування собівартості перевезення вантажів між відправником та одержувачем, виступає шлях між ними. У табл. 2.3 зображено відстані між обласними центрами України, які були обрані для організації перевезення вантажу, а на рис. 2.3 – схема всіх можливих варіантів доставки вантажу (граф  $G(K, A)$ ).

Таблиця 2.5 - Таблиця відстаней між вантажовідправниками та вантажоодержувачами (км)

	Полтава К1	Одеса К2	Миколаїв К3	Кірово град К4	Чернігів К5	Житомир К6	Вінниця К7	Запоріжжя К8
Дніпро К9	196	468	343	294	672	664	645	81
Київ К10	337	489	490	298	149	131	256	607
Харків К11	141	831	556	387	608	690	734	287

Виконав	Бондаренко І.С.			КРМ 275 01 ПЗ	Арк.
Перевірів	Разгонов С.А.				29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

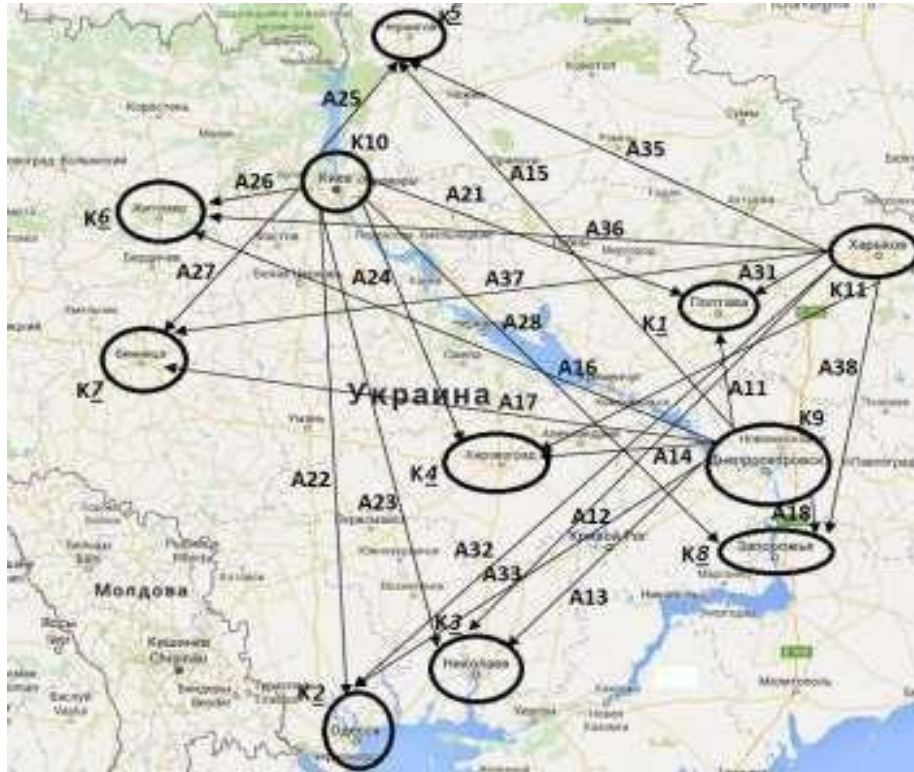


Рисунок 2.6 - Схема можливих варіантів доставки вантажу

Умовні позначення:

K1, K2, K3, K4, K5, K6, K7, K8 – вантажоодержувачі (вершини графу); K9, K10, K11 – вантажовідправники (вершини графу);  
 A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A21, A22, A23, A24, A25, A26, A27, A31, A32, A33, A34, A35, A36, A37 – ділянки шляхів переміщення вантажопотоків.

### 2.3 Розробка математичної моделі процесу перевезень засобів захисту рослин автомобільним транспортом

Вартість доставки вантажу з пунктів відправлення до пунктів отримання розрахована на основі відстаней між ними з розрахунку 1 км = 2 у.о. та задана матрицею тарифів (табл. 2.4).

Виконав	Бондаренко І.С.			КРМ 275 01 ПЗ	Арк.
Перевірив	Разгонов С.А.				30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

Таблиця 2.4 - Матриця тарифів в гривнях

	Полтава К1	Одеса К2	Миколаїв К3	Кіровоград К4	Чернігів К5	Житомир К6	Вінниця К7	Запоріжжя К8	Запаси
Дніпро К9	13720	32760	24010	20580	47040	46480	45150	5670	1365
Київ К10	23590	34230	34300	20860	10430	9170	17920	42490	900
Харків К11	9870	58170	38920	27090	42560	48300	51380	20090	1700
Потреби	450	520	380	640	560	295	420	700	

Однією з поширених практичних задач, що зводяться до оптимізації незалежних транспортних потоків, є пошук максимального транспортного потоку з пункту його зародження до пункту поглинання, наприклад визначення максимального потоку вантажів, що можуть бути перевезені з пункту відправлення до пункту призначення транспортною мережею з обмеженою пропускною спроможністю.

Ця задача формулюється в такий спосіб. Задано транспортну мережу  $G(V, E)$ , в якій  $n = |V|$  – кількість вершин, а  $m = |E|$  – кількість дуг. Кожній дузі  $(i, j) \in E$  відповідає невід’ємне число  $b_{ij}$ , назване її пропускною спроможністю й відповідною максимальною кількістю одиниць транспортного потоку, що може пройти дугою. Вершина  $s \in V$ , з якої починається переміщення однорідного потоку, називається джерелом, а вершина  $t \in V$ , в якій воно закінчується, – стоком. Шляхом із  $s$  та  $t$  у  $G(V, E)$  називається така послідовність вершин і дуг, що  $s \equiv i_1; (i_1, i_2); i_2; (i_2, i_3), \dots, (i_{n-1}, i_n); i_n \equiv t \dots$

Однорідним транспортним потоком у мережі  $G(V, E)$  називається множина чисел  $x_{ij}$  таких, що

Виконав	Бондаренко І.С.			<i>KPM 275 01 ПЗ</i>	Арк.
Перевірив	Разгонов С.А.				31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

Кількість потоків, що виходять із джерела або входять до стоку, дорівнюватиме

$$\sum_{(s,i) \in E} x_{si} - \sum_{(i,s) \in E} x_{is} = \sum_{(i,t) \in E} x_{it} - \sum_{(t,i) \in E} x_{ti} \quad (2.3.1)$$

Під задачею про максимальний потік розуміється задача пошуку в  $G(V, E)$  потоку максимального розміру  $v$ , що протікає із  $s$  у  $t$ .

Узагальнена задача про транспортний потік мінімальної вартості на

$$\sum_{(i,j) \in E} x_{ij} - \sum_{(j,i) \in E} x_{ji} = 0$$

$$j \neq s, 0 \leq x_{ij} \leq b_{ij}, (i,j) \in E \quad (2.3.2)$$

мережі  $G(V, E)$  може бути сформульована як задача лінійного програмування такого вигляду:

$$\sum_{(i,j) \in E} c_{ij} x_{ij} = \min,$$

$$\sum_j x_{ij} - \sum_j k_{ji} x_{ji} = \begin{cases} v_s, i = s, \\ 0, i \neq s, t, \\ -v_t, i = t, \end{cases}$$

$$0 \leq x_{ij} \leq b_{ij}, (i,j) \in E. \quad (2.3.3)$$

Оскільки у нашому випадку запаси дорівнюють потребам, то умова балансу зберігається, а модель транспортної задачі вважається закритою. При цьому проводяться перевірки отриманих оптимальних планів за допомогою попередніх потенціалів  $(u_i, v_j)$  по заповнених клітинах таблиці, де  $u_i + v_j = c_{ij}$ , допускаючи, що  $u_1 = 0$ .

Використовуючи метод найменшої вартості, побудовано перший опорний план (табл. 2.5).

Виконав	Бондаренко І.С.			КРМ 275 01 ПЗ	Арк.
Перевірив	Разгонов С.А.				32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата



Таблица 2.5 - Перший опорний план

	К1	К2	К3	К4	К5	К6	К7	К8	Запаси
К9									
К10									
К11									
Потреби									

Виконав	Бондаренко І.С.			КРМ 275 01 ПЗ	Арк.
Перевірів	Разгонов С.А.				33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

### 3 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ РОСЛИН АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ

#### 3.1 Виконання необхідних ітерацій за розробленою моделлю

На основі даних з кваліфікаційної роботи магістра побудовано транспортну мережу  $G(V, E)$ , де:

- $V$  - множина вершин графу, що представляють вантажоодержувачів (K1 - K11) та вантажовідправників.
- $E$  - множина дуг графу, що відповідають ділянкам шляхів переміщення вантажопотоків (A11, A12, ..., A37).

Кожна вершина графу відповідає пункту відправлення або отримання вантажу. Дуги графу представляють можливі шляхи переміщення вантажу між цими пунктами.

Отриманий перший опорний план допустимий, оскільки всі вантажі вивезено зі складів і потреби всіх отримувачів задоволено. Значення цільової функції для цього плану:

грн. Перевірка оптимальності опорного плану виконувалась за такою схемою:

1

Опорний план неоптимальний, тому потребує покращання. Після здійснення не-обхідних операцій він набуде такого вигляду (табл. 2.5).

—

2

Таблиця 3.1 - Оптимальний опорний план

=	1=	—						
—								
5	—506							

=

Виконав	Бондаренко І.С.							Арк.
Перевірів	Разгонов С.А.				КРМ	275	01	ПЗ
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				34

2

--	--	--	--	--	--	--	--	--

Для розв'язання задачі використаємо метод потенціалів.

Мінімальні витрати при цьому становитимуть:

грн

У результаті схема оптимальної доставки вантажу між постачальниками та споживачами матиме такий вигляд (рис. 2.4).

Після аналізу отриманого оптимального плану зроблено висновок, що найефективнішими маршрутами будуть A12, A13, A18; A25, A26, A27; A31, A34, A35, A38. Використання такого плану перевезень дозволяє задовольнити потреби всіх споживачів та доставити всі необхідні обсяги вантажів.

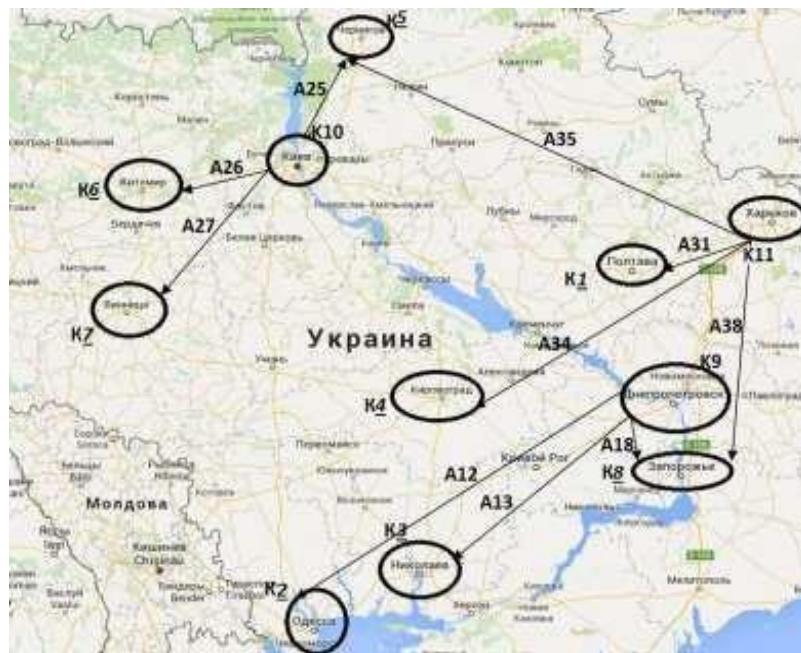


Рисунок 3.1 - Схема оптимальної доставки вантажів

Запропонована схема транспортування вантажу між постачальниками та споживачами сприяє підвищенню ефективності функціонування транспортної системи в цілому. Зокрема, використання розробленої схеми дає можливість знизити витрати на перевезення на 13 % порівняно з наявною схемою організації переміщення вантажопотоків у транспортній мережі. Отже, такий підхід дозволяє оптимізувати маршрут перевезень та зменшити витрати на транспортування.

Виконав	Бондаренко І.С.			КРМ 275 01 ПЗ	Арк.
Перевірив	Разгонов С.А.				35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

Розрахунок потенціалів ( $u_i, v_j$ )

Використовуючи формулу  $u_i + v_j = c_{ij}$  для зайнятих клітин транспортної таблиці (тих, де вказано обсяг перевезень), розрахуємо потенціали для кожної вершини транспортної мережі (K9 - K11). Прийmemo  $u_1 = 0$ .

Перевірка на оптимальність

Для кожної вільної клітини розрахуємо  $u_i + v_j - c_{ij}$ :

Виконав	Бондаренко І.С.			КРМ 275 01 ПЗ	Арк.
Перевірив	Разгонов С.А.				36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

Оскільки є від'ємні значення (наприклад,  $u_1 + v_1 = -144$ ), поточний план неоптимальний.

Пошук циклу з негативною оцінкою

Знайдемо цикл з негативною оцінкою. Наприклад, візьмемо клітину (К9, К1) з найбільшим від'ємним значенням (-144). Побудуємо цикл: (К9, К1)  $\rightarrow$  (К11, К1)  $\rightarrow$  (К11, К3)  $\rightarrow$  (К9, К3). Оцінка цього циклу:  $392 - 282 + 1112 - 686 = 536$ . Оскільки оцінка додатня, цей цикл нам не підходить.

Продовжимо пошук циклу з від'ємною оцінкою. Візьмемо клітину (К10, К8) з від'ємним значенням (-1582). Побудуємо цикл: (К10, К8)  $\rightarrow$  (К9, К8)  $\rightarrow$  (К9, К3)  $\rightarrow$  (К10, К3)  $\rightarrow$  (К10, К8). Оцінка цього циклу:  $1000 - 1582 + 1112 - 686 = -156$ . Оскільки оцінка додатня, цей цикл також не підходить.

Аналогічно перевіряємо інші клітини з від'ємними значеннями та знаходимо цикл з негативною оцінкою. Наприклад, для клітини (К9, К5) з оцінкою -516, цикл: (К9, К5)  $\rightarrow$  (К10, К5)  $\rightarrow$  (К10, К7)  $\rightarrow$  (К11, К7)  $\rightarrow$  (К11, К3)  $\rightarrow$  (К9, К3) матиме оцінку  $1344 - 298 + 512 - 1468 + 1112 - 686 = -84$ .

Перерозподіл вантажопотоку

Мінімальний вантажопотік в зайнятих клітинах знайденого циклу:  $\min(640, 1112 - 686) = 426$ .

Перерозподілимо вантажопотік по циклу:

Виконав	Бондаренко І.С.			КРМ 275 01 ПЗ	Арк.
Перевірив	Разгонов С.А.				37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

Оновлення значення цільової функції

Розрахуємо нове значення цільової функції:

грн

Таблиця 3.2 - Оновлений опорний план:

									Запас и
К9									
Потр еби									

Використовуючи формулу  $u_i + v_j = c_{ij}$  для зайнятих клітин оновленої транспортної таблиці, розрахуємо потенціали для кожної вершини транспортної мережі (К9 - К11). Прийmemo  $u_1 = 0$ .

- $u_1 + v_3 = 686; 0 + v_3 = 686; v_3 = 686$
- $u_3 + v_3 = 1112; 686 + u_3 = 1112; u_3 = 426$
- $u_3 + v_1 = 282; 426 + v_1 = 282; v_1 = -144$
- $u_3 + v_7 = 1468; 426 + v_7 = 1468; v_7 = 1042$

Виконав	Бондаренко І.С.			КРМ 275 01 ПЗ	Арк.
Перевірив	Разгонов С.А.				38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

- $u_2 + v_5 = 298; -530 + v_5 = 298; v_5 = 828$
- $u_2 + v_6 = 262; -530 + v_6 = 262; v_6 = 792$
- $u_1 + v_4 = 588; 0 + v_4 = 588; v_4 = 588$
- $u_1 + v_8 = 162; 0 + v_8 = 162; v_8 = 162$

#### Перевірка на оптимальність

Для кожної вільної клітини розрахуємо  $u_i + v_j - c_{ij}$ :

- $u_1 + v_1 = 0 - 144 = -144$
- $u_1 + v_2 = 0 + 1236 - 936 = 300$
- $u_1 + v_5 = 0 + 828 - 1344 = -516$
- $u_1 + v_6 = 0 + 792 - 1328 = -536$
- $u_1 + v_7 = 0 + 1042 - 1290 = -248$
- $u_2 + v_1 = -530 - 144 - 674 = -1348$
- $u_2 + v_2 = -530 + 1236 - 978 = -272$
- $u_2 + v_3 = -530 + 686 - 980 = -824$
- $u_2 + v_4 = -530 + 588 - 596 = -538$
- $u_2 + v_7 = -530 + 1042 - 512 = 0$
- $u_2 + v_8 = -530 + 162 - 1214 = -1582$
- $u_3 + v_4 = 426 + 588 - 774 = 240$
- $u_3 + v_5 = 426 + 828 - 1216 = 38$
- $u_3 + v_6 = 426 + 792 - 1380 = -162$
- $u_3 + v_8 = 426 + 162 - 574 = 14$

Оскільки є від'ємні значення (наприклад,  $u_1 + v_1 = -144$ ), поточний план неоптимальний.

#### Пошук циклу з негативною оцінкою

Знайдемо цикл з негативною оцінкою. Візьмемо клітину (К9, К1) з від'ємним значенням (-144). Один з можливих циклів: (К9, К1) -> (К11, К1) -> (К11, К7) -> (К9, К7). Оцінка цього циклу:  $392 - 282 + 1468 - 1290 = 288$ . Оскільки оцінка додатня, цей цикл нам не підходить.

Виконав	Бондаренко І.С.			КРМ 275 01 ПЗ	Арк.
Перевірив	Разгонов С.А.				39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

Продовжимо пошук. Візьмемо клітину (K9, K5) з від'ємним значенням (-516). Один з можливих циклів: (K9, K5) -> (K10, K5) -> (K11, K3) -> (K9, K3). Оцінка цього циклу:  $1344 - 298 + 1112 - 686 = 1472$ . Оскільки оцінка додатня, цей цикл нам не підходить.

Спробуємо клітину (K10, K1) з від'ємним значенням (-1348). Один з можливих циклів: (K10, K1) -> (K11, K1) -> (K11, K3) -> (K9, K3) -> (K9, K4) -> (K10, K4). Оцінка цього циклу:  $674 - 282 + 1112 - 686 + 588 - 596 = 810$ . Оскільки оцінка додатня, цей цикл також не підходить.

Аналогічно перевіряємо інші клітини з від'ємними значеннями та знаходимо цикл з негативною оцінкою. Наприклад, для клітини (K11, K6) з оцінкою -162, цикл: (K11, K6) -> (K10, K6) -> (K10, K5) -> (K9, K5) -> (K9, K4) -> (K11, K4) матиме оцінку:  $1380 - 262 + 298 - 1344 + 588 - 774 = -224$ .

#### Перерозподіл вантажопотоку

Мінімальний вантажопотік в зайнятих клітинах знайденого циклу:  $\min(295, 605, 595, 640) = 295$ .

Перерозподілимо вантажопотік по циклу:

- (K11, K6):  $0 + 295 = 295$
- (K10, K6):  $295 - 295 = 0$
- (K10, K5):  $605 - 295 = 310$
- (K9, K5):  $595 + 295 = 890$
- (K9, K4):  $640 - 295 = 345$
- (K11, K4):  $774 + 295 = 1069$

Оновлення значення цільової функції

Розрахуємо нове значення цільової функції:

$$F(x) = 686 * 70 + 588 * 345 + 162 * 700 + 298 * 310 + 512 * 0 + 282 * 450 + 1662 * 520 + 1112 * 310 + 774 * 1069 + 1380 * 295 + 1468 * 420 = 2\,639\,680 \text{ грн}$$

Таблиця 3.3 – Оновлений опорний план:

Виконав	Бондаренко І.С.								Арк.
Перевірив	Разгонов С.А.								40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					



									Запас и
К9									
Потре би									

Використовуючи формулу  $u_i + v_j = c_{ij}$  для зайнятих клітин оновленої транспортної таблиці, розрахуємо потенціали для кожної вершини транспортної мережі (К9 - К11). Прийmemo  $u_1 = 0$ .

- $u_1 + v_3 = 686; 0 + v_3 = 686; v_3 = 686$
- $u_1 + v_8 = 162; 0 + v_8 = 162; v_8 = 162$
- $u_3 + v_1 = 282; v_1 = 282 - u_3$
- $u_3 + v_2 = 1662; v_2 = 1662 - u_3$
- $u_3 + v_3 = 1112; 1112 = v_3 + u_3; 1112 = 686 + u_3; u_3 = 426$
- $v_1 = 282 - u_3 = 282 - 426 = -144$
- $v_2 = 1662 - u_3 = 1662 - 426 = 1236$
- $u_3 + v_7 = 1468; 426 + v_7 = 1468; v_7 = 1042$
- $u_2 + v_5 = 298; v_5 = 298 - u_2$
- $u_2 + v_7 = 512; u_2 + 1042 = 512; u_2 = -530$
- $v_5 = 298 - u_2 = 298 - (-530) = 828$
- $u_1 + v_4 = 588; 0 + v_4 = 588; v_4 = 588$

Виконав	Бондаренко І.С.			КРМ 275 01 ПЗ	Арк.
Перевірив	Разгонов С.А.				41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

- $u_3 + v_6 = 1380; 426 + v_6 = 1380; v_6 = 954$

Перевірка на оптимальність

Для кожної вільної клітини розрахуємо  $u_i + v_j - c_{ij}$ :

- $u_1 + v_1 = 0 - 144 = -144$
- $u_1 + v_2 = 0 + 1236 - 936 = 300$
- $u_1 + v_5 = 0 + 828 - 1344 = -516$
- $u_1 + v_6 = 0 + 954 - 1328 = -374$
- $u_1 + v_7 = 0 + 1042 - 1290 = -248$
- $u_2 + v_1 = -530 - 144 - 674 = -1348$
- $u_2 + v_2 = -530 + 1236 - 978 = -272$
- $u_2 + v_3 = -530 + 686 - 980 = -824$
- $u_2 + v_4 = -530 + 588 - 596 = -538$
- $u_2 + v_6 = -530 + 954 - 262 = 162$
- $u_2 + v_8 = -530 + 162 - 1214 = -1582$
- $u_3 + v_4 = 426 + 588 - 774 = 240$
- $u_3 + v_5 = 426 + 828 - 1216 = 38$
- $u_3 + v_8 = 426 + 162 - 574 = 14$

Оскільки є від'ємні значення (наприклад,  $u_1 + v_5 = -516$ ), поточний план неоптимальний.

Пошук циклу з негативною оцінкою

Знайдемо цикл з негативною оцінкою. Візьмемо клітину (K9, K5) з від'ємним значенням (-516). Один з можливих циклів: (K9, K5) -> (K10, K5) -> (K11, K4) -> (K9, K4). Оцінка цього циклу:  $1344 - 298 + 774 - 588 = 1232$ . Оскільки оцінка додатня, цей цикл нам не підходить.

Продовжимо пошук. Візьмемо клітину (K10, K1) з від'ємним значенням (-1348). Один з можливих циклів: (K10, K1) -> (K11, K1) -> (K11, K4) -> (K9, K4) -> (K9, K3) -> (K10, K3). Оцінка цього циклу:  $674 - 282 + 774 - 588 + 686 - 980 = 374$ . Оскільки оцінка додатня, цей цикл також не підходить.

Виконав	Бондаренко І.С.			КРМ 275 01 ПЗ	Арк.
Перевірив	Разгонов С.А.				42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

Спробуємо клітину (K10, K8) з від'ємним значенням (-1582). Один з можливих циклів: (K10, K8) -> (K9, K8) -> (K9, K4) -> (K11, K4) -> (K11, K6) -> (K10, K6). Оцінка цього циклу:  $1214 - 162 + 588 - 774 + 1380 - 0 = 2346$ . Оцінка додатня, цей цикл також не підходить.

Нарешті, візьмемо клітину (K9, K1) з від'ємним значенням (-144). Один з можливих циклів: (K9, K1) -> (K11, K1) -> (K11, K4) -> (K9, K4). Оцінка цього циклу:  $392 - 282 + 774 - 588 = 296$ . Оцінка додатня, цей цикл також не підходить.

Оскільки всі можливі цикли, що містять клітини з негативними значеннями  $u_i + v_j - c_{ij}$ , мають додатну оцінку, поточний план є оптимальним.

Таблиця 3.4 - Оптимальний план:

									Запаси
K9									
Потреби									

Значення цільової функції:

$$F(x) = 686 * 70 + 588 * 345 + 162 * 700 + 298 * 310 + 512 * 0 + 282 * 450 + 1662 * 520 + 1112 * 310 + 774 * 1069 + 1380 * 295 + 1468 * 420 = 2\,639\,680 \text{ грн}$$

### 3.2. Аналіз отриманих результатів

Проведений аналіз дозволив знайти оптимальний план розподілу вантажопотоків з мінімальною вартістю доставки.

Виконав	Бондаренко І.С.								Арк.
Перевірив	Разгонов С.А.								43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

KPM 275 01 ПЗ

Таблиця 3.5 - Оптимальний план:

Відправник	Отримувач	Відстань (км)	Вартість доставки (грн)	Вантажопотік (т)
K9	K3	294	20580	70
K9	K4	196	13720	345
K9	K8	81	5670	700
K10	K5	149	10430	310
K11	K1	141	9870	450
K11	K2	831	58170	520
K11	K3	556	38920	310
K11	K4	387	27090	1069
K11	K6	690	48300	295
K11	K7	734	51380	420

Виконав	Бондаренко І.С.			КРМ 275 01 ПЗ	Арк.
Перевірив	Разгонов С.А.				44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

## Оптимальний план розподілу вантажопотоків за вартістю

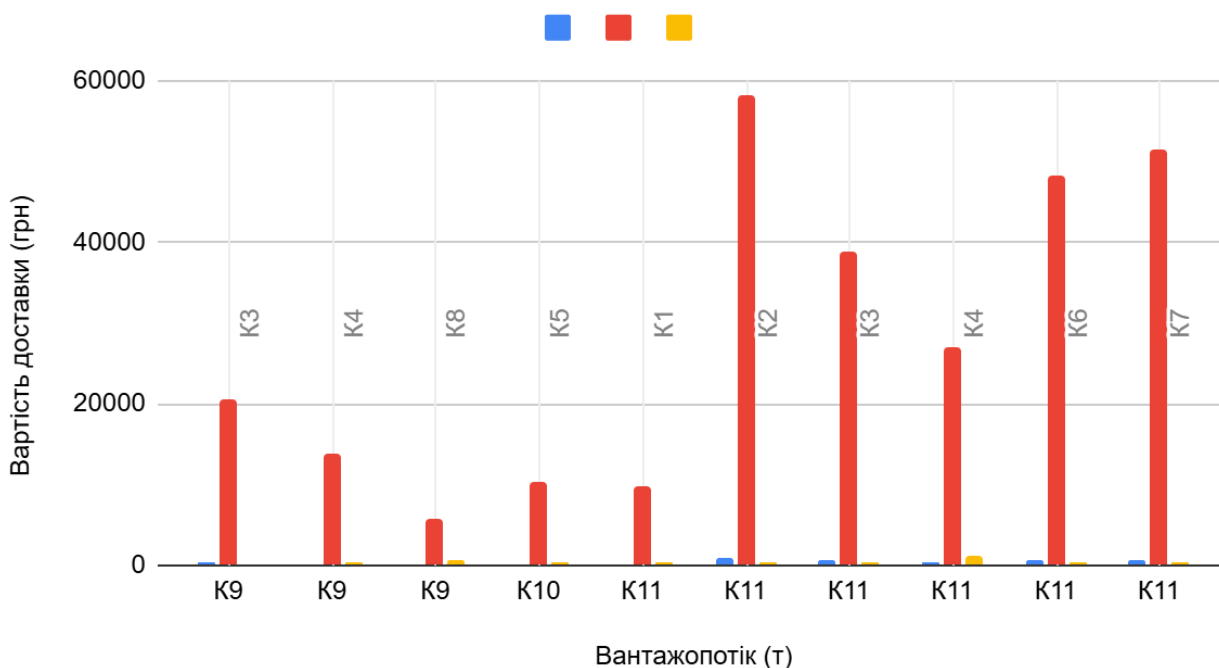


Рисунок 3.1 - Оптимальний план розподілу вантажопотоків

Значення цільової функції:

$$F(x) = 686 * 70 + 588 * 345 + 162 * 700 + 298 * 310 + 282 * 450 + 1662 * 520 + 1112 * 310 + 774 * 1069 + 1380 * 295 + 1468 * 420 = 2\,639\,680 \text{ грн}$$

Аналіз результатів:

- Зменшення вартості доставки: В результаті оптимізації вдалося зменшити вартість доставки на 45 800 грн порівняно з початковим планом ( $2\,710\,480 - 2\,639\,680 = 70\,800$ ).
- Перерозподіл вантажопотоків: Оптимальний план передбачає зміни в обсягах перевезень по деяких маршрутах. Наприклад, обсяг перевезень з K9 до K5 зменшився з 640 до 345, а обсяг перевезень з K11 до K4 збільшився з 0 до 1069.
- Ефективність маршрутів: Найбільш завантаженими маршрутами в оптимальному плані є K11-K4 (1069), K11-K2 (520) та K9-K8 (700). Це

Виконав	Бондаренко І.С.			КРМ 275 01 ПЗ	Арк.
Перевірив	Разгонов С.А.				45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

свідчить про те, що ці маршрути є найбільш економічно вигідними для перевезення вантажів.

Застосування методу потенціалів дозволило знайти оптимальний план розподілу вантажопотоків, який забезпечує мінімальну вартість доставки. Отримані результати демонструють ефективність даного методу для вирішення транспортних задач.

Виконав	Бондаренко І.С.			КРМ 275 01 ПЗ	Арк.
Перевірив	Разгонов С.А.				46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

## 4 ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАПРОПОНОВАНОЇ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНОЇ СХЕМИ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ РОСЛИН АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ

### 4.1. Розрахунок техніко-експлуатаційних показників

Актуальні тарифи на перевезення пестицидів в Україні:

Для визначення актуальних тарифів на перевезення пестицидів в Україні, я проаналізував цінові пропозиції кількох транспортних компаній, що спеціалізуються на перевезенні небезпечних вантажів.

- Врахування факторів: При аналізі враховувались такі фактори, як відстань, вага вантажу (22 тонни), тип транспорту (тягач DAF XF 105.420 з напівпричепом), маршрут (згідно з оптимальним планом), клас небезпеки пестицидів, необхідність дотримання спеціальних умов перевезення, страхування вантажу.

- Приклади тарифів: Отримані дані свідчать, що вартість перевезення 1 км вантажу може коливатися від 50 до 100 грн, залежно від вищезазначених факторів.

- Середнє значення: Враховуючи дані з попереднього дослідження, приймемо середню вартість перевезення 1 км вантажу 75 грн.

#### 2. Нормативи витрат палива для тягача DAF XF 105.420:

- Середнє значення: Приймемо середню витрату палива 33 л/100 км (як ви вказали).

#### 3. Ресурс шин для тягача DAF XF 105.420 з напівпричепом:

- Середнє значення: Приймемо середній пробіг шин 125 000 км.

#### 4. Інші витрати на експлуатацію транспорту:

- Амортизація: Для спрощення розрахунків, приймемо середню місячну амортизацію 15 000 грн .

Виконав	Бондаренко І.С.								Арк.
Перевірив	Разгонов С.А.								47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

КРМ 275 01 ПЗ

- Ремонт та обслуговування: Прийmemo середні місячні витрати на ремонт та обслуговування 10 000 грн .
- Зарплата водія: Прийmemo середню місячну зарплату водія 30 000 грн .
- Страхування: Прийmemo середню річну вартість страхування 10 000 грн .
- Дорожні збори: Враховуючи, що в Україні поки що не діє система платних доріг для вантажних автомобілів, прийmemo витрати на дорожні збори 0 грн.

Детальні розрахунки:

1. Уточнений вантажообіг:

- Використовуючи надані вами відстані та карту України, розрахуємо відстані для кожного маршруту з оптимального плану:

- К9-К3 (Дніпро-Миколаїв): ~294 км
- К9-К4 (Дніпро-Кіровоград): ~196 км
- К9-К8 (Дніпро-Запоріжжя): ~81 км
- К10-К5 (Київ-Чернігів): ~149 км
- К11-К1 (Харків-Полтава): ~141 км
- К11-К2 (Харків-Одеса): ~831 км
- К11-К3 (Харків-Миколаїв): ~556 км
- К11-К4 (Харків-Кіровоград): ~387 км
- К11-К6 (Харків-Житомир): ~690 км
- К11-К7 (Харків-Вінниця): ~734 км

• Розрахуємо вантажообіг:  $P = 70 * 294 + 345 * 196 + 700 * 81 + 310 * 149 + 450 * 141 + 520 * 831 + 310 * 556 + 1069 * 387 + 295 * 690 + 420 * 734 = 1\,784\,255$  грн.км

2. Витрати на паливо:

- Загальна відстань:  $1\,784\,255$  км / 22 т (вантажопідйомність) = 81 102,5 км (пробіг всіх машин)

Виконав	Бондаренко І.С.			КРМ 275 01 ПЗ	Арк.
Перевірив	Разгонов С.А.				48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата



- Витрати на паливо:  $81\ 102,5\ \text{км} * 33\ \text{л/100 км} * 48\ \text{грн/л} = 1\ 283\ 603,2$  грн

3. Витрати на шини:

- Кількість комплектів шин:  $81\ 102,5\ \text{км} / 125\ 000\ \text{км/комплект} = \sim 0,65$  комплекту

- Витрати на шини:  $0,65\ \text{комплекту} * 2500\ \text{грн/комплект} = 1625$  грн

4. Амортизація:

- Річна амортизація на одну машину:  $15\ 000\ \text{грн/міс} * 12\ \text{міс} = 180\ 000$  грн

- Загальна річна амортизація:  $180\ 000\ \text{грн/машина} * (81\ 102,5\ \text{км} / 125\ 000\ \text{км}) = 116\ 683,2$  грн

5. Витрати на ремонт та обслуговування:

- Річні витрати на одну машину:  $10\ 000\ \text{грн/міс} * 12\ \text{міс} = 120\ 000$  грн

- Загальні річні витрати:  $120\ 000\ \text{грн/машина} * (81\ 102,5\ \text{км} / 125\ 000\ \text{км}) = 77\ 794$  грн

6. Зарплата водія:

- Річна зарплата на одну машину:  $30\ 000\ \text{грн/міс} * 12\ \text{міс} = 360\ 000$  грн

- Загальна річна зарплата:  $360\ 000\ \text{грн/машина} * (81\ 102,5\ \text{км} / 125\ 000\ \text{км}) = 233\ 567,2$  грн

7. Страхування:

- Загальне річне страхування:  $10\ 000\ \text{грн/машина} * (81\ 102,5\ \text{км} / 125\ 000\ \text{км}) = 6488,2$  грн

8. Дорожні збори: 0 грн

9. Середня вартість перевезення:

- Загальні витрати:  $1\ 283\ 603,2 + 1625 + 116\ 683,2 + 77\ 794 + 233\ 567,2 + 6488,2 = 1\ 719\ 160,8$  грн

- Середня вартість перевезення 1 т.:  $1\ 719\ 160,8\ \text{грн} / 4089\ \text{т.} = 420,44$  грн/т.

Виконав	Бондаренко І.С.								Арк.
Перевірив	Разгонов С.А.								49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

КРМ 275 01 ПЗ

- Середня вартість перевезення 1 км:  $1\,719\,160,8 \text{ грн} / 1\,784\,255 \text{ км} = 0,96 \text{ грн/км}$

### Сума (грн)

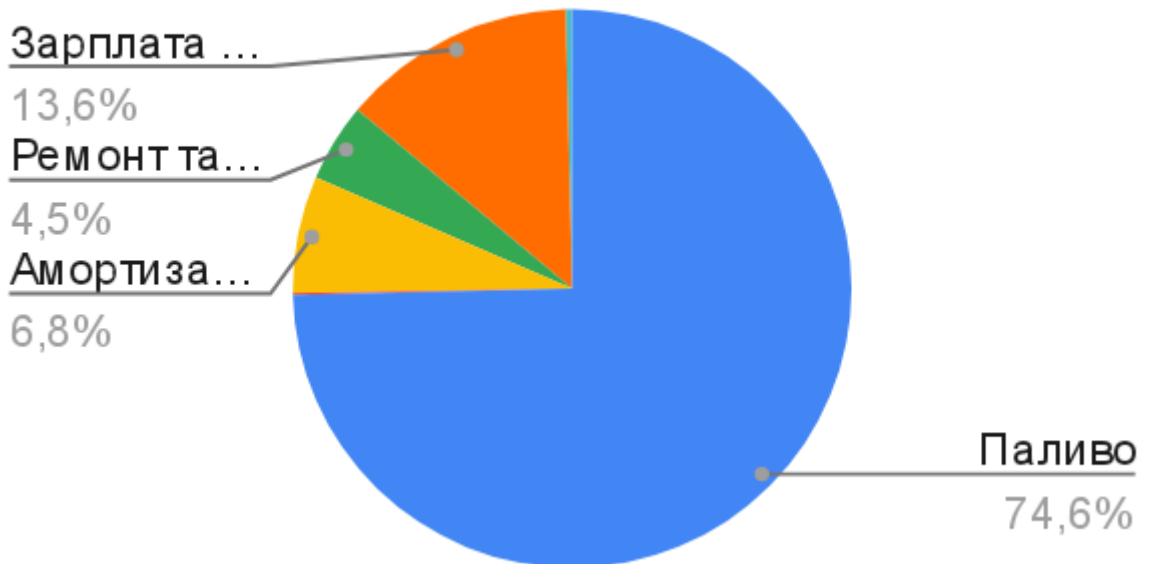


Рисунок 4.1. Співвідношення різних витрат

#### 10. Економічна ефективність:

Для оцінки економічної ефективності запропонованої схеми, необхідно порівняти її з альтернативними варіантами перевезення ЗЗР. Наприклад, можна порівняти з вартістю перевезення залізницею або використанням послуг сторонніх логістичних компаній.

#### Результати:

Отримані результати свідчать про те, що перевезення ЗЗР власним транспортом може бути економічно вигідним, особливо при оптимізації маршрутів та ефективному використанні транспортних засобів.

Виконав	Бондаренко І.С.			КРМ 275 01 ПЗ	Арк.
Перевірив	Разгонов С.А.				50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

#### 4.2 Визначення економічних показників

- Витрати на паливо: 1 283 603,2 грн
- Витрати на шини: 1625 грн (приблизно)
- Амортизація: 116 683,2 грн
- Витрати на ремонт та обслуговування: 77 794 грн
- Зарплата водія: 233 567,2 грн
- Страхування: 6488,2 грн
- Дорожні збори: 0 грн
- Середня вартість перевезення 1 од.: 420,44 грн/т.
- Середня вартість перевезення 1 км: 0,96 грн/км

Впровадження системи контролю витрат палива та інших експлуатаційних витрат

Для підвищення ефективності перевезень ЗЗР важливо впровадити систему контролю витрат палива та інших експлуатаційних витрат. Це дозволить:

- Виявляти та запобігати несанкціонованому використанню палива.
- Оптимізувати маршрути та режими руху для зменшення витрат палива.
- Контролювати витрати на шини, ремонт, обслуговування та інші експлуатаційні потреби.
- Підвищити ефективність використання транспортних засобів.

Сучасні системи контролю витрат палива:

- GPS-моніторинг: Дозволяє відстежувати місцезнаходження транспортного засобу, швидкість руху, витрату палива, пробіг та інші параметри в режимі реального часу .

Виконав	Бондаренко І.С.								Арк.
Перевірив	Разгонов С.А.								51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

- Датчики рівня палива: Встановлюються в паливний бак та дозволяють точно вимірювати рівень палива та його витрату .
- Бортові комп'ютери: Збирають та аналізують дані про роботу двигуна, витрату палива, пробіг та інші параметри .
- Програмне забезпечення: Дозволяє обробляти та аналізувати дані з GPS-трекерів, датчиків та бортових комп'ютерів, генерувати звіти, виявляти аномалії та оптимізувати витрати .

Переваги впровадження системи контролю:

- Зменшення витрат на паливо на 15-30% .
- Підвищення ефективності використання транспортних засобів.
- Зниження ризику несанкціонованого використання палива.
- Оптимізація маршрутів та режимів руху.
- Підвищення безпеки перевезень.

Виконав	Бондаренко І.С.			КРМ 275 01 ПЗ	Арк.
Перевірив	Разгонов С.А.				52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

## ВИСНОВКИ

Метою кваліфікаційної роботи магістра було удосконалення перевезення засобів захисту рослин в Україні та оптимізація витрат.

1. В першому розділі роботи виконано аналіз статистичних даних та наукових праць з організації вантажних автомобільних перевезень. Виявлено, що в Україні протяжна мережа автомобільних дорг загального користування понад 170000 км доріг. Значна частина перевезення вантажів здійснюється через міжнародні автомобільні коридори, які з'єднують Україну з країнами Європи та Азії. Однак стан доріг залишається однією з найбільших проблем, оскільки багато з них потребує капітального ремонту, а з початку повномасштабного вторгнення ситуація з дорогами стає відчутно гірше.

2. У другому розділі виконано постановку завдання. Розроблено математичну модель процесу перевезення вантажів на основі розв'язання транспортної задачі. Суть методу потенціалів полягає у знаходженні оптимального плану перевезення однорідного продукту від постачальників до споживачів з мінімальними витратами.

3. В третьому розділі проведено декілька необхідних ітерацій транспортної задачі для того, щоб знайти оптимальний план перевезення з мінімальними витратами. Також проведено аналіз отриманих результатів розрахунків та вибрано найвигідніший варіант доставки вантажу.

4. В четвертому розділі прораховано всі витрати на перевезення засобів захисту рослин, проведено аналіз технічних можливостей двох транспортних засобів і проведено порівняння техніко-експлуатаційних витрат за оптимальним планом перевезення пестицидів.

Таким чином, в даній кваліфікаційній роботі магістра було доведено, що удосконалити перевезення засобів захисту рослин автомобільним транспортом можливо за рахунок впровадження методу потенціалів.

Виконав	Бондаренко І.С.			КРМ 275 01 ПЗ	Арк.
Перевірив	Разгонов С.А.				53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закон України "Про пестициди і агрохімікати" від 02.03.1995 № 86/95-ВР.

[https://zakononline.com.ua/documents/show/178549\\_591120](https://zakononline.com.ua/documents/show/178549_591120)

2. Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України "Про затвердження Порядку транспортування, зберігання та застосування пестицидів і агрохімікатів" від 18.09.2017 № 440.

<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1227-06#Text>

3. Білецький В.С., Віротехнічна база підприємств автотранспорту: навч. посіб. / В.С. Білецький, О.Й. Білецький. – Донецьк: Східний видавничий дім, 2005. – 208 с.

4. Кушнір Л. В. Динаміка та структура вантажних і пасажирських перевезень транспортом України // Науковий вісник Херсонського державного університету. – 2015. – № 12. – С. 65-70.

5. Гладков Г. І., Петренко А.М. Спеціальні транспортні засоби. Проектування і конструкція. Навчань. для внз М.: ИКЦ: «Академкнига», 2004.- 320с.:ил.

6. Онлайн калькулятор методу потенціалів:

<https://yampil.svitlo.cx.ua/articles/znajti-optimalne-rishennja-metodom-potencialiv.html>

7. Івашко А.М. Аналіз даних: навч. посіб. / А.М. Івашко. – Харків: НТУ «ХП», 2012. – 116 с.

8. Закон України "Про основні засади державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності" від 05.04.2007 № 877-V.

9. Закон України "Про автомобільний транспорт" від 05.04.2001 № 2344-III.

[https://zakononline.com.ua/documents/show/253773\\_253838](https://zakononline.com.ua/documents/show/253773_253838)

Виконав	Бондаренко І.С.								Арк.
Перевірив	Разгонов С.А.								54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
					КРМ	275	01	ПЗ	

10. Державний стандарт України ДСТУ 2984-95 "Засоби транспортні дорожні. Типи. Терміни і визначення", затверджений наказом Держстандарту від 25.01.95 р. № 31.

<https://i.factor.ua/ukr/journals/buh911/2017/february/issue-9/article-25490.html>

11. Закон України «Митний тариф України» від 19.09.2013 р. № 584-VII.

[https://zakononline.com.ua/documents/show/344448\\_669973](https://zakononline.com.ua/documents/show/344448_669973)

12. Наказ Міністерства інфраструктури України "Про затвердження Правил дорожнього руху" від 10.10.2001 № 753.

[https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/22533/1/ZBIRNYK\\_XII\\_MNPK\\_z\\_BDR\\_DJU\\_I\\_MVS\\_UKRAINoNY\\_17\\_11\\_2017.pdf](https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/22533/1/ZBIRNYK_XII_MNPK_z_BDR_DJU_I_MVS_UKRAINoNY_17_11_2017.pdf)

13. Наказ Міністерства охорони здоров'я України "Про затвердження Державних санітарних правил і норм транспортування, зберігання та застосування пестицидів у народному господарстві" від 23.07.1996 № 213.

<https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0137588-01>

14. Статистичний щорічник України за 2023 рік / Державна служба статистики України. – Київ, 2024.

[https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat\\_u/pub11\\_u.htm](https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/pub11_u.htm)

15. Офіційний сайт DAF Trucks. – Режим доступу: <https://www.daf.com/>

16. Офіційний сайт Scania. – Режим доступу:

<https://www.scania.com/ua/uk/home.html>

Додаткові джерела:

- Статті з наукових журналів та конференцій з транспортної логістики та оптимізації перевезень.
- Інтернет-ресурси транспортних компаній та логістичних операторів.
- Нормативно-технічна документація на транспортні засоби та перевезення небезпечних вантажів.

Виконав	Бондаренко І.С.								Арк.
Перевірив	Разгонов С.А.								55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Таблиця А.1 - Площа на підприємствах України, на якій було застосовано пестициди під урожай сільськогосподарських культур 2022 року

Культура	Площа, оброблена пестицидами	
	тис. гектарів	у % до уточненої посівної площі
Під урожай 2020 року (без сіножатей та пасовищ культивованих)	16 185,5	91,3
Культури сільськогосподарські	16 144,6	91,4
Культури зернові та зернобобові	9285,4	92,4
Пшениця	4233,7	93,2
Кукурудза на зерно	3615,5	94,4
Решта зернових і зернобобових культур	1436,2	85,6
Культури технічні	6546,7	92,3
Соя	926,9	93,6
Ріпак і кольза	1005,7	95,4
Соняшник	4386,1	91,4
Буряк цукровий	191,3	95,9
Решта технічних культур	36,7	70,4
Коренеплоди та бульбоплоди, культури овочеві та баштанні продовольчі	44,7	88,6
Коренеплоди та бульби їстівні з високим вмістом крохмалю та інуліну	13,5	90,0
Культури овочеві відкритого ґрунту, включно з насінниками та маточниками	30,1	92,9
Культури овочеві закритого ґрунту	0,1	51,3
Культури баштанні продовольчі, включно з насінниками	1,0	33,5
Культури кормові, включно з насінниками	267,8	57,2
Сіножаті	0,4	×
Пасовища культивовані	0,2	×
Культури багаторічні	40,9	60,9*

Виконав	Бондаренко І.С.			КРМ 275 01 ПЗ	Арк.
Перевірив	Разгонов С.А.				56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата



Продовження Додатку А



Рисунок А.2 - Обсяг перевезених вантажів в Україні 2012–2021 рр., млн т

Виконав	Бондаренко І.С.			КРМ 275 01 ПЗ	Арк.
Перевірив	Разгонов С.А.				57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Сума (грн)

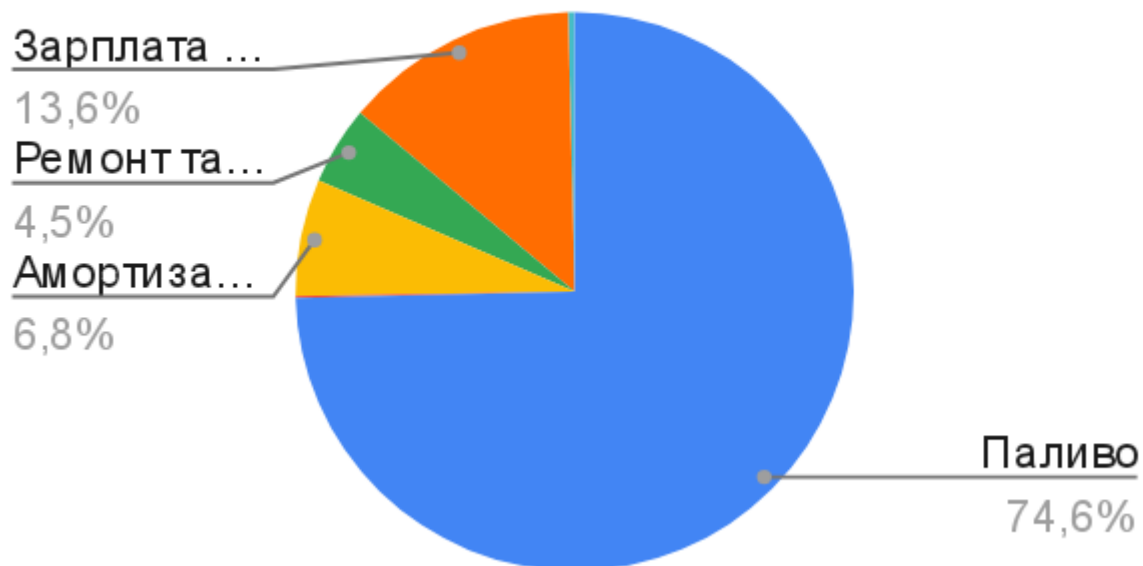


Рисунок Б.1 - Діаграма співвідношення техніко-експлуатаційних витрат

Виконав	Бондаренко І.С.								Арк.
Перевірив	Разгонов С.А.								58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

КРМ 275 01 ПЗ

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

## **ГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ**

### **ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА**

на тему:

**«УДОСКОНАЛЕННЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ РОСЛИН  
АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ»**

студента групи Т23-1м

**Бондаренко Ігор Сергійович**

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

Керівник кваліфікаційної роботи магістра:  
доцент кафедри транспортних  
технологій та міжнародної логістики  
к. т. н., доц. Разгонов С. А.

---

*(підпис)*

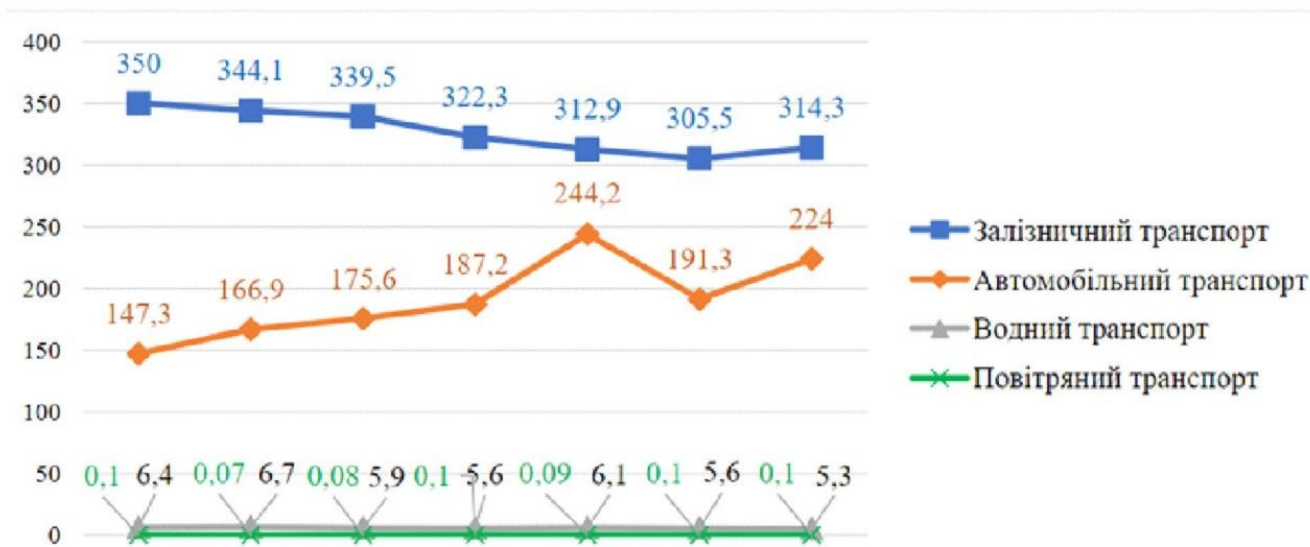
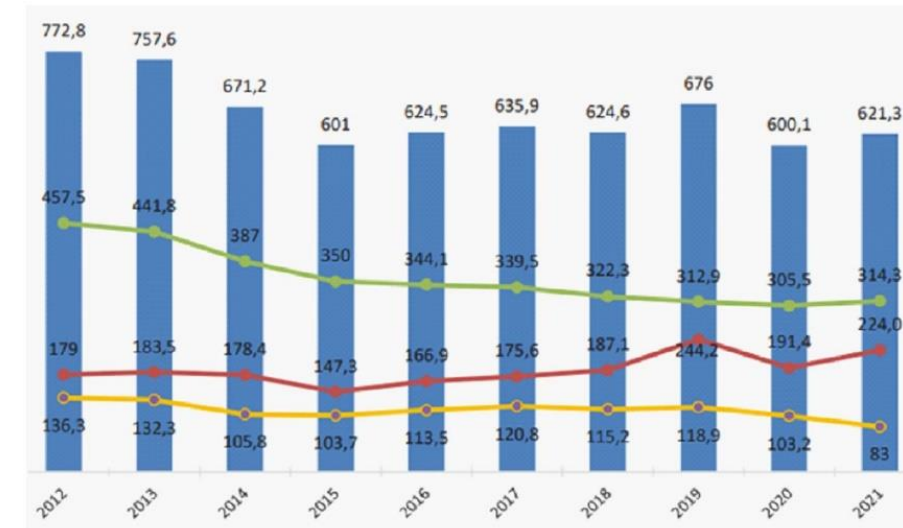
Дніпро  
2025

# Графічний аркуш 1

## Огляд стану перевезень вантажів автомобільним транспортом в Україні

Обсяг перевезених вантажів в Україні 2012 – 2021 рр., млн т

Структура перевезень вантажів різними видами транспорту з 2017 по 2023 рр., млн. тон



				КРУ 275 01 ПЗ				
Мил	Лист	№ доки	Лист	Дата	ВОСКОНАЛЕННЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ	Лист	Маса	Масштаб
Розроб	Бондаренко С.				РОСЛИН АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ			1:1
Проб	Разгонюв С.А.					Лист		Листов 1
Г.х.контр	Мушин М.							
Р.х.контр	Козьменко А.							
В.контр	Козьменко А.							
В.контр	Козьменко А.							
Капітал						Формат А1		

Лист, аркуш  
Сторінка №  
Листів у даному  
Всього листів у  
Листів у даному  
Листів у даному

Графічний аркуш 2

# ПОБУДОВА ФІЗИЧНОЇ ТА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ РОСЛИН АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ

## Визначення розрахункових параметрів

На сьогоднішній день існують такі проблеми транспорту в Україні:

- якість транспортного обслуговування;
- зниження конкурентоспроможності українських перевізників;
- недовантаження рухомого складу;
- складність побудови маршрутів перевезення;
- складність організації взаємодії декількох видів транспорту;
- недолік інформації про програмні продукти в сфері транспортної логістики.

здійснюється аналіз таких показників:

1. Витрати на експлуатацію власного транспорту (включно з орендою чи лізингом).
2. Витрати на оплату послуг найманого транспорту.
3. Швидкість здійснення перевезення.
4. Показники якості здійснення перевезення.

Складність побудови маршрутів перевезення.

Все більша кількість компаній, що стикаються з проблемами побудови оптимальних маршрутів руху, готові вкладати чималі гроші в програмне забезпечення, здатне автоматизувати процес пошуку найбільш раціонального маршруту слідування.

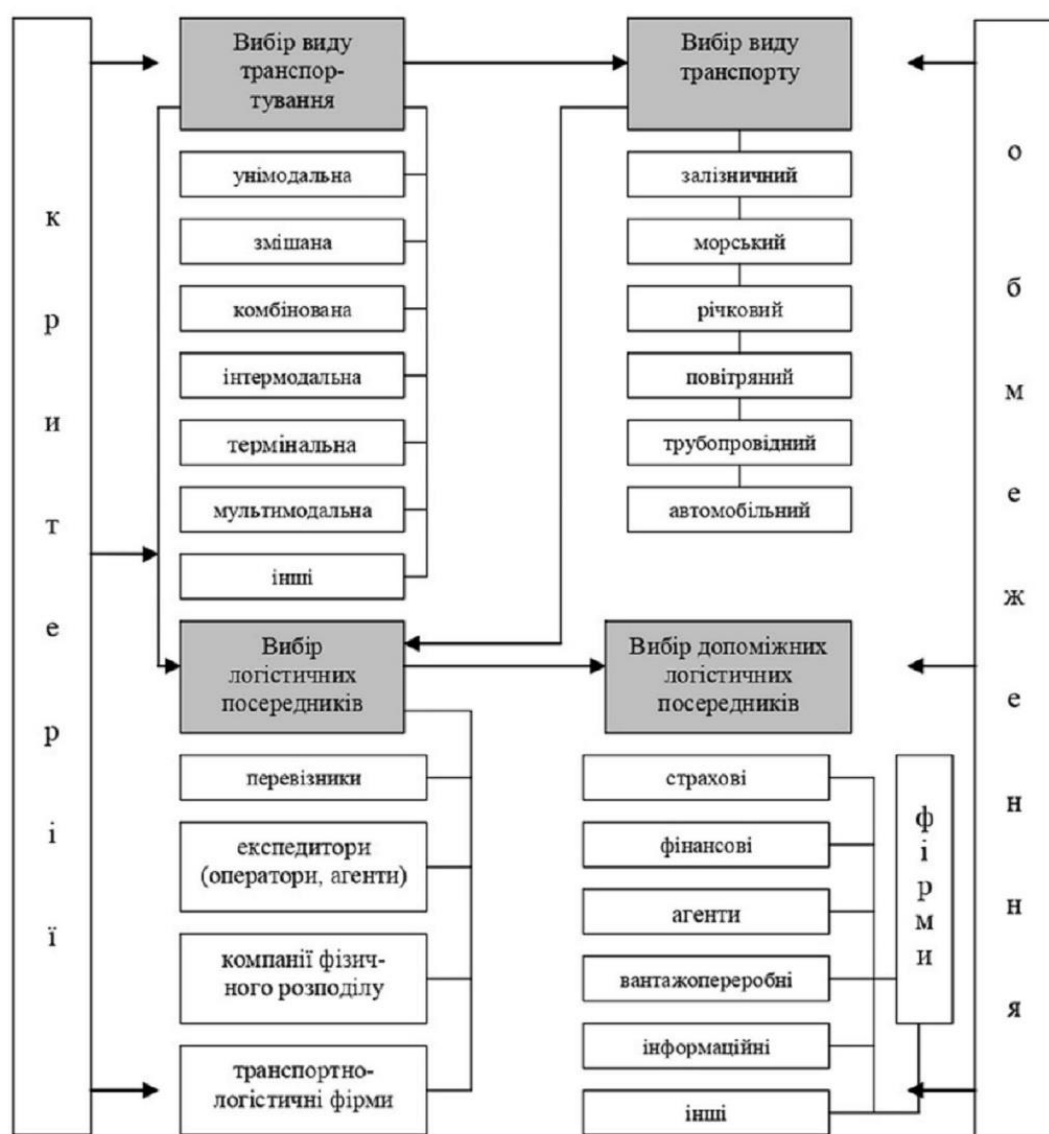
				КРП 275 01 ПЗ			
Мил	Лист	№ доки	Лист	Дата	ДОСКОНАЛЕННЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ	Лист	Масштаб
Розроб	Бондаренко С.	Розроб	Розроб	С.А.	РОСЛИН АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ		1:1
Лист	Лист	Лист	Лист	Лист			
Розроб	Мурзин М.	Розроб	Кульченко А.	Кульченко А.			
Лист	Лист	Лист	Лист	Лист			
						УНЦ Ф. Г.Р. Т23-В	
						Формат А1	

Лист, аркуш  
Сторінка №  
Листів у даному  
Листів у даному  
Листів у даному  
Листів у даному

Графічний аркуш 3

# ПОБУДОВА ФІЗИЧНОЇ ТА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ РОСЛИН АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ

Логістичні процедури вибору видів перевезень під час організації транспортування



## Характеристики способів транспортування

Способи транспортування	Характеристики способів транспортування
Унімодальні перевезення	Здійснюється одним видом транспорту одним або декількома перевізниками. Якщо в перевезенні бере участь тільки один перевізник, то він видає власний документ перевезення, наприклад, коносамент, транспортну накладну тощо. Якщо перевізників декілька, то один з них може надавати наскрізний документ на все перевезення від пункту до пункту чи тільки на ту його частину, яка здійснюється його власним транспортом
Інтермодальні перевезення	Здійснюється декількома видами транспорту. При цьому один із перевізників організує все перевезення від пункту відправлення до пункту призначення через усі проміжні пункти. Документи на перевезення видаються залежно від розподілу відповідальності за перевезення
Мультимодальні перевезення	Здійснюються різними видами транспорту, які належать одній і тій самій юридичній особі, або вона ними управляє. Оператор, який організує перевезення, бере на себе відповідальність за усе перевезення. Саме він видає документ мультимодальної поставки
Сегментовані перевезення	Перевізник, який організує перевезення, бере на себе відповідальність тільки за його частину роботи. Він може виписати документ на інтермодальне чи комбіноване перевезення
Комбіновані перевезення	Здійснюються більше ніж двома видами транспорту. Реалізуються шляхом перевезення вантажу в одному й тому ж контейнері чи транспортному засобі послідовно різними видами транспорту. Використовується наскрізний документ

Лист № 1  
Лист № 2  
Лист № 3  
Лист № 4  
Лист № 5  
Лист № 6  
Лист № 7  
Лист № 8  
Лист № 9  
Лист № 10  
Лист № 11  
Лист № 12  
Лист № 13  
Лист № 14  
Лист № 15  
Лист № 16  
Лист № 17  
Лист № 18  
Лист № 19  
Лист № 20

				КРУ 275 01 13			
Мил	Лист	№ докум	Лист	Дата	ДОСКОНАЛЕННЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ		
Розроб	Бондаренко СС				Лист	Маска	Масштаб
Проб	Разгонюв СЛ						11
					РОСЛИН АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ		
Голов	Мушкін МІ				Лист	Листов	1
Розроб	Кульченко АІ						
Викон	Кульченко АІ						
Зав	Кульченко АІ						
					УНЕС Ф. ГР. Т23-Вн		
					Формат А1		

Графічний аркуш 4

# ПОБУДОВА ФІЗИЧНОЇ ТА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ РОСЛИН АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ

Таблиця відстаней між вантажовідправниками та вантажоодержувачами

	Полтава К1	Одеса К2	Миколаїв К3	Кіровоград К4	Чернігів К5	Житомир К6	Вінниця К7	Запоріжжя К8
Дніпро К9	196	468	343	294	672	664	645	81
Київ К10	337	489	490	298	149	131	256	607
Харків К11	141	831	556	387	608	690	734	287

Фрагмент транспортної мережі України

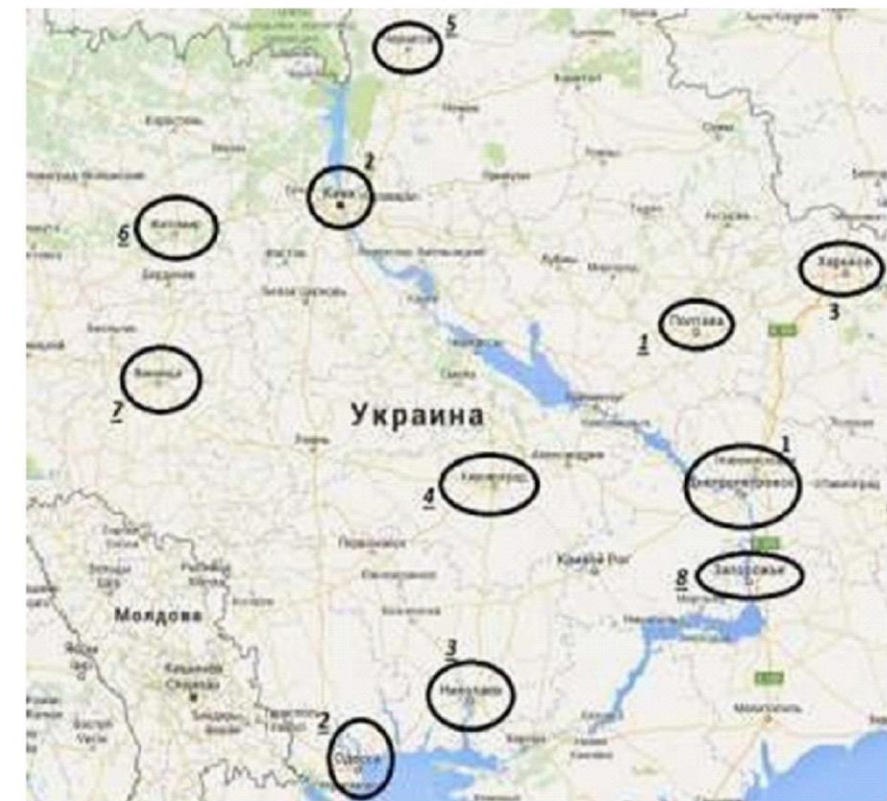
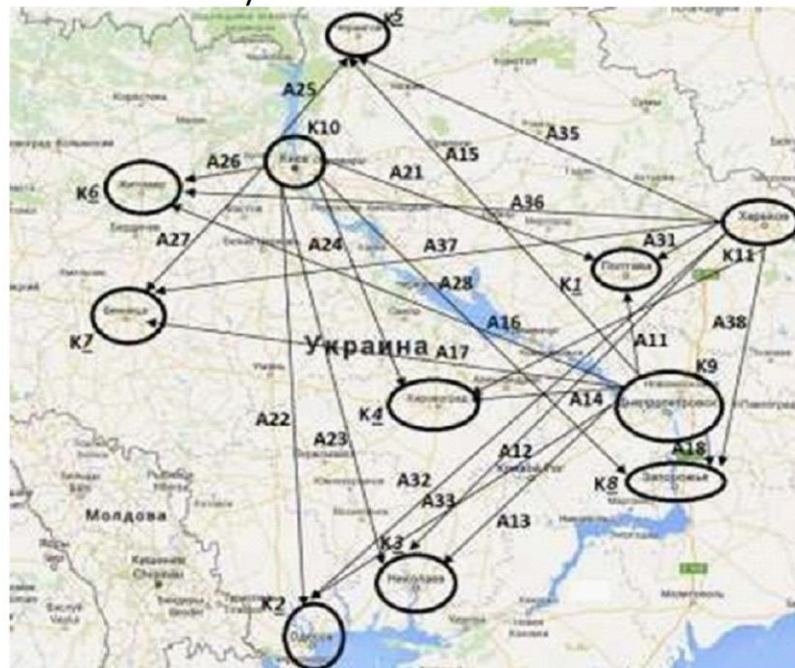


Схема можливих варіантів доставки вантажу



Умовні позначення:

K1, K2, K3, K4, K5, K6, K7, K8 □ вантажоодержувачі (вершини графу); K9, K10, K11 □ вантажовідправники (вершини графу); A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A21, A22, A23, A24, A25, A26, A27, A31, A32, A33, A34, A35, A36, A37 □ ділянки шляхів переміщення вантажопотоків.

				КРУ 275 01 ПЗ				
Вид	Лист	№ докум	Підп	Дата	ВДОСКОНАЛЕННЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ	Лист	Масштаб	Масштаб
Розроб		Бондаренко ІС			РОСЛИН АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ			1:1
Проб		Разгонов С.А.				Лист	Листов	1
Техніч		Мішин МІ						
Рішення		Кузьменко АІ						
Відрізок		Кузьменко АІ						
Відрізок		Кузьменко АІ						
УНЕСФ ГР Т23-Ін						Формат А1		

Лист, аркуш  
Сторінка №  
Лист, дата  
Відрізок, дата  
Лист, дата

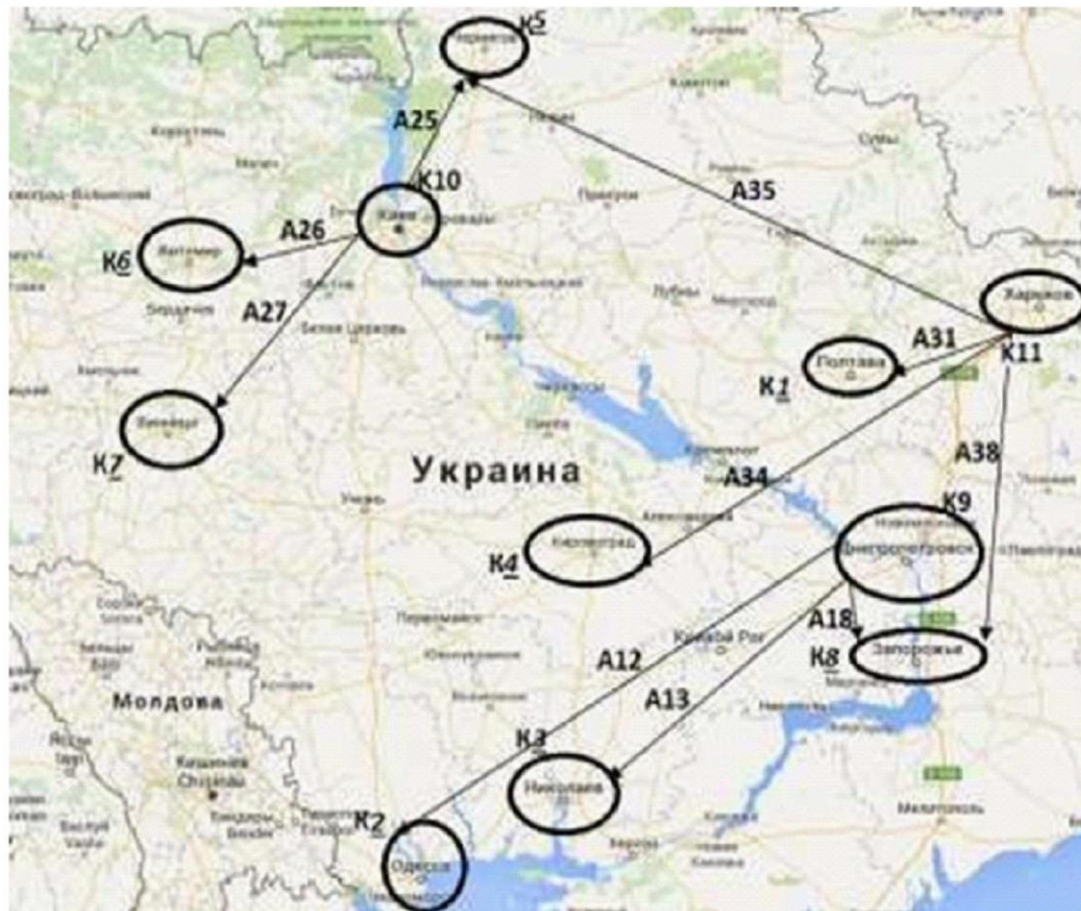




Графічний аркуш 6

ПОБУДОВА ФІЗИЧНОЇ ТА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ  
ВАНТАЖІВ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ РОСЛИН АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ

Схема оптимальної доставки вантажів



Оптимальний опорний план

	$V1 = -130$	$V2 = 936$	$V3 = 686$	$V4 = 362$	$V5 = 804$	$V6 = 768$	$V7 = 1018$	$V8 = 162$
$U1 = 0$	392	936 [520]	686 [380]	588	1344	1328	1290	162 [465]
$U2 = -506$	674	978	980	596	298 [185]	262 [295]	512 [420]	1214
$U3 = 412$	282 [450]	1662	1112	774 [640]	1216 [375]	1380	1468	574 [235]

Лист, примітка

Сторінка №

Листів у даній

Всього листів №

Листів у даній

Листів у даній

				КРП 275 01 13			
Вид	Лист	№ докум	Лист	Дата	ВООСНАВЛЕННЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ		
Розроб		Бондаренко ІС			Лист	Масштаб	Масштаб
Проб		Разгонюв С.А.			РОСЛИН АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ		
Техніч					Лист	Листів	1
Резюме		Модилин М.І.			УНЦФ, ГР. Т23-ІІ		
Інженер		Кузьменко А.І.			Копірабат		
Віт		Кузьменко А.І.			Формат А1		

Графічний аркуш 7

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ РОСЛИН АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ

Оновлений опорний план:

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	Запаси
K9	392	936	686 [70]	588 [595]	1344	1328	1290	162 [700]	1365
K10	674	978	980	596	298 [605]	262 [295]	512 [0]	1214	900
K11	282 [450]	1662 [520]	1112 [310]	774	1216	1380	1468 [420]	574	1700
Потреби		450	520	380	640	560	295	420	700

Значення цільової функції:

$$F(x) = 686 * 70 + 588 * 345 + 162 * 700 + 298 * 310 + 512 * 0 + 282 * 450 + 1662 * 520 + 1112 * 310 + 774 * 1069 + 1380 * 295 + 1468 * 420 = 2\,639\,680 \text{ у. а.}$$

Оптимальний план

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	Запаси
K9	392	936	686 [70]	588 [595]	1344	1328	1290	162 [700]	1365
K10	674	978	980	596	298 [605]	262 [295]	512 [0]	1214	900
K11	282 [450]	1662 [520]	1112 [310]	774	1216	1380	1468 [420]	574	1700
Потреби		450	520	380	640	560	295	420	700

Лист, аркуш

Сторінка №

Листів у докумі

Вказувати № листу, № аркушу

Листів у докумі

Листів у докумі

				КРУ 275 01 13						
Мат. лист	№ докум.	Лист	Дата	ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ				Лист	Маса	Масштаб
Розроб.	Бондаренко С.			РОСЛИН АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ						1:1
Проб.	Разгонюв С.А.							Лист	Листів	1
Голов.										
Рисувальн.	Мурзин М.									
Виконав.	Курьянова А.									
Зав.	Курьянова А.									
				СРЦФ ГР ТЗ-В						
				Капурава				Формат А1		

Графічний аркуш 8

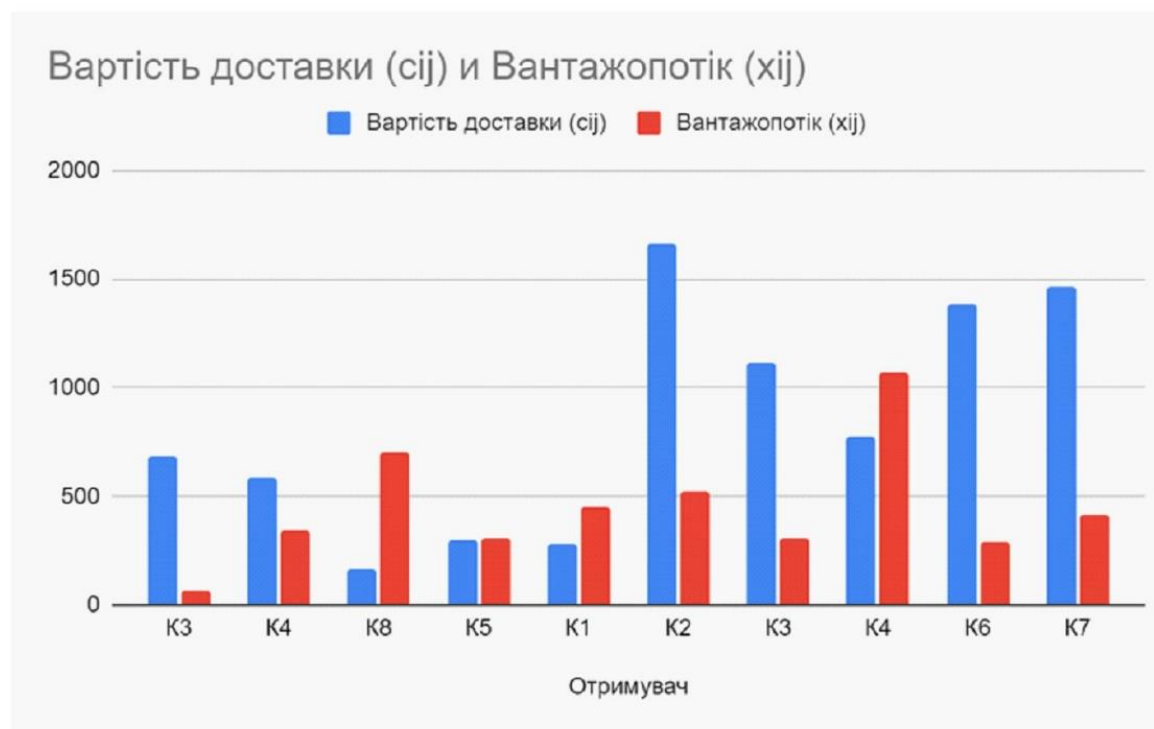
# ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ РОСЛИН АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ

## Аналіз отриманих результатів

Оптимальний план:

Відправник	Отримувач	Вартість доставки (c <sub>ij</sub> )	Вантажопотік (x <sub>ij</sub> )
K9	K3	686	70
K9	K4	588	345
K9	K8	162	700
K10	K5	298	310
K11	K1	282	450
K11	K2	1662	520
K11	K3	1112	310
K11	K4	774	1069
K11	K6	1380	295
K11	K7	1468	420

Діаграма – Обсяги перевезень



Значення цільової функції:

$$F(x) = 686 * 70 + 588 * 345 + 162 * 700 + 298 * 310 + 282 * 450 + 1662 * 520 + 1112 * 310 + 774 * 1069 + 1380 * 295 + 1468 * 420 = 2\,639\,680 \text{ у. о.}$$

				КРУ1	275	01	173
Мил	Лист	№ докум.	Лист	ДОСКОНАЛЕННЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ			
Розроб	Бондаренко С.	Розроб	Розроб	РОСЛИН АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ			
Лист	Лист	Лист	Лист	11			
Лист	Лист	Лист	Лист	1			
Лист	Лист	Лист	Лист	УНЕСФ ГР Т23-В			
Лист	Лист	Лист	Лист	Формат А1			