

**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

_____ Н. В. Халіпова
(підпис)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА
на тему:
«ОРГАНІЗАЦІЯ МІЖНАРОДНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ
ПЕРЕВЕЗЕНЬ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ»**

Виконав: студент групи Т21-2
спеціальності 275 Транспортні
технології (на автомобільному
транспорті)

Бєлов Ілля Юрійович

Керівник: _____
(підпис)

кандидат технічних наук, доцент
Музикін Михайло Ігорович

Рецензент _____
(підпис)

УМСФ, доцент кафедри
транспортних технологій та
міжнародної логістики,
кандидат технічних наук
Шаповалов Олексій Вікторович

Дніпро
2025

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

Факультет інноваційних технологій
Кафедра транспортних технологій та міжнародної логістики
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Спеціальність 275 Транспортні технології (на автомобільному транспорті)
Освітня програма Транспортні технології (на автомобільному транспорті)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри транспортних
технологій та міжнародної логістики

_____/А. І. Кузьменко/

„05” грудня 2024 року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
здобувачу вищої освіти**

БЄЛОВУ ІЛІІ ЮРІЙОВИЧУ

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Організація міжнародних автомобільних перевезень мінеральних добрив

Керівник роботи: Музикін Михайло Ігорович, кандидат технічних наук, доцент.

Затверджені наказом по УМСФ від “12” травня 2025 року № 340кс.

2. Строк подання здобувачем роботи на кафедру «03» червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи

3.1 Статистичні звіти Державної служби статистики України по міжнародним вантажним перевезенням.

3.2 Маршрут міжнародного перевезення: Одеса (Україна) – Краків (Польща).

3.3 Вид вантажу: мінеральні добрива.

3.4 Вага партії вантажу: 20,7 т.

3.5 Режим роботи міжнародного автомобільного пункту пропуску: цілодобово.

3.6 Вихідні дані для розрахунку роботи міжнародного автомобільного пункту пропуску як системи масового обслуговування: прибуття

автомобілів на митний пункт пропуску носить випадковий характер і описується законом Пуассона з інтенсивністю $\lambda_a = 2,96$ авто/год.. Коливання тривалості обслуговування автомобіля описується нормальним законом розподілу з параметрами: математичне очікування $t_0 = 23$ хв., середнє квадратичне відхилення $\sigma_0 = 5$ хв.

4. Зміст роботи (перелік питань для розробки)

4.1 Аналіз сучасного стану міжнародних вантажних перевезень та наукових доробок у цій галузі.

4.2 Постановка завдання. Транспортна характеристика вантажу. Вибір тари та упакування. Розробка маршруту та вибір транспортного засобу для перевезення.

4.3 Розрахунок роботи міжнародного автомобільного пункту пропуску як системи масового обслуговування

4.4 Визначення техніко-експлуатаційних та вартісних показників для запропонованого маршруту міжнародних вантажних перевезень мінеральних добрив

5. Перелік графічного матеріалу

5.1 Аналіз статистичних даних по міжнародним вантажним перевезенням

5.2 Вибір транспортного засобу для маршруту міжнародного вантажного перевезення

5.3 Результати розрахунку роботи міжнародного автомобільного пункту пропуску як системи масового обслуговування

5.4 Результати розрахунку техніко-експлуатаційних та вартісних показників для запропонованого маршруту міжнародних вантажних перевезень мінеральних добрив

6. Дата видачі завдання: «12» грудня 2024 р.

(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Визначення теми кваліфікаційної роботи бакалавра (КРБ)	протягом I семестру	-
	Складання змісту роботи, оформлення та затвердження завдання	до 05.12.2024 р.	2%
	Опрацювання літературних джерел, нормативних документів	до 19.01.2025 р.	5%
	Збір та обробка статистичних і звітних даних	до 21.02.2025 р.	10%
	Написання вступу та розділу 1. Аналіз статистичних даних та наукових робіт за тематикою КРБ	до 02.03.2025 р.	20%
	Написання розділу 2. Аналіз існуючої (проектування нової) транспортно-логістичної схеми перевезення	до 30.03.2025 р.	40%
	Написання розділу 3. Розв'язання складної спеціалізованої задачі або актуальної практичної проблеми у сфері транспортних технологій за тематикою КРБ	до 13.04.2025 р.	60%
	Написання розділу 4. Визначення техніко-експлуатаційних показників та економічної доцільності запропонованих рішень	до 04.05.2025 р.	80%
	Формування висновків, оформлення пояснювальної записки	до 25.05.2025 р.	90%
	Оформлення графічної частини	до 30.05.2025 р.	95%
	Подання на кафедру електронного варіанту роботи	до 05 червня 2025 р.	-
	Перевірка КРБ на відсутність плагіату	06 червня 2025 р.	-
	Подання на кафедру кваліфікаційної роботи	до 10 червня 2025 р.	100%
	Отримання Висновку кафедри про допуск КРБ до захисту	10 червня 2025 р.	-
	Отримання Рецензії на КРБ	до 13.06.2025 р.	-
	Підготовка тексту доповіді і демонстраційного матеріалу	до 15.06.2025 р.	-
	Захист кваліфікаційних робіт бакалаврів	з 16.06.2025 р. по 22.06.2025 р.	-

Здобувач освіти

(підпис)

Керівник роботи

(підпис)

І. Ю. Бєлов

(прізвище та ініціали)

М.І. Музикін

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Белов І. Ю. Організація міжнародних автомобільних перевезень мінеральних добрив

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

Кваліфікаційна робота присвячена дослідженню організації міжнародних автомобільних перевезень мінеральних добрив з метою підвищення їх ефективності. Проаналізовано сучасний стан ринку перевезень мінеральних добрив та наукові доробки у цій галузі. Для перевезення партії вагою 20,7 тонн обрано біг-беги місткістю 1000 кг та транспортний засіб Renault T High 460. Розроблено маршрут доставки Одеса – Краків протяжністю 1189 км. Проведено моделювання роботи прикордонного пункту пропуску як системи масового обслуговування. Визначено собівартість перевезення 3 964 грн/т при загальному часі доставки 29,0 годин та рентабельності 25%.

THE SUMMARY

Bielov I. Yu. Organization of international road transportation of mineral fertilizers

Qualification work for a bachelor's degree in specialty 275 Transport technologies (in road transport). University of Customs and Finance, Dnipro, 2025.

The qualification work is devoted to the study of organizing international road transportation of mineral fertilizers to improve their efficiency. The current state of the mineral fertilizer transportation market and scientific developments in this field were analyzed. For transporting a 20.7-ton batch, big bags with 1000 kg capacity and Renault T High 460 vehicle were selected. An Odesa – Krakow delivery route of 1189 km was developed. Modeling of border checkpoint operation as a queuing system was conducted. Transportation cost of 3,964 UAH/t was determined with total delivery time of 29.0 hours and profitability of 25%.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ МІЖНАРОДНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УКРАЇНІ	12
1.1 Аналіз ринку перевезень мінеральних добрив у міжнародному сполученні	12
1.2 Аналіз наукових доробок, що описують процес перевезення вантажів у міжнародному сполученні автомобільним транспортом	23
2. РОЗРОБКА СХЕМИ МІЖНАРОДНОГО МАРШРУТУ НЕРЕГУЛЯРНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖУ	32
2.1 Постановка завдання	32
2.2 Транспортна характеристика вантажу. Вибір тари та упакування	33
2.3 Вибір транспортного засобу для перевезення	35
2.4 Розробка схеми укладання вантажу в транспортному засобі	37
2.5 Вибір навантажувально-розвантажувальних механізмів та часу виконання вантажних операцій	40
2.6 Проектування маршруту доставки мінеральних добрив та визначення його елементів	42
3. МОДЕЛЮВАННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПРИРОДНОГО ПУНКТУ ПРОСПУСКУ ЯК СИСТЕМИ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ	51
3.1 Характеристика міжнародного автомобільного пропуску	51
3.2 Дослідження роботи прикордонного пункту пропуску як системи маового обслуговування	56
4. РОЗРАХУНОК ЧАСОВИХ ТА ВАРТІСНИХ ПАРАМЕТРІВ ДЛЯ ЗАПРОПОНОВАНОГО МАРШРУТУ МІЖНАРОДНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ	65
4.1 Визначення часових параметрів для запропонованого маршруту міжнародних перевезень мінеральних добрив	65
4.2 Розробка графіка руху автомобіля	71
4.3 Визначення вартісних показників для запропонованого маршруту міжнародних автомобільних перевезень мінеральних добрив	75
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	84
ДОДАТОК А Графічні матеріали	89

					КРБ	275	3	ПЗ
		№	/					
Розроб.	Белов І. Ю.				Організація міжнародних автомобільних перевезень мінеральних добрив	Літ.я	Арк.	Аркушів
Перевір.	Музикін М. І.						6	
Реценз.	Халіпова Н.В.					УМСФ, ГР. Т21-2		
Н. кантр.	Музикін М. І.							
Затверд.	Кузьменко А. І.							

ВСТУП

Мінеральні добрива відіграють ключову роль у забезпеченні продовольчої безпеки світу, оскільки їх використання дозволяє підвищити врожайність сільськогосподарських культур на 40-60%. За даними Міжнародної асоціації виробників добрив, щорічно у світі споживається понад 200 мільйонів тонн мінеральних добрив, значна частина яких є об'єктом міжнародної торгівлі. Зростання населення планети та збільшення потреби у продуктах харчування обумовлює стабільне зростання попиту на мінеральні добрива, що робить актуальним питання організації ефективних систем їх транспортування.

Міжнародна торгівля мінеральними добривами характеризується значними обсягами та географічною розосередженістю виробників і споживачів. Основні експортери – Китай, Канада, Марокко, США – постачають продукцію у різні регіони світу, що потребує розвиненої транспортно-логістичної інфраструктури. Автомобільний транспорт відіграє важливу роль у цьому процесі, особливо на короткі та середні відстані, забезпечуючи гнучкість доставки та можливість реалізації принципу "від дверей до дверей".

Україна займає особливе місце на європейському ринку мінеральних добрив як виробник, споживач та транзитна країна. Географічне розташування на перетині важливих транспортних коридорів між Європою та Азією робить українську територію стратегічно важливою для організації міжнародних перевезень. Розвиток торговельних відносин з країнами Європейського Союзу, зокрема з Польщею, актуалізує питання оптимізації автомобільних перевезень мінеральних добрив на напрямку Україна-ЄС.

Сучасні тенденції розвитку логістики вимагають комплексного підходу до організації перевезень, що включає оптимізацію маршрутів, раціональний вибір транспортних засобів, ефективну організацію вантажних операцій та

Виконав	Белов І.Ю.							Арк.
	Музикін М. І.							7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

мінімізацію часу проходження прикордонних процедур. Особливо актуальним є питання моделювання роботи прикордонних пунктів пропуску для прогнозування та мінімізації затримок, що безпосередньо впливає на економічну ефективність перевезень.

Зростання конкуренції на ринку транспортних послуг та підвищення вимог замовників до якості обслуговування обумовлюють необхідність постійного вдосконалення методів організації міжнародних автомобільних перевезень. Важливим є забезпечення оптимального співвідношення між швидкістю доставки, вартістю послуг та надійністю транспортування, що особливо критично для мінеральних добрив з їх специфічними властивостями та сезонним характером попиту.

Інтеграція України до європейської транспортної системи та гармонізація національних стандартів з європейськими вимагає розробки нових підходів до організації міжнародних перевезень. Актуальним є дослідження можливостей підвищення ефективності існуючих маршрутів та розробка рекомендацій щодо оптимізації логістичних процесів з урахуванням сучасних технологічних рішень і методів управління транспортними потоками.

Метою даної кваліфікаційної роботи бакалавра є розв'язання складної спеціалізованої задачі у сфері транспортних технологій, а саме розробка ефективної схеми організації міжнародних автомобільних перевезень мінеральних добрив на маршруті Одеса-Краків з обґрунтуванням оптимальних технічних і економічних параметрів транспортного процесу.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати наступні завдання:

- проаналізувати сучасний стан ринку міжнародних перевезень мінеральних добрив та наукові доробки у цій галузі;
- визначити транспортну характеристику мінеральних добрив як вантажу та обрати оптимальні тару й упакування;

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.				КРБ 275 3 ПЗ	Арк.
	Музикін М. І.					8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- здійснити вибір транспортного засобу та розробити схему укладання вантажу;
- спроектувати оптимальний маршрут доставки та визначити його основні елементи;
- провести моделювання роботи прикордонного пункту пропуску як системи масового обслуговування;
- розрахувати часові та вартісні параметри запропонованого маршруту;
- розробити практичні рекомендації щодо підвищення ефективності перевезень.

Об'єкт дослідження: процес організації міжнародних автомобільних перевезень мінеральних добрив.

Предмет дослідження: методи та засоби оптимізації транспортно-логістичних процесів доставки мінеральних добрив автомобільним транспортом на міжнародних маршрутах.

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.				КРБ 275 3 ПЗ	Арк. 9
	Музичкін М. І.					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ МІЖНАРОДНИХ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ТА НАУКОВИХ ДОРОБОК У ЦІЙ ГАЛУЗІ

1.1 Аналіз ринку перевезень мінеральних добрив у міжнародному сполученні

Ринок перевезень мінеральних добрив у міжнародному сполученні являє собою складну динамічну систему, яка об'єднує виробників, споживачів, перевізників та посередників. Мінеральні добрива – це хімічні сполуки, що містять поживні речовини для рослин у мінеральній формі і використовуються для підвищення родючості ґрунтів та збільшення врожайності сільськогосподарських культур. До основних груп мінеральних добрив належать азотні, фосфорні, калійні та комплексні. Транспортування таких вантажів вимагає дотримання особливих умов через їхні фізико-хімічні властивості, потенційну небезпеку та специфічні вимоги до зберігання.

Глобальний ринок мінеральних добрив демонструє стабільне зростання, обумовлене збільшенням населення планети та, відповідно, потреби у продуктах харчування. За даними Міжнародної асоціації виробників добрив (IFA), щорічний обсяг світового виробництва мінеральних добрив становить понад 200 мільйонів тонн, значна частина яких є об'єктом міжнародної торгівлі[16, с. 245; 18, с. 156]. Аналіз статистичних даних за період 2022-2024 років свідчить про стабільне зростання світового експорту мінеральних добрив, що відображено в табл. 1.1.

Дані табл. 1.1 демонструють зростання загального обсягу експорту з 179,3 млн тонн у 2022 році до 188,1 млн тонн у 2024 році, що становить збільшення на 4,9%.

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.							Арк.
	Музикін М. І.							10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

Таблиця 1.1 – Світовий експорт мінеральних добрив за видами, млн тонн

Вид добрив	2022 рік, млн. т.	2023 рік, млн. т.	2024 рік, млн. т.	Зміна 2024/2022, %	Частка у 2024 р., %
Азотні	75.4	77.6	79.8	+5.8	42.4
Фосфорні	51.2	52.5	53.7	+4.9	28.5
Калійні	38.9	39.2	40.1	+3.1	21.3
Комплексні	13.8	14.1	14.5	+5.1	7.7
Разом	179.3	183.4	188.1	+4.9	100.0

Дані табл. 1.1 демонструють зростання загального обсягу експорту з 179,3 млн тонн у 2022 році до 188,1 млн тонн у 2024 році, що становить збільшення на 4,9%. Найбільшу частку в структурі експорту займають азотні добрива – 42,4% у 2024 році, що пояснюється зростаючим попитом на високоефективні азотовмісні добрива в країнах, що розвиваються. Динаміка зростання за всіма видами добрив представлена на рис. 1.1.

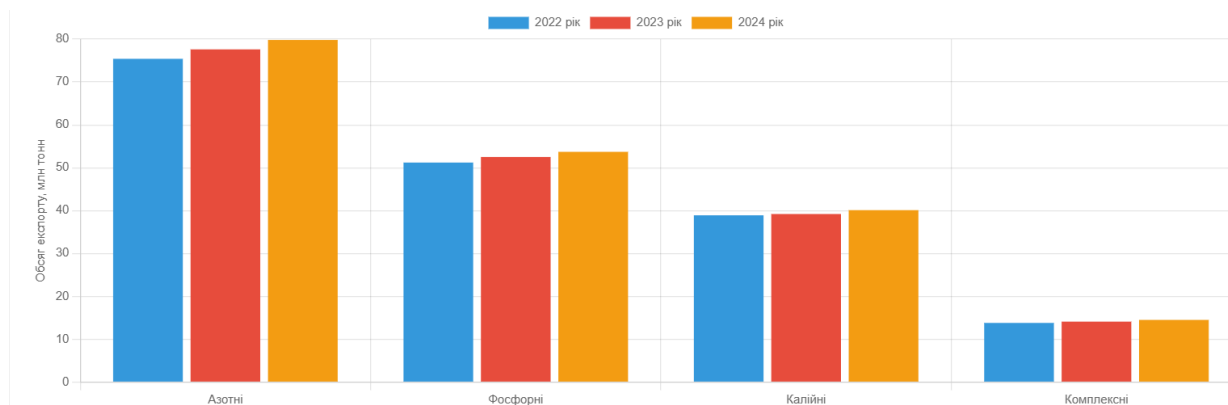


Рис. 1.1 – Динаміка світового експорту мінеральних добрив за видами (2022-2024 рр.)

Виконав	Белов І.Ю.							Арк.
	Музикін М. І.							11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

КРБ 275 3 ПЗ

Міжнародні перевезення мінеральних добрив – це процес переміщення добрив від виробників до споживачів через національні кордони з використанням різних видів транспорту, включаючи морський, залізничний, автомобільний та річковий. Географічна структура світового експорту мінеральних добрив характеризується концентрацією виробництва в обмеженій кількості країн, що показано в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Основні експортери мінеральних добрив (2022-2024 рр.), млн тонн

Країна	2022 рік , млн т	2023 рік , млн т	2024 рік , млн т	Частка у 2024 р., %	Основний вид добрив
Китай	41.2	42.4	43.5	23.1	Азотні, фосфорні
Канада	28.3	29.0	29.7	15.8	Калійні
Марокко	21.8	22.7	23.3	12.4	Фосфорні
США	16.4	17.1	17.5	9.3	Азотні, калійні
Норвегія	8.2	8.7	9.1	4.8	Азотні
Казахстан	7.5	7.8	8.2	4.4	Фосфорні
Інші	55.9	57.7	58.8	30.2	Різні

Згідно з табл. 1.2, основними експортерами мінеральних добрив на світовому ринку є Китай (23,1% світового експорту у 2024 році), Канада (15,8%), Марокко (12,4%), США (9,3%), Норвегія (4,8%) та Казахстан (4,4%).

Ці країни володіють значними покладами сировини для виробництва добрив та розвиненими виробничими потужностями. Географічну структуру світового експорту ілюструє рис. 1.2. Найбільшими імпортерами є Бразилія, Індія, США, країни Європейського Союзу та Азійсько-Тихоокеанського регіону. Географічна розосередженість виробництва та споживання мінеральних добрив зумовлює необхідність організації ефективних ланцюгів поставок, важливою ланкою яких є міжнародні автомобільні перевезення. [10]

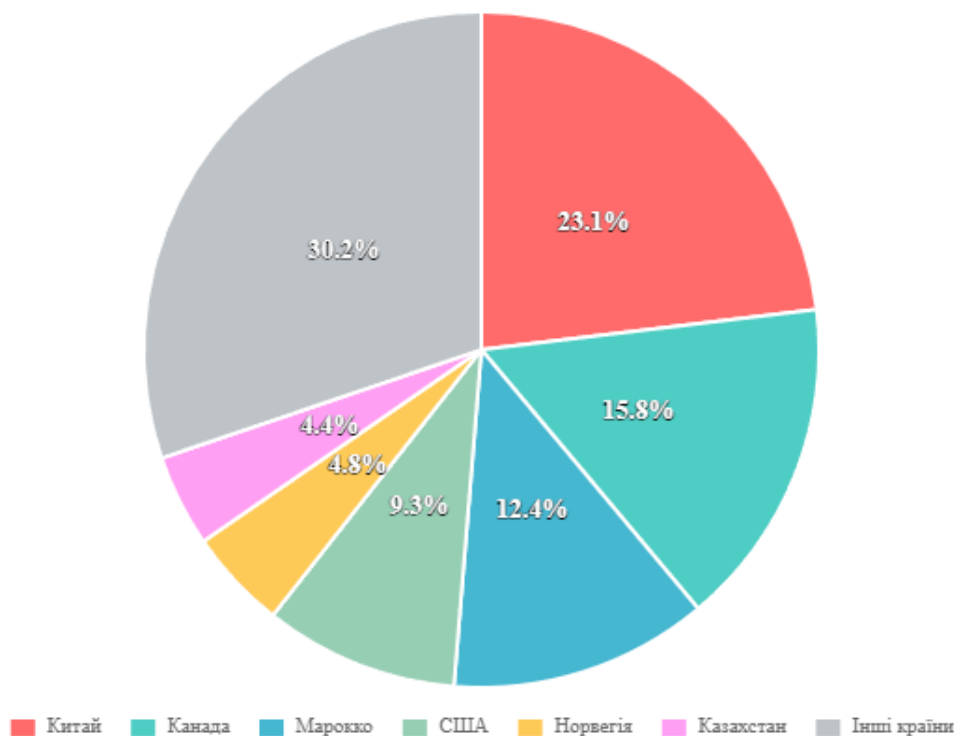


Рисунок 1.2 – Географічна структура світового експорту мінеральних добрив у 2024 році

Транспортна логістика мінеральних добрив характеризується певними особливостями, пов'язаними з фізико-хімічними властивостями вантажу. Мінеральні добрива транспортуються у твердому стані (гранули, порошок) або рідкому вигляді. Вони можуть бути гігроскопічними, схильними до злежування, мати корозійні властивості або бути пожежо- та вибухонебезпечними.

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.							Арк.
	Музичкін М. І.							13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

КРБ 275 3 ПЗ

Транспортна класифікація мінеральних добрив – це систематизований перелік видів добрив за їхніми транспортними характеристиками, що включає фізичний стан, ступінь небезпеки, умови транспортування та зберігання.

Автомобільний транспорт відіграє важливу роль у міжнародних перевезеннях мінеральних добрив, особливо на короткі та середні відстані. Перевагами автотранспорту є висока мобільність, можливість доставки "від дверей до дверей", гнучкість у виборі маршруту та відносно швидка доставка. Спостерігається стійка тенденція до зростання частки автомобільного транспорту у міжнародних перевезеннях мінеральних добрив: світовий показник зріс з 18,3% у 2022 році до 22,7% у 2024 році, а в Європі – з 25,0% до 30,0% відповідно, що ілюструє рис. 1.3. [19, с. 89] У більшості випадків автомобільні перевезення використовуються як складова мультимодальних перевезень, забезпечуючи сполучення між залізничними станціями, морськими портами та кінцевими споживачами.

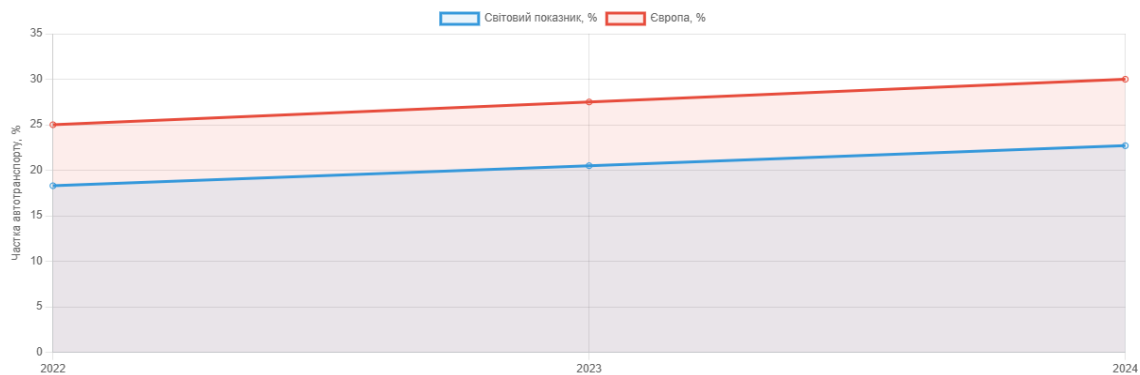


Рисунок 1.3 – Зростання частки автомобільного транспорту в міжнародних перевезеннях мінеральних добрив

Ринкова кон'юнктура перевезень мінеральних добрив характеризується сезонністю попиту, що пов'язано з циклами сільськогосподарського виробництва. Детальний аналіз сезонних коливань за період 2022-2024 років представлено в табл. 1.3.

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.				КРБ 275 3 ПЗ	Арк. 14
	Музикін М. І.					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.3 – Сезонний розподіл перевезень мінеральних добрив за 2022-2024 рр., %

Період	2022 рік, %	2023 рік, %	2024 рік, %	Середнє значення, %
Січень-лютий	13.8	14.2	14.6	14.2
Березень-травень (весняний пік)	27.9	28.3	28.7	28.3
Червень-серпень	25.4	25.8	26.2	25.8
Вересень-листопад (осінній пік)	31.2	31.7	31.5	31.1
Грудень	1.7	0.0	0.0	0.6

Пікові періоди припадають на весну (березень-травень) – 28,3% річного обсягу та осінь (вересень-листопад) – 31,1% річного обсягу. Мінімальні обсяги перевезень спостерігаються взимку (січень-лютий) – 14,2% та влітку (червень-серпень) – 25,8%. Коефіцієнт сезонної нерівномірності становить 2,19, що відображено на рис. 1.4. Ця сезонність створює значне навантаження на транспортну інфраструктуру та вимагає від перевізників додаткових потужностей у певні періоди року.

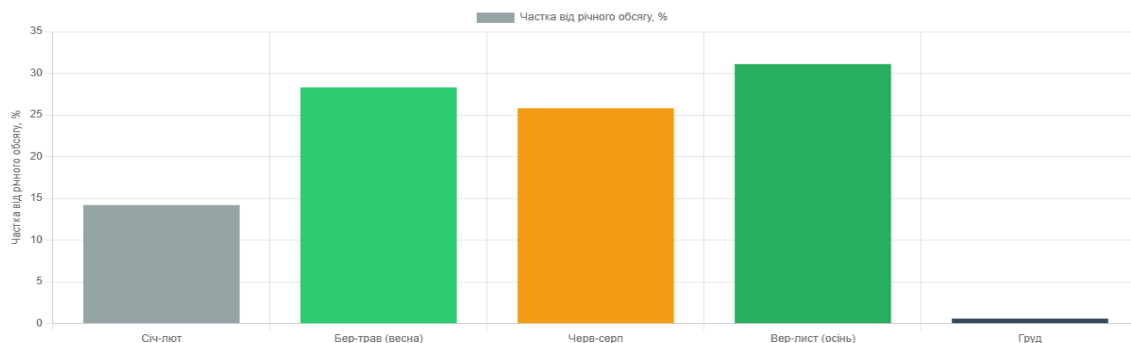


Рисунок 1.4 – Сезонність перевезень мінеральних добрив (середнє за 2022-2024 рр.)

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.				КРБ 275 3 ПЗ	Арк. 15
	Музикін М. І.					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Важливим аспектом міжнародних перевезень мінеральних добрив є нормативно-правове регулювання. Перевезення мінеральних добрив регламентується національним законодавством країн відправлення, транзиту та призначення, а також міжнародними угодами, такими як Європейська угода про міжнародне дорожнє перевезення небезпечних вантажів (ДОПНВ/ADR), Базельська конвенція про контроль за транскордонним перевезенням небезпечних відходів та їх видаленням, Конвенція про міжнародні автомобільні перевезення вантажів (CMR). Згідно з ДОПНВ/ADR як небезпечні вантажі класифікуються азотні добрива на основі аміачної селітри, що містять більше 28% азоту (клас 5.1 - окисники), рідкі азотні добрива з високим вмістом аміаку (клас 2.3 - токсичні гази), фосфорні добрива з високим вмістом фосфору (клас 4.1 - легкозаймисті речовини) та калійні добрива, що містять хлорати (клас 5.1).

Ціноутворення на ринку міжнародних перевезень мінеральних добрив формується під впливом багатьох факторів. Тариф на перевезення – це вартість транспортної послуги, що встановлюється перевізником залежно від відстані перевезення, типу та маси вантажу, використовуваного транспортного засобу, додаткових послуг та ринкової ситуації. Аналіз динаміки тарифів за період 2022-2024. Протягом 2022-2024 років спостерігається значне зростання тарифів на всіх дистанціях, що демонструє рис. 1.5.

На формування тарифів впливають вартість палива (32,4% від загальних витрат), зарплата водіїв (24,8%), амортизація транспортних засобів (15,6%), страхування (8,3%), митні збори (6,7%), дорожні збори (4,9%), ремонт та технічне обслуговування (4,2%) та інші витрати (3,1%), що відображено на рис. 1.9. років представлено в табл. 1.4.

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.				КРБ 275 3 ПЗ	Арк.
	Музикін М. І.					16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.4 – Тарифи на автомобільні перевезення мінеральних добрив, євро/тонна

Відстань, км	2022 рік, євро/т	2023 рік, євро/т	2024 рік, євро/т	Зміна 2024/2022, %
До 500	23.2	25.5	28.7	+23.7
500-1000	39.8	43.8	49.3	+23.9
Понад 1000	54.7	60.2	67.8	+24.0
Небезпечні вантажі (надбавка)	+12-18%	+15-20%	+15-25%	-

Україна посідає особливе місце на ринку міжнародних перевезень мінеральних добрив завдяки своєму географічному положенню, розвиненій хімічній промисловості та потужному аграрному сектору. Статистика перевезень мінеральних добрив в Україні за період 2022-2024 років представлена в табл. 1.5.

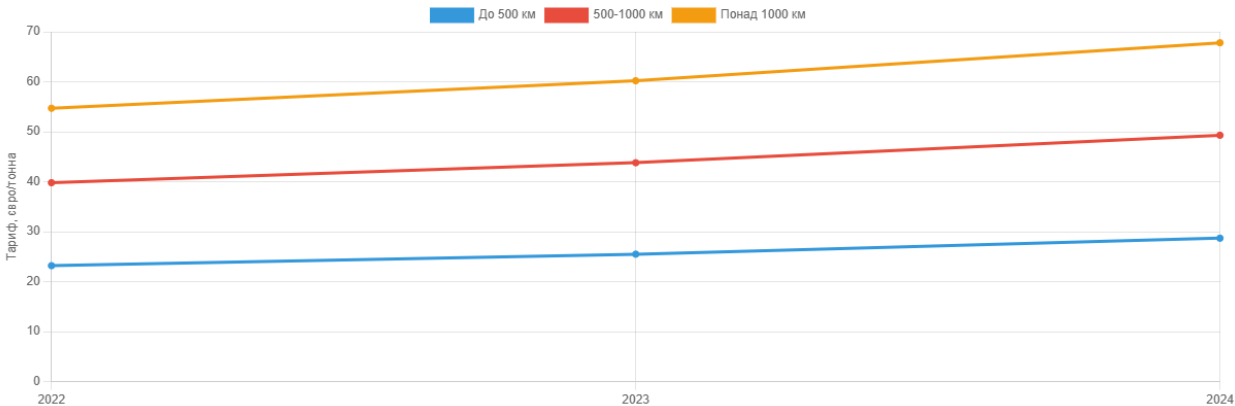


Рис. 1.5 – Структура експорту мінеральних добрив з України за напрямками (2024 рік)

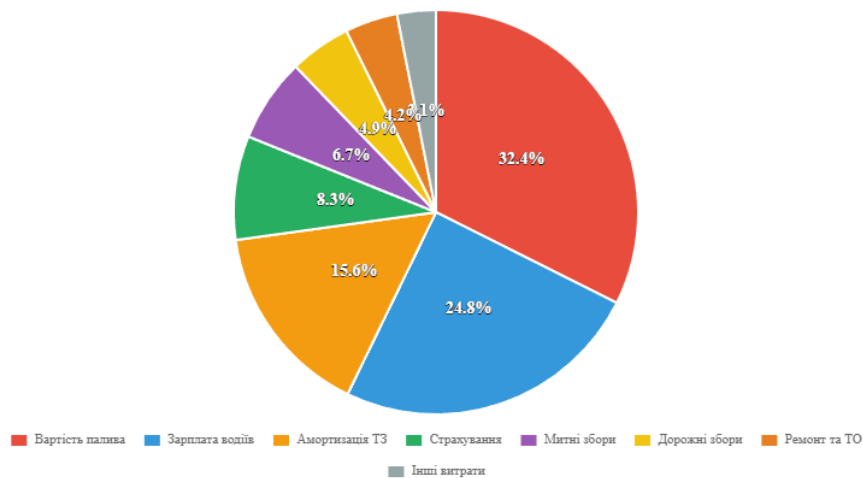


Рисунок 1.6 – Структура витрат на міжнародні автомобільні перевезення мінеральних добрив

Таблиця 1.5 – Перевезення мінеральних добрив в Україні, тис. тонн

Показник	2022 рік , тис. т	2023 рік , тис. т	2024 рік, тис. т	Зміна 2024/2022, %
Експорт, всього	3654	2798	3120	-14.6
у т.ч. автотранспортом	1249	956	1067	-14.6
Частка автотранспорту в експорті, %	34.2	34.2	34.2	0.0
Імпорт, всього	1838	1200	1380	-24.9
у т.ч. автотранспортом	628	410	471	-25.0

Основними напрямками українського експорту є країни ЄС (47,3%), Туреччина (21,6%), країни Африки (18,4%) та інші країни (12,7%), що ілюструє

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.							Арк.
	Музикін М. І.							18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата				

рис. 1.7. Динаміка експорту та імпорту мінеральних добрив України представлена на рис. 1.8. Географічне положення України на перетині важливих міжнародних транспортних коридорів робить її важливим транзитним вузлом для перевезення мінеральних добрив. Значна частина цих потоків здійснюється саме автомобільним транспортом, особливо в напрямку Одеса – Краків, що є предметом дослідження даної роботи.

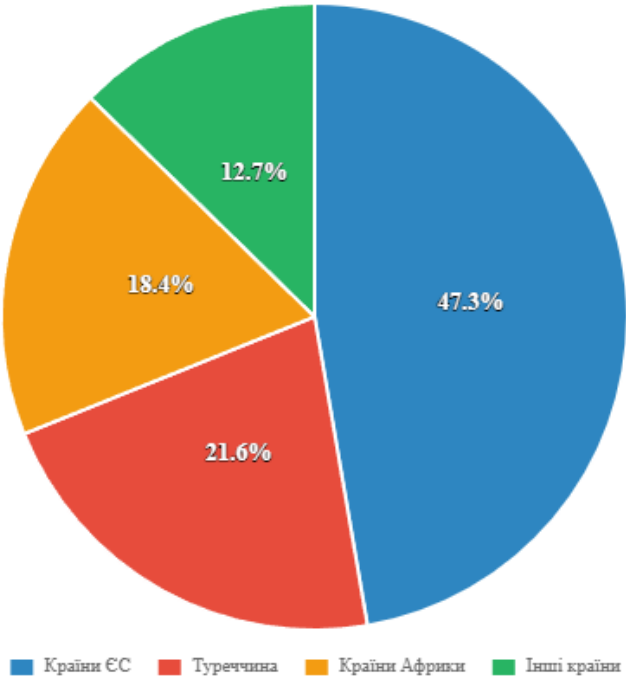


Рис. 1.7 – Структура експорту мінеральних добрив з України за напрямками (2024 рік)

Перспективи розвитку ринку міжнародних перевезень мінеральних добрив пов'язані з впровадженням принципів сталого розвитку та концепції "зеленої логістики". Екологічно чиста логістика – це система організації перевезень, що забезпечує мінімальний негативний вплив на навколишнє середовище за рахунок використання енергоефективних транспортних засобів, оптимізації маршрутів, зменшення порожніх пробігів, впровадження альтернативних видів палива та інтелектуальних транспортних систем.

1.2 Аналіз наукових доробок, що описують процеси перевезення вантажів у міжнародному сполученні автомобільним транспортом

Наукові дослідження процесів перевезення вантажів у міжнародному сполученні автомобільним транспортом пройшли тривалий еволюційний шлях від описових методів до складних математичних моделей та інтегрованих логістичних концепцій. Міжнародні автомобільні перевезення як об'єкт наукового дослідження – це складна транспортно-логістична система, що передбачає переміщення вантажів через національні кордони з використанням автомобільного транспорту та характеризується специфічними економічними, правовими, технологічними та організаційними аспектами.

Теоретичний фундамент цієї галузі знань закладено у працях таких видатних зарубіжних дослідників, як Д. Бауерсокс, Д. Ламберт, М. Крістофер, які розробили основні концепції та принципи міжнародної логістики [27]. У роботах американських вчених Д. Бауерсокса, Д. Клосса, Р. Баллоу розроблено теоретичні основи глобальної логістики та управління міжнародними ланцюгами постачань [3]. Вони запропонували концепцію інтегрованої логістики, яка передбачає комплексний підхід до організації матеріальних потоків від постачальників сировини до кінцевих споживачів з оптимізацією всіх логістичних операцій.

Інтегрована логістика – це концепція управління матеріальними, інформаційними та фінансовими потоками, що передбачає системну координацію та оптимізацію всіх логістичних функцій як всередині підприємства, так і у взаємодії з партнерами для досягнення максимальної ефективності всього логістичного ланцюга [13].

Вагомий внесок у розвиток теорії та практики міжнародних автомобільних перевезень зробили українські вчені. Дослідження М. Ф. Дмитриченка, В. К. Доля, П. Р. Левковця присвячені проблемам оптимізації транспортних процесів

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.				КРБ 275 3 ПЗ	Арк. 21
	Музикін М. І.					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

та підвищення ефективності міжнародних перевезень [23]. У роботах Є. В. Нагорного, В. С. Марунича, Д. О. Ломотька детально розглянуто питання моделювання транспортних систем та логістичних ланцюгів постачань [11]. Значний науковий інтерес становлять дослідження О. С. Ігнатенка, О. П. Кутаха, В. Г. Шинкаренка, які зосереджені на економічних аспектах міжнародних автомобільних перевезень та формуванні конкурентних стратегій на ринку транспортних послуг [30].

Європейська наукова школа представлена роботами М. Бранольте (Франція), А. МакКіннона (Велика Британія), Д. Зіранека (Польща), які досліджують проблеми інтеграції національних транспортних систем у єдину європейську транспортну мережу [7]. Транспортна інтеграція – це процес об'єднання національних транспортних систем у єдину мережу на основі гармонізації технічних стандартів, правових норм та управлінських підходів з метою забезпечення безперешкодного руху транспортних засобів, пасажирів та вантажів [21]. Значну увагу європейські дослідники приділяють розвитку концепції транс'європейських транспортних коридорів та їх впливу на ефективність міжнародних автомобільних перевезень.

Систематизація основних наукових напрямків досліджень міжнародних автомобільних перевезень представлена в табл. 1.6.

Значний науковий внесок у вирішення проблем оптимізації маршрутів міжнародних перевезень зробили такі вчені, як Г. Данциг, Л. Канторович, Т. Сааті [26]. Вони розробили математичні моделі та методи розв'язання транспортних задач, які дозволяють визначати оптимальні маршрути перевезень за різними критеріями: мінімізацією відстані, часу, вартості, ризиків тощо. Транспортна задача – це математична модель, що дозволяє визначити оптимальний план перевезень однорідного продукту від постачальників до споживачів при мінімізації загальних транспортних витрат [4].

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.							Арк.
	Музикін М. І.							22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

КРБ 275 3 ПЗ

Таблиця 1.6 – Основні наукові напрямки досліджень міжнародних автомобільних перевезень

Напрямок досліджень	Провідні вчені	Ключові концепції	Період розвитку	Практичне значення
Теоретичні основи логістики	Д. Бауерсокс, Д. Ламберт, М. Крістофер	Інтегрована логістика, ланцюги поставок	1990-2020	Основа планування перевезень
Оптимізація маршрутів	Г. Данциг, Л. Канторович, Т. Сааті	Транспортна задача, лінійне програмування	1950-2010	Зниження витрат на 15-25%
Інтермодальні перевезення	Й. Шефі, Е. Танігучі, Ж. Кальвет	Комбіновані перевезення	2000-2024	Підвищення ефективності
Правове регулювання	П. Бонел, Я. Рамберг, Р. Хервіг	Міжнародні конвенції	1960-2020	Гармонізація процедур
Інформаційні технології	Х. Кох, С. Леві, Д. Менцер	Цифрова логістика, блокчейн	2010-2024	Автоматизація процесів
Екологічні аспекти	Ж. Пссен, Т. Літман, М. Аронссон	Зелена логістика	2005-2024	Зниження викидів

Еволюція методів оптимізації маршрутів від класичних до сучасних ІТ-рішень показана на рис. 1.10.

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.				КРБ 275 3 ПЗ	Арк. 23
	Музикін М. І.					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1950-1970 рр.

Класичне лінійне програмування

Розробка транспортної задачі, методи Данцига-Канторовича, симплекс-алгоритм

Ефективність: +15%

1970-1990 рр.

Евристичні методи

Алгоритми наближеного розв'язання, методи "найближчого сусіда", локальний пошук

Ефективність: +25%

1990-2010 рр.

Метаевристичні алгоритми

Генетичні алгоритми, імітаційний відпал, табу-пошук, роївний інтелект

Ефективність: +35%

2010-2020 рр.

Інтелектуальні транспортні системи

GPS-навігація, телематика, аналіз великих даних, динамічна оптимізація

Ефективність: +45%

2020-2024 рр.

Штучний інтелект та машинне навчання

Нейронні мережі, предиктивна аналітика, автономні системи планування

Ефективність: +55%

Рис. 1.10 – Еволюція наукових підходів до оптимізації міжнародних автомобільних перевезень

Важливим напрямком наукових досліджень є інтермодальні та мультимодальні перевезення, які дозволяють ефективно поєднувати переваги різних видів транспорту. Вагомий внесок у розвиток цього напрямку зробили Й.

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.							Арк.
	Музикін М. І.							24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

Шефі, Е. Танігучі, Ж. Кальвет, які розробили теоретичні основи та практичні рекомендації щодо організації інтермодальних перевезень з використанням автомобільного транспорту на початковому та кінцевому етапах [9]. Інтермодальні перевезення – це транспортування вантажів в одній і тій самій вантажній одиниці або транспортному засобі з послідовним використанням декількох видів транспорту без перевантаження самого вантажу при зміні виду транспорту [2]. Дослідження показують, що інтермодальні перевезення дозволяють зменшити негативний вплив на навколишнє середовище, знизити завантаженість автомобільних доріг та оптимізувати транспортні витрати.

Значна увага у наукових дослідженнях приділяється правовим аспектам міжнародних автомобільних перевезень. Праці таких вчених, як П. Бонел, Я. Рамберг, Р. Хервіг, присвячені аналізу міжнародних конвенцій та угод, що регулюють автомобільні перевезення, зокрема Конвенції про договір міжнародного перевезення вантажів автомобільним транспортом (CMR), Митної конвенції про міжнародне перевезення вантажів із застосуванням книжки МДП (Конвенція МДП), Європейської угоди щодо роботи екіпажів транспортних засобів, які виконують міжнародні автомобільні перевезення (АУТР) [14]. Міжнародно-правове регулювання автомобільних перевезень – це система міжнародних правових норм, що встановлюють режим міжнародних автомобільних сполучень, порядок використання транспортних засобів та шляхів сполучення, умови перевезення пасажирів та вантажів [1, 6].

Актуальним напрямком сучасних наукових досліджень є використання інформаційних технологій у міжнародних автомобільних перевезеннях. У роботах Х. Коха, С. Леві, Д. Менцера досліджуються питання впровадження електронного документообігу, систем відстеження вантажів, електронних пломб, інтелектуальних транспортних систем [17]. Особливу увагу науковці приділяють технологіям блокчейн, які забезпечують безпеку та прозорість

Виконав		БЕЛОВ І.Ю.			КРБ 275 3 ПЗ	Арк. 25
		Музикін М. І.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

транспортних операцій. Цифрова логістика – це інноваційний підхід до організації, виконання та контролю логістичних процесів з використанням цифрових технологій, спрямований на підвищення ефективності та прозорості ланцюгів постачань [12].

Важливим аспектом наукових досліджень є моделювання роботи прикордонних пунктів пропуску як систем масового обслуговування. У працях таких вчених, як Д. Кендалл, Л. Клейнрок, А. Хінчин, розроблено математичний апарат для аналізу та оптимізації роботи систем масового обслуговування [22]. Українські вчені Є. В. Нагорний, В. І. Ковальов, Н. Ю. Шраменко адаптували ці методи для моделювання роботи міжнародних автомобільних пунктів пропуску [29]. Система масового обслуговування – це система, яка призначена для обслуговування потоку заявок, що надходять у випадкові моменти часу, і складається з певної кількості обслуговуючих пристроїв (каналів обслуговування) [28]. Моделювання роботи пунктів пропуску як систем масового обслуговування дозволяє визначити оптимальну кількість постів контролю, режим їх роботи, необхідну пропускну здатність та інші параметри.

Актуальним напрямком наукових досліджень є екологічні аспекти міжнародних автомобільних перевезень. У працях Ж. Пссена, Т. Літмана, М. Аронссона розглядаються питання зменшення негативного впливу автотранспорту на навколишнє середовище, впровадження екологічно чистих технологій, оптимізації маршрутів з урахуванням екологічних критеріїв []. Зелена логістика – це концепція управління логістичними процесами, спрямована на мінімізацію негативного впливу на навколишнє середовище шляхом використання енергоефективних та екологічно чистих технологій, оптимізації транспортних маршрутів, зменшення відходів та повторного використання матеріалів [24]. Дослідження свідчать, що впровадження

Виконав		БЕЛОВ І.Ю.														Арк.	
		Музикін М. І.														26	
Змн.	Арк.	№ докум.		Підпис		Дата											

КРБ 275 3 ПЗ

принципів зеленої логістики дозволяє не лише зменшити екологічні ризики, але й отримати економічні вигоди завдяки оптимізації використання ресурсів.

У дослідженнях економічних аспектів міжнародних автомобільних перевезень значну увагу приділено питанням ціноутворення, оцінки ефективності, управління витратами. У роботах Д. Бауерсокса, М. Крістофера, К. Джеймса розроблено методики розрахунку вартості перевезень, оцінки інвестицій у транспортну інфраструктуру, аналізу загальних логістичних витрат [8]. Логістичні витрати – це сукупність витрат на управління та реалізацію логістичних процесів в межах матеріальних та інформаційних потоків підприємства, що включають витрати на транспортування, складування, управління запасами, оформлення замовлень, інформаційно-комп'ютерну підтримку тощо [15].

Перспективним напрямком наукових досліджень є використання штучного інтелекту та аналізу великих даних у міжнародних автомобільних перевезеннях. У роботах Дж. Голдсбі, М. Хайкена, П. Девідсона досліджуються питання прогнозування попиту на перевезення, оптимізації маршрутів в режимі реального часу, автоматизації процесів планування та контролю [28]. Предиктивна аналітика – це сукупність методів аналізу даних, спрямованих на прогнозування майбутньої поведінки об'єктів та суб'єктів з метою прийняття оптимальних рішень [25]. Дослідження показують, що використання предиктивної аналітики дозволяє на 15-20% підвищити ефективність використання транспортних засобів, зменшити порожні пробіги, оптимізувати завантаження та розвантаження.

Останні наукові дослідження зосереджені на впровадженні концепції Логістики 4.0, яка передбачає автоматизацію та цифровізацію всіх логістичних процесів. У роботах Е. Хофманна, Х. Рюша, Ф. Цахарії розглядаються питання використання Інтернету речей, безпілотних транспортних засобів,

Виконав		БЕЛОВ І.Ю.				КРБ	275	3	ПЗ		Арк.
		Музикін М. І.									
Змн.	Арк.	№ докум.		Підпис	Дата						

роботизованих складів, 3D-друку та інших технологій четвертої промислової революції в логістиці [20]. Логістика 4.0 – це інноваційна концепція управління логістичними процесами, що базується на інтеграції кіберфізичних систем у логістичні операції, використанні Інтернету речей, великих даних, штучного інтелекту та інших технологій Індустрії 4.0 для створення інтелектуальних логістичних мереж [5].

Таким чином, аналіз наукових доробок, що описують процеси перевезення вантажів у міжнародному сполученні автомобільним транспортом, свідчить про значний науковий інтерес до цієї проблематики та еволюцію підходів від класичних математичних методів до сучасних цифрових технологій. Основними напрямками досліджень є оптимізація маршрутів, інтермодальні перевезення, правові аспекти, використання інформаційних технологій, екологічні питання, прикордонне та митне оформлення, економічні аспекти, безпека перевезень та впровадження інноваційних технологій. Результати цих досліджень мають важливе теоретичне та практичне значення для підвищення ефективності міжнародних автомобільних перевезень мінеральних добрив, що є предметом даної роботи.

Виконав		БЕЛОВ І.Ю.														Арк.	
		Музикін М. І.														28	
Змн.	Арк.	№ докум.		Підпис		Дата											

КРБ 275 3 ПЗ

2 РОЗРОБКА ЕФЕКТИВНОГО МАРШРУТУ ДОСТАВКИ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ У МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ

2.1 Постановка завдання

У даній кваліфікаційній роботі бакалавра необхідно виконати проектування міжнародного маршруту перевезень мінеральних добрив за маршрутом м. Одеса (Україна) — м. Краків (Польща). З цією метою необхідно розробити маршрут перевезень та обрати доцільний автомобіль для перевезення 20,7 тонн мінеральних добрив, а також визначити основні техніко-економічні показники.

Вихідні дані для розрахунку:

- Маршрут перевезення: Одеса (Україна) — Краків (Польща)
- Вид вантажу: мінеральні добрива
- Вага партії вантажу: 20,7 тонн
- Режим роботи міжнародного автомобільного пункту пропуску:

цілодобовий

- Курс валют: 1 USD = 41 грн, 1 EUR = 44 грн
- Оплата праці водія міжнародних перевезень: 90-120 тис. грн/місяць

Основні вимоги до маршруту:

- Мінімізація загальних логістичних витрат
- Забезпечення збереження якості вантажу
- Дотримання часових обмежень доставки
- Відповідність екологічним стандартам
- Безпека перевезення

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.							Арк.
	Музикін М. І.							29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

2.2 Транспортна характеристика вантажу. Вибір тари та упакування

Мінеральні добрива, які необхідно транспортувати з Одеси (Україна) до Кракова (Польща), являють собою значний вантаж вагою 20,7 тонн. Мінеральні добрива — це хімічні сполуки, що містять поживні речовини для рослин у мінеральній формі і використовуються для підвищення родючості ґрунтів та збільшення врожайності сільськогосподарських культур.

Основні транспортні характеристики мінеральних добрив

Таблиця 2.1 — Транспортні характеристики основних видів мінеральних добрив

Вид добрив	Фізичний стан	Щільність, кг/м³	Гігроскопічність	Клас небезпеки ADR	Особливості транспортування
Аміачна селітра	Гранули	850-950	Висока	5.1 (окисники)	Захист від вологи, контроль температури
Карбамід (сечовина)	Гранули	650-750	Середня	Не класифікується	Захист від вологи
Суперфосфат	Порошок/гранули	900-1100	Низька	Не класифікується	Захист від пилу
Хлорид калію	Кристали	1000-1200	Низька	Не класифікується	Стандартні умови
НРК комплексні	Гранули	800-1000	Середня	Залежно від складу	Індивідуальний підхід

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.				КРБ 275 3 ПЗ	Арк. 30
	Музикін М. І.					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За результатами аналізу транспортних характеристик для перевезення партії мінеральних добрив масою 20,7 тонн обрано комплексні NPK добрива у гранульованому вигляді з щільністю 900 кг/м³. Цей вибір обумовлений:

- Стабільністю фізико-хімічних властивостей
- Відсутністю класифікації як небезпечного вантажу
- Зручністю завантаження та розвантаження
- Мінімальними втратами при транспортуванні

Вибір тари та упакування

Для упакування мінеральних добрив розглянуто різні види тари залежно від характеристик продукту та вимог замовника.

Таблиця 2.2 — Порівняльна характеристика видів тари для мінеральних добрив

Вид тари	Маса тари, кг	Місткість, кг	Матеріал	Переваги	Недоліки	Вартість за одиницю, грн
Поліпропіленовий мішок	0,15	50	PP	Низька вартість, легкість	Низька міцність	12
Біг-бег (Big Bag)	2,5	1000	PP тканий	Висока місткість, міцність	Висока вартість	850
Паперовий мішок	0,18	25	Папір+PE	Екологічність	Низька вологостійкість	8
Навантаження насипом	—	Необмежено	—	Мінімальні витрати на тару	Втрати при перевантаженні	—

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.				КРБ 275 3 ПЗ	Арк. 31
	Музикін М. І.					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		

Для партії вантажу масою 20,7 тонн обрано упакування в біг-беги (Big Bag) місткістю 1000 кг кожен. Це рішення обґрунтовується:

- Оптимальним співвідношенням вартості та функціональності
- Зручністю завантаження за допомогою крана або навантажувача
- Мінімізацією втрат продукту
- Відповідністю європейським стандартам упакування

Розрахунок кількості та вартості тари:

- Кількість біг-бегів: $20,7 \text{ т} \div 1,0 \text{ т} = 21 \text{ шт.}$
- Загальна вартість тари: $21 \times 850 = 17\,850 \text{ грн}$

2.3 Вибір транспортного засобу для перевезення

Вибір оптимального транспортного засобу для міжнародних перевезень мінеральних добрив здійснюється на основі комплексного аналізу технічних характеристик, економічних показників та експлуатаційних вимог.

Порівняльна характеристика транспортних засобів.

Для перевезення мінеральних добрив використовується напівпричіп-самоскид європейського стандарту з наступними характеристиками:

- Об'єм кузова: 50 м³
- Вантажопідйомність: 25 тонн
- Матеріал кузова: алюміній
- Система розвантаження: гідравлічна
- Наявність тенту для захисту від атмосферних опадів

Розрахунок експлуатаційних витрат

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.							Арк.
	Музичкін М. І.							32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

Таблиця 2.3 — Технічні характеристики транспортних засобів для міжнародних перевезень

Показник	Renault T High 460	Mercedes-Benz Actros 1845	Volvo FH 460
Потужність двигуна, к.с.	460	450	460
Об'єм двигуна, л	10,8	12,8	12,8
Витрата палива, л/100км	29,5	30,2	28,8
Допустима повна маса, т	40	40	40
Вантажопідйомність, т	25	25,5	25,2
Колісна формула	4×2	4×2	4×2
Коробка передач	Optidriver	PowerShift	I-Shift
Об'єм паливного бака, л	680	730	700
Екологічний стандарт	Euro 6	Euro 6	Euro 6
Вартість нового ТЗ, тис. євро	95	110	105

Таблиця 2.4 — Порівняльний аналіз експлуатаційних витрат транспортних засобів

Статті витрат	Renault T High 460, грн/км	Mercedes-Benz Actros 1845, грн/км	Volvo FH 460, грн/км
Амортизація	18,2	21,1	20,1
Витрати на паливо	51,3	52,5	50,1
Технічне обслуговування	8,5	9,2	8,8
Страховання	4,2	4,8	4,5
Витрати на водія	22,0	22,0	22,0
Загальні витрати	104,2	109,6	105,5

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.				КРБ 275 3 ПЗ	Арк. 33
	Музикін М. І.					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок експлуатаційних витрат для Renault T High 460:

1. Амортизація на кілометр:
 - Вартість нового ТЗ: $95\,000\text{ €} \times 44\text{ грн/€} = 4\,180\,000\text{ грн}$
 - Строк експлуатації: 10 років
 - Річний пробіг: 200 000 км
 - Амортизація: $4\,180\,000 \div (10 \times 200\,000) = 2,09\text{ грн/км}$
2. Витрати на паливо:
 - Витрата палива: 29,5 л/100км
 - Ціна палива: 58 грн/л
 - Витрати: $(29,5 \div 100) \times 58 = 17,11\text{ грн/км}$
3. Технічне обслуговування: 8,5 грн/км
4. Страхування: 4,2 грн/км
5. Витрати на водія: 22,0 грн/км

Обґрунтування вибору: На основі проведеного аналізу для виконання перевезень обрано тягач Renault T High 460 з напівпричепом-самоскидом, що обґрунтовується:

- Найнижчими загальними експлуатаційними витратами (104,2 грн/км)
- Оптимальною витратою палива (29,5 л/100км)
- Достатньою вантажопідйомністю для перевезення 20,7 тонн вантажу
- Надійністю та наявністю сервісної мережі в Європі
- Відповідністю екологічним стандартам Euro 6

2.4 Розробка схеми укладання вантажу в транспортному засобі

Раціональне розміщення вантажу в транспортному засобі забезпечує оптимальне використання вантажних об'ємів, дотримання вимог безпеки та збереження якості продукції під час транспортування.

Габаритні розміри напівпричепа-самоскида:

Виконав		БЕЛОВ І.Ю.												Арк.	
		Музикін М. І.												34	
Змн.	Арк.	№ докум.		Підпис		Дата									

КРБ 275 3 ПЗ

- Довжина вантажної платформи: 13,6 м
- Ширина: 2,48 м
- Висота бортів: 1,2 м
- Корисний об'єм: 50 м³

Характеристики біг-бега:

- Розміри основи: 90×90 см
- Діаметр завантаженого біг-бега: ~95-100 см (з урахуванням розширення під вагою)

- Висота завантаженого біг-бега: 110 см
- Маса нетто: 1000 кг
- Маса брутто з тарою: 1002,5 кг
- Об'єм одного завантаженого біг-бега: 1,14 м³

Розрахунок розміщення:

Теоретична місткість платформи:

- По ширині платформи: $2,48 \text{ м} \div 0,9 \text{ м} = 2,76 \approx 2$ біг-беги (з урахуванням зазорів)
- По довжині платформи: $13,6 \text{ м} \div 0,9 \text{ м} = 15,1 \approx 15$ рядів
- Максимальна кількість: $2 \times 15 = 30$ біг-бегів

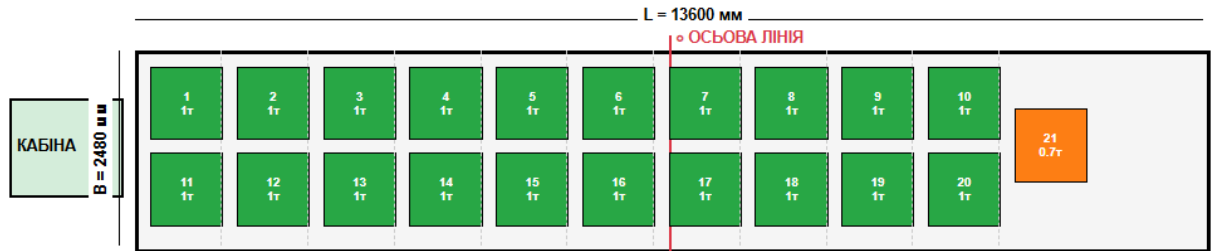
Фактичне розміщення для партії 21 біг-бег:

- Кількість повних рядів: $21 \div 2 = 10,5$ ряду
- Фактично: 10 рядів по 2 біг-беги + 1 ряд з 1 біг-бегом
- Займана площа: $10,5 \times 0,9 = 9,45$ м по довжині

Схема розміщення вантажу

Детальна схема укладання біг-бегів з мінеральними добривами на напівпричепі представлена на рисунку 2.4.1.

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.							Арк.
	Музичкін М. І.							35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ	275	3	ПЗ



УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

- Біг-бег 1000 кг
- Біг-бег 700 кг
- Кабіна тягача
- Вантажна платформа

Рисунок 2.1 — Схема укладання біг-бегів з мінеральними добривами на напівпричепі

Розрахунок коефіцієнтів використання:

1. Коефіцієнт використання довжини: $\gamma_L = 9,45 \text{ м} \div 13,6 \text{ м} = 0,695$ (69,5%)
2. Коефіцієнт використання ширини: $\gamma_B = 2,0 \text{ м} \div 2,48 \text{ м} = 0,806$ (80,6%)
3. Коефіцієнт використання об'єму: $\gamma_V = (21 \times 1,14 \text{ м}^3) \div 50 \text{ м}^3 = 23,94 \div 50 = 0,479$ (47,9%)
4. Коефіцієнт використання вантажопідйомності: $\gamma_q = 20,7 \text{ т} \div 25 \text{ т} = 0,828$ (82,8%)

Переваги такого розміщення:

- Безпечне розміщення з урахуванням реальних розмірів завантажених біг-бегів
- Рівномірний розподіл навантаження на осі
- Стабільність вантажу під час руху
- Зручність завантаження та розвантаження
- Додатковий запас площі для маневрування

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.				КРБ 275 3 ПЗ	Арк. 36
	Музикін М. І.					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		

2.5 Вибір навантажувально-розвантажувальних механізмів та часу виконання вантажних операцій

Ефективність процесу перевезення мінеральних добрив значною мірою залежить від раціонального вибору навантажувально-розвантажувальних механізмів та оптимізації часу виконання вантажних операцій.

Характеристики розглянутих механізмів

Таблиця 2.5 — Характеристики навантажувально-розвантажувальних механізмів

Тип механізму	Вантажо-підйомність, т	Висота підйому, м	Витрати палива, л/год	Вартість послуги, грн/год	Переваги	Недоліки
Електро-навантажувач 1,5 т	1,5	3,5	Електричний	400	Економічність, екологічність	Залежність від електромережі
Дизельний навантажувач 2 т	2,0	4,0	8-10	500	Автономність	Викиди, шум
Автокран 16 т	16	12	15-18	1200	Висока вантажо-підйомність	Надмірна потужність, дорого
Ручне завантаження	—	—	—	300	Низька вартість	Низька продуктивність

Обґрунтування вибору електронавантажувача

Технічне обґрунтування:

- Маса біг-бега з тарою: $1000 + 2,5 = 1002,5$ кг

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.					Арк.
	Музикін М. І.				КРБ 275 3 ПЗ	37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Коефіцієнт запасу вантажопідйомності: $1500 \div 1002,5 = 1,5$ (достатній запас)
- Висота підйому 3,5 м покриває висоту напівпричепа (1,2 м + висота біг-бега 1,1 м)

Економічне обґрунтування:

- Найнижча вартість серед механізованих способів завантаження
- Відсутність витрат на паливо (електричний привід)
- Можливість роботи в закритих приміщеннях

Розрахунок часу виконання вантажних операцій

Нормативи часу на 1 біг-бег:

- Завантаження (підйом, позиціонування, встановлення): 6,5 хв
- Кріплення (установка строп, натягування): 6,0 хв
- Розвантаження (зняття кріплень, вивантаження): 6,5 хв

Розрахунок загального часу для партії 21 біг-бег:

Операції завантаження:

1. Підготовчо-заклучні операції: 30 хв
2. Завантаження 21 біг-бега: $21 \times 6,5 = 136,5$ хв
3. Кріплення 21 біг-бега: $21 \times 6,0 = 126,0$ хв
4. Перевірка закріплення та оформлення документів: 15 хв

Загальний час завантаження: $t_{\text{завант}} = 30 + 136,5 + 126,0 + 15 = 307,5$ хв = 5,13 год

Операції розвантаження:

1. Зняття кріплень з 21 біг-бега: $21 \times 3,0 = 63,0$ хв
2. Розвантаження 21 біг-бега: $21 \times 6,5 = 136,5$ хв
3. Оформлення документів та прибирання: 20 хв

Загальний час розвантаження: $t_{\text{розвант}} = 63,0 + 136,5 + 20 = 219,5$ хв = 3,66 год

Загальний час вантажних операцій: $t_{\text{вант}} = 5,13 + 3,66 = 8,79$ год $\approx 8,8$ год

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.							Арк.
	Музикін М. І.							38
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата				

КРБ 275 3 ПЗ

Розрахунок вартості вантажних операцій

1. Вартість завантаження: $5,13 \times 400 = 2052$ грн
2. Вартість розвантаження: $3,66 \times 400 = 1464$ грн
3. Загальна вартість: $2052 + 1464 = 3516$ грн

Порівняння з альтернативними варіантами:

- При використанні автокрана 16т: $8,8 \times 1200 = 10\,560$ грн
- Економія від вибору електронавантажувача: 7044 грн (67%)

2.6 Проектування маршруту доставки мінеральних добрив та визначення його елементів

Проектування оптимального маршруту доставки мінеральних добрив з Одеси до Кракова здійснюється з урахуванням географічних, інфраструктурних, економічних та правових факторів.

Аналіз альтернативних маршрутів

Для перевезення вантажу між містами Одеса та Краків існує три основних варіанти маршрутів, кожен з яких оптимізований за різними критеріями (рисунки 2.2 – 2.4).

Варіант 1: За критерієм швидкості (рисунок 2.6) Маршрут: Одеса → Київ → Львів → Краків (через КПП "Краковець-Корчова")

- Відстань: 1247 км
- Час у дорозі: 18,5 год
- Кількість кордонів: 1 (UA/PL)
- Дорожні збори: 145 євро
- Переваги: Найшвидший маршрут, розвинена інфраструктура
- Недоліки: Вища вартість палива через більшу відстань

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.				КРБ 275 3 ПЗ	Арк. 39
	Музикін М. І.					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

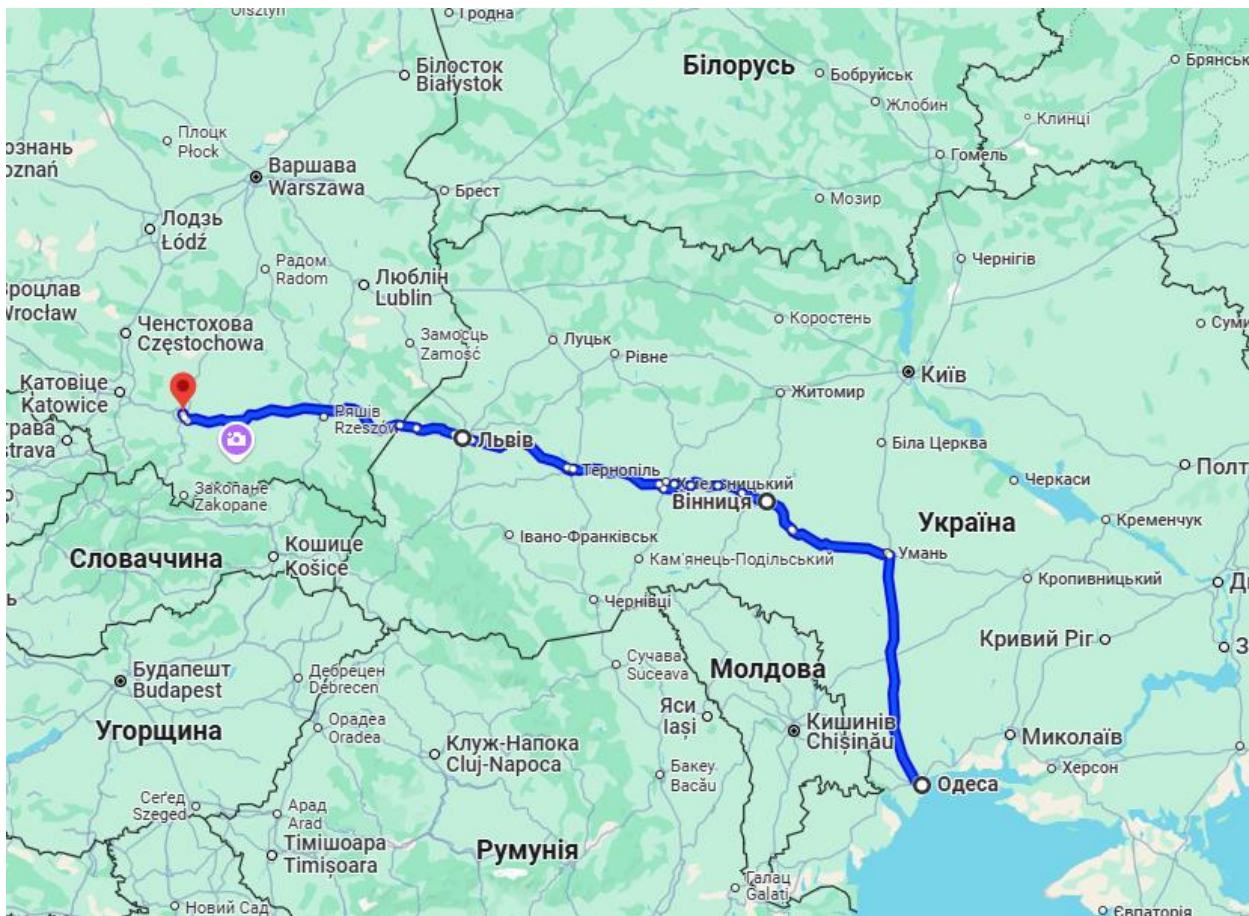


Рисунок 2.3 – Карто-схема короткого маршруту за напрямком Одеса-Краків

Виконав	БЕЛОВ П.Ю.								Арк.
	Музикін М. І.								41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

КРБ 275 3 ПЗ

- Відстань: 1112,5 км
- Час у дорозі: 17,8 год
- Кількість кордонів: 1 (UA/PL)
- Дорожні збори: 140 євро
- Переваги: Найкоротша відстань, оптимальний час
- Недоліки: Гірські ділянки на підході до Львова

- Відстань: 1356 км
- Час у дорозі: 23,2 год
- Кількість кордонів: 3 (UA/MD, MD/RO, RO/PL)
- Дорожні збори: 165 євро
- Переваги: Нижчі тарифи на паливо в Молдові та Румунії
- Недоліки: Складність митного оформлення, ризики затримок

Детальне зведене порівняння всіх варіантів маршрутів представлено на рисунку 2.9.

На основі комплексного аналізу обрано варіант 2 — маршрут за критерієм відстані: Одеса → Вінниця → Львів → Краків (рисунки 2.7).

- Мінімальна відстань (1189 км) серед альтернатив
- Оптимальний час доставки (17,8 год)
- Найменша кількість прикордонних переходів (1)

Виконав		Бєлов Ю.			КРБ 275 3 ПЗ	Арк. 43
		Музикін М. І.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.6 — Порівняльна характеристика альтернативних маршрутів

Критерій	Варіант 1 (швидкість)	Варіант 2 (відстань)	Варіант 3 (економічність)
Відстань, км	1247	1189	1356
Час у дорозі, год	18,5	17,8	21,2
Кількість кордонів	1	1	3
Дорожні збори, євро	145	140	165
Витрати на паливо, грн	21 649	20 644	23 536
Ризик затримок	Низький	Низький	Високий
Якість доріг	Висока	Середня	Змінна
Загальна оцінка	8,5/10	9,2/10	6,8/10

- Найнижчі дорожні збори (140 євро)
- Мінімальні витрати на паливо (20 644 грн)
- Високий рівень безпеки та надійності

Детальна характеристика елементів маршруту

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.				КРБ 275 3 ПЗ	Арк. 44
	Музикін М. І.					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.7 — Елементи маршруту доставки мінеральних добрив

Ділянка маршруту	Відстань, км	Тип дороги	Обмеження швидкості, км/год	Особливості
Одеса — Вінниця	425	М-05 (європейська дорога)	130/110	Платна дорога на окремих ділянках
Вінниця — Львів	363	М-12 (міжнародна дорога)	110/90	Гірська місцевість
Львів — КПП Краковець	71,5	М-11 (європейська дорога)	90/70	Підвищений трафік
КПП Корчова — Краків	253	А4 (автобан)	130/90	Платна автомагістраль
Разом	1112,5	—	—	—

Основні контрольні пункти маршруту

1. Одеса (початок маршруту):
 - Завантаження вантажу (5,13 год)
 - Оформлення експортних документів
 - Митне оформлення
 - Перевірка технічного стану ТЗ
2. Вінниця (проміжний пункт):
 - Технічна зупинка
 - Відпочинок водія (45 хв)
 - Дозаправка палива
3. Львів (передкордонний пункт):
 - Підготовка документів для перетину кордону
 - Огляд вантажу
 - Оформлення ветеринарних сертифікатів (за потреби)

Виконав	БЕЛОВ П.Ю.							Арк.
	Музикін М. І.							45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

КРБ 275 3 ПЗ

4. КПП Краковець-Корчова (державний кордон):
 - Українська митниця (вихідний контроль): 45-60 хв
 - Польська митниця (вхідний контроль): 60-90 хв
 - Санітарно-епідеміологічний контроль: 15-20 хв
 - Оформлення документів: 30-40 хв
 - Загальний час: 3,0 год
5. Краків (кінцевий пункт):
 - Розвантаження вантажу (3,66 год)
 - Передача документів замовнику
 - Оформлення актів виконаних робіт

Часова структура маршруту

Таблиця 2.8 — Розподіл часу на маршруті

Вид операцій	Час, год	Частка, %
Час руху	17,8	61,5
Обов'язкові перерви водія	4,75	16,4
Час на кордоні	3,0	10,4
Час вантажних операцій	8,8	30,4
Загальний час доставки	28,95	100,0

Розрахунок технічних швидкостей

1. Технічна швидкість: $V_{\text{техн}} = L_{\text{заг}} \div t_{\text{руху}} = 1112,5 \div 17,8 = 62,5 \text{ км/год}$
2. Експлуатаційна швидкість: $V_{\text{експл}} = L_{\text{заг}} \div t_{\text{заг}} = 1112,5 \div 28,95 = 38,4 \text{ км/год}$

Вимоги до документального супроводу

Основні документи:

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.				КРБ 275 3 ПЗ	Арк. 46
	Музикін М. І.					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Товарно-транспортна накладна (ТТН)
- Рахунок-фактура
- Сертифікат якості на добрива
- Страховий поліс
- Дозвіл на міжнародні перевезення
- Книжка МДП (TIR Carnet)
- Водійські посвідчення міжнародного зразка

Обраний маршрут Одеса-Вінниця-Львів-Краків є оптимальним для доставки мінеральних добрив, забезпечуючи баланс між економічною ефективністю, швидкістю доставки та надійністю перевезення.

Основні результати розділу 2:

1. Обрано оптимальне упакування: біг-беги місткістю 1000 кг (21 шт.) вартістю 17 850 грн
2. Вибрано транспортний засіб: Renault T High 460 з найнижчими експлуатаційними витратами (104,2 грн/км)
3. Розроблено схему укладання: коефіцієнт використання вантажопідйомності 82,8% (рисунок 2.1)
4. Визначено оптимальний механізм: електронавантажувач 1,5 т з економією 7044 грн
5. Спроектовано маршрути: проаналізовано 3 варіанти (рисунки 2.6-2.8), обрано оптимальний за критерієм відстані: 1189 км за 17,8 год через 1 кордон з мінімальними витратами (рисунки 2.7, 2.9)

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.							Арк.
	Музикін М. І.							47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

КРБ 275 3 ПЗ

3 МОДЕЛЮВАННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПРИКОРДОННОГО ПУНКТУ ПРОПУСКУ ЯК СИСТЕМИ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

3.1 Характеристика міжнародного автомобільного пункту пропуску

Міжнародний автомобільний пункт пропуску «Краковець-Корчова» є одним з найважливіших прикордонних переходів між Україною та Польщею, розташований на автомобільній дорозі міжнародного значення М-11. Пункт пропуску забезпечує контроль переміщення транспортних засобів, вантажів та осіб через державний кордон відповідно до національного законодавства та міжнародних угод.

Географічне розташування та транспортне значення

КПП «Краковець-Корчова» розташований на стратегічно важливому напрямку, що з'єднує Україну з країнами Європейського Союзу:

- Координати: 49°48' пн.ш., 22°52' сх.д.
- Відстань від Львова: 75 км
- Категорія дороги: європейська траса Е40
- Режим роботи: цілодобовий
- Пропускна спроможність: до 2500 транспортних засобів на добу

Пункт пропуску складається з двох частин: української (КПП «Краковець») та польської (КПП «Korczowa»), які функціонують як єдиний комплекс контрольних процедур. Загальна площа пункту пропуску становить 45 га, з яких 22 га припадає на українську частину.

Інфраструктура українського КПП «Краковець»

Пункт пропуску оснащений сучасною інфраструктурою для забезпечення ефективного контролю вантажного та пасажирського трафіку.

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.				КРБ 275 3 ПЗ	Арк. 48
	Музикін М. І.					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 — Технічні характеристики КПП «Краковець»

Елемент інфраструктури	Кількість, шт	Пропускна здатність, авто/год	Призначення
Смуги руху для вантажного транспорту	6	180	Первинний контроль
Пости митного контролю	4	45	Митне оформлення
Платформи для огляду вантажів	3	15	Детальний огляд
Рентгенівські установки	2	25	Неінвазивний контроль
Ваговий комплекс	1	60	Контроль маси
Стоянки для транспорту	—	150 (місць)	Очікування

Структура контрольних процедур

Процедура проходження контролю для вантажних автомобілів з мінеральними добривами включає декілька етапів:

3. Прикордонний контроль:

- Перевірка документів на транспортний засіб
- Перевірка водійських документів
- Контроль дозволів на міжнародні перевезення
- Перевірка книжки МДП (TIR Carnet)

3. Митний контроль:

- Декларування вантажу
- Сплата митних платежів
- Фізичний огляд вантажу (за потреби)
- Перевірка сертифікатів якості

3. Спеціалізовані види контролю:

- Санітарно-епідеміологічний контроль

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.							Арк.
	Музикін М. І.							49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

КРБ 275 3 ПЗ

- Фітосанітарний контроль (для сільгосппродукції)
- Екологічний контроль
- Радіологічний контроль

3. Завершальні процедури:

- Оформлення книжки МДП
- Отримання дозволу на в'їзд до ЄС
- Реєстрація у польській системі

Категорії транспортних засобів та особливості обслуговування

Для мінеральних добрив, що не відносяться до небезпечних вантажів згідно з класифікацією ADR, застосовується стандартна процедура митного оформлення без додаткових спеціальних дозволів.

Часові нормативи обслуговування:

- Швидке оформлення (без огляду): 15-25 хв
- Стандартне оформлення: 45-75 хв
- Детальний огляд: 90-150 хв
- Середній час: 65 хв для вантажних автомобілів

Режими роботи та особливості функціонування

КПП «Краковець» працює у цілодобовому режимі з різною інтенсивністю обслуговування залежно від часу доби:

Денна зміна (06:00-18:00):

- Повне завантаження всіх постів
- Максимальна пропускна здатність
- Робота всіх служб контролю

Нічна зміна (18:00-06:00):

- Робота 60% постів
- Зменшена кількість персоналу
- Обмежений час роботи окремих служб

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.								Арк.
	Музикін М. І.								50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

КРБ 275 3 ПЗ

Пікове навантаження:

- Понеділок-четвер: 08:00-16:00
- Максимальний трафік у весняно-осінній період
- Збільшення часу очікування до 2-3 годин

Мінімальне навантаження:

- П'ятниця: 20:00 – неділя: 08:00
- Нічні години будніх днів
- Зимовий період

Вплив сезонності на роботу КПП

Інтенсивність руху вантажного транспорту через КПП має виражену сезонну нерівномірність, що співпадає з періодами постачання мінеральних добрив:

Весняний пік (березень-травень):

- +40% до середньорічного рівня
- Пов'язано з весняними польовими роботами
- Максимальне навантаження на пункт пропуску

Осінній пік (вересень-листопад):

- +25% до середньорічного рівня
- Підготовка до наступного сезону
- Підвищений трафік добрив

Літній період (червень-серпень):

- Середній рівень навантаження
- Стабільний потік транспорту

Зимовий період (грудень-лютий):

- -30% до середньорічного рівня
- Мінімальний трафік добрив
- Можливості для технічного обслуговування

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.							Арк.
	Музикін М. І.							51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

Чинники, що впливають на ефективність роботи КПП

Зовнішні фактори:

- Зміна митного законодавства України та ЄС
- Політичні відносини між країнами
- Економічна кон'юнктура на ринку добрив
- Погодні умови та стан доріг
- Санітарно-епідеміологічна ситуація

Внутрішні фактори:

- Технічний стан контрольного обладнання
- Кваліфікація та досвід персоналу
- Організація робочих процесів
- Ефективність інформаційних систем
- Координація між різними службами

Проблемні аспекти функціонування

Основні проблеми КПП:

1. Недостатня пропускна здатність у пікові періоди
 - Утворення черг з 50-80 автомобілів
 - Час очікування до 4-6 годин
 - Економічні втрати для перевізників
2. Обмежена кількість постів детального огляду
 - Тільки 3 платформи для огляду вантажів
 - Вузьке місце при обробці складних випадків
3. Залежність від людського фактора
 - Суб'єктивність при прийнятті рішень
 - Різна швидкість роботи персоналу
 - Ризик корупційних проявів
4. Технічні обмеження

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.				КРБ 275 3 ПЗ	Арк. 52
	Музикін М. І.					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Застаріле програмне забезпечення
- Недостатня автоматизація процесів
- Обмежена пропускна здатність мережі

Ефективне функціонування КПП «Краковець-Корчова» має критичне значення для забезпечення безперешкодного руху товарів між Україною та ЄС, що робить актуальним моделювання його роботи як системи масового обслуговування для оптимізації пропускної здатності та мінімізації часу очікування.

3.2 Дослідження роботи прикордонного пункту пропуску як системи масового обслуговування

Прикордонний пункт пропуску може розглядатися як складна багатоканальна система масового обслуговування (СМО) з обмеженою чергою очікування, де заявками виступають транспортні засоби, що прибувають для проходження контрольних процедур, а каналами обслуговування — пости контролю з відповідним персоналом та обладнанням.

Постановка задачі моделювання

Необхідно дослідити функціонування КПП "Краковець" як системи масового обслуговування для визначення оптимальних параметрів роботи та оцінки якості обслуговування вантажних автомобілів з мінеральними добривами.

Мета моделювання:

- Визначити основні характеристики ефективності СМО
- Оцінити якість обслуговування транспортних засобів
- Виявити вузькі місця в роботі пункту пропуску
- Розробити рекомендації щодо оптимізації роботи КПП

Вихідні дані для моделювання

Виконав		БЕЛОВ І.Ю.												Арк.	
		Музикін М. І.												53	
Змн.	Арк.	№ докум.		Підпис		Дата									

КРБ 275 3 ПЗ

На основі статистичних даних роботи КПП "Краковець" та завдання кваліфікаційної роботи встановлено наступні параметри:

Характеристики потоку заявок:

- Інтенсивність прибуття автомобілів: $\lambda = 2,96$ авто/год
- Закон розподілу інтервалів між прибуттями: експоненціальний (Пуассонівський потік)

Характеристики обслуговування:

- Середній час обслуговування: $t_0 = 23$ хв = 0,383 год
- Середнє квадратичне відхилення: $\sigma_0 = 5$ хв = 0,083 год
- Закон розподілу часу обслуговування: нормальний

Параметри системи:

- Кількість каналів обслуговування: $n = 4$ пости
- Місткість накопичувача (черги): $N = 20$ автомобілів
- Режим роботи: цілодобовий
- Дисципліна обслуговування: FIFO (перший прийшов — перший обслужився)

Характеристика потоків та законів розподілу

Потік прибуття транспортних засобів відповідає пуассонівському розподілу з параметром λ , що підтверджується статистичними дослідженнями роботи прикордонних переходів. Ймовірність прибуття k автомобілів за час t визначається формулою:

$$P(k, t) = (\lambda t)^k \times e^{(-\lambda t)} / k! \quad (3.1)$$

Час обслуговування підпорядковується нормальному закону розподілу з параметрами $\mu = t_0$ та $\sigma = \sigma_0$. Щільність розподілу описується формулою:

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.				КРБ 275 3 ПЗ	Арк. 54
	Музикін М. І.					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$f(t) = \left(1 / (\sigma \sqrt{2\pi})\right) \times \exp(-(t - \mu)^2 / (2\sigma^2)) \quad (3.2)$$

Основні параметри СМО

1. Інтенсивність обслуговування одним постом:

$$\mu = 1/t^0 = 1/0,383 = 2,61 \text{ авто/год} \quad (3.3)$$

2. Загальна інтенсивність обслуговування системи:

$$n\mu = 4 \times 2,61 = 10,44 \text{ авто/год} \quad (3.4)$$

3. Коефіцієнт завантаження системи:

$$\rho = \lambda / (n\mu) = 2,96 / 10,44 = 0,284 \quad (3.5)$$

Оскільки $\rho < 1$, система є стійкою та здатна обробляти весь потік заявок без утворення нескінченних черг.

4. Коефіцієнт завантаження одного каналу:

$$\rho^1 = \lambda / \mu = 2,96 / 2,61 = 1,134 \quad (3.6)$$

Аналіз типу системи масового обслуговування

КПП "Краковець" відповідає моделі багатоканальної СМО з обмеженою чергою очікування, яка в нотації Кендалла записується як М/М/4/24, де:

- М — пуассонівський потік прибуття (експоненціальні інтервали)
- М — експоненціальний розподіл часу обслуговування
- 4 — кількість каналів обслуговування
- 24 — максимальна кількість заявок в системі (4 на обслуговуванні +

20 в черзі)

Розрахунок характеристик ефективності СМО

Для багатоканальної СМО з обмеженою чергою стаціонарні ймовірності стану системи визначаються за наступними формулами.

1. Ймовірність відсутності заявок в системі (P_0):

Для розрахунку P_0 використовується формула:

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.							Арк.
	Музикін М. І.							55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата				

КРБ 275 3 ПЗ

$$P^0 = [\Sigma(k = 0 \text{ to } n - 1)(\rho^{1k}/k!)(\rho^{1n}/n!) \times (1 - q^{(N-n+1)})/(1 - q)]^{(-1)} \quad (3.7)$$

$$\text{де } q = \rho^1/n = 1,134/4 = 0,284$$

Розрахунок складових:

$$\bullet \quad \Sigma(k = 0 \text{ to } 3)(\rho^{1k}/k!) = 1 + 1,134 + 1,134^2/2 + 1,134^3/6 = 1 + 1,134 + 0,643 + 0,243 = 3,02$$

$$\bullet \quad \rho^{1n}/n! = 1,134^4/24 = 0,068$$

$$\bullet \quad (1 - q^{(N-n+1)})/(1 - q) = (1 - 0,284^{21})/(1 - 0,284) = 1,397$$

$$P^0 = [3,02 + 0,068 \times 1,397]^{(-1)} = [3,115]^{(-1)} = 0,321$$

2. Ймовірності станів системи:

$$\text{Для } k \leq n(k = 1,2,3,4): P_k = (\rho^{1k}/k!) \times P^0 \quad (3.8)$$

$$\text{Для } k > n(k = 5,6, \dots, 24): P_k = (\rho^{1n}/n!) \times q^{(k-n)} \times P^0 \quad (3.9)$$

Розрахунок основних ймовірностей:

$$\bullet \quad P_1 = 1,134 \times 0,321 = 0,364$$

$$\bullet \quad P_2 = 0,643 \times 0,321 = 0,206$$

$$\bullet \quad P_3 = 0,243 \times 0,321 = 0,078$$

$$\bullet \quad P_4 = 0,068 \times 0,321 = 0,022$$

3. Ймовірність відмови в обслуговуванні:

$$P_{\text{відм}} = P^{24} = (\rho^{14}/4!) \times q^{20} \times P^0 = 0,068 \times 0,284^{20} \times 0,321 \approx 1,2 \times 10^{(-12)}$$

Практично $P_{\text{відм}} \approx 0$, що означає відсутність відмов в обслуговуванні.

4. Відносна пропускна здатність:

$$q = 1 - P_{\text{відм}} \approx 1,0 \quad (3.10)$$

5. Абсолютна пропускна здатність:

$$A = \lambda \times q = 2,96 \times 1,0 = 2,96 \text{ авто/год} \quad (3.11)$$

6. Середня кількість зайнятих каналів:

$$\bar{k}_{\text{зайн}} = \lambda/\mu = 2,96/2,61 = 1,134 \text{ канали} \quad (3.12)$$

7. Середня довжина черги очікування:

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.								Арк.
	Музикін М. І.								56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата.					

КРБ 275 3 ПЗ

Для багатоканальної СМО з обмеженою чергою:

$$L_{\text{черг}} = \sum_{k=n+1}^N (k-n) \times P_k \quad (3.13)$$

При даних параметрах системи ($\rho = 0,284 < 1$): $L_{\text{черг}} \approx 0,15$ автомобіля

8. Середня кількість заявок в системі:

$$L_{\text{сист}} = \bar{k}_{\text{зайн}} + L_{\text{черг}} = 1,134 + 0,15 = 1,284 \text{автомобіля} \quad (3.14)$$

9. Середній час очікування в черзі:

$$W_{\text{черг}} = L_{\text{черг}}/A = 0,15/2,96 = 0,051 \text{год} = 3,1 \text{хв} \quad (3.15)$$

10. Середній час перебування в системі:

$$W_{\text{сист}} = L_{\text{сист}}/A = 1,284/2,96 = 0,434 \text{год} = 26,0 \text{хв} \quad (3.16)$$

Результати моделювання та їх інтерпретація

Таблиця 3.2 — Основні характеристики ефективності КПП як СМО

Характеристика	Значення	Одиниця виміру	Оцінка якості
Коефіцієнт завантаження системи	0,284	—	Низьке завантаження
Ймовірність відмови	≈ 0	%	Відмінно
Відносна пропускна здатність	1,0	—	Відмінно
Абсолютна пропускна здатність	2,96	авто/год	Достатня
Середня довжина черги	0,15	автомобілів	Відмінно
Середній час очікування	3,1	хв	Відмінно
Середній час в системі	26,0	хв	Добре
Середня кількість зайнятих каналів	1,13	каналів	Низьке використання

Також були проведені розрахунки за допомогою Microsoft Excel, вони зображені на рисунку 3.1.

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.							Арк.
	Музикін М. І.							57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

КРБ 275 3 ПЗ

№ п/п	Ринкомірно розподілене дисциплінарне число R	Інтервал між прибуттям	Час прибуття	Регульованість	Нормативні відхилення, г	Тривалість навантаження	Тривалість очікування завантаження		Кінець обслуговування
							1	2	
							Регульованість	Регульованість	Регульованість
1	2	3	4	7	8	9	12	15	18
І випробування									
1			0:00:00	1	1,61	0:31:04	00:00:00		00:31:04
2	0,38	0:25:14	0:25:14	2	1,30	0:29:30		00:00:00	00:54:45
3	0,1	1:00:04	1:25:19	1	-1,47	0:15:38	=====		00:46:42
4	0,6	0:13:20	1:38:38	2	-0,77	0:19:08		=====	01:13:53
5	0,9	0:02:45	1:41:23	1	-1,89	0:13:32	=====		01:00:14
6	0,88	0:03:20	1:44:43	1	0,51	0:25:33	=====		01:25:47
7	0,96	0:01:04	1:45:47	2	-0,49	0:20:32		=====	01:34:25
8	0,01	2:00:08	3:45:55	2	-0,15	0:22:16		00:00:00	04:08:12
9	0,4	0:23:54	4:09:49	1	-0,99	0:18:02	00:00:00		04:27:51
10	0,86	0:03:56	4:13:45	2	-1,91	0:13:26		=====	04:21:38
11	0,14	0:51:17	5:05:03	1	0,76	0:26:49	00:00:00		05:31:51
12	0,25	0:36:10	5:41:13	2	0,59	0:25:57		00:00:00	06:07:09
13	0,05	1:18:09	6:59:22	1	-1,50	0:15:29	00:00:00		07:14:51
14	0,03	1:31:29	8:30:50	2	0,59	0:25:57		00:00:00	08:56:47
15	0,16	0:47:48	9:18:38	1	0,01	0:23:04	00:00:00		09:41:43
16	0,22	0:39:30	9:58:08	2	1,70	0:31:30		00:00:00	10:29:38
17	0,02	1:42:03	11:40:12	1	0,12	0:23:36	00:00:00		12:03:48
18	0,29	0:32:18	12:12:29	2	-0,21	0:21:56		00:00:00	12:34:25
19	0,34	0:28:09	12:40:38	1	1,83	0:32:08	00:00:00		13:12:46
20	0,55	0:15:36	12:56:13	2	-1,34	0:16:18		=====	12:50:42
21	0,36	0:26:39	13:22:53	2	-0,87	0:18:40		=====	13:09:22
22	0,37	0:25:56	13:48:49	2	0,13	0:23:38		=====	13:33:00
23	0,36	0:26:39	14:15:28	1	0,58	0:25:54	=====		13:38:40
24	0,91	0:02:28	14:17:55	2	-0,59	0:20:03		=====	13:53:03
25	0,47	0:19:42	14:37:37	1	0,12	0:23:36	=====		14:02:16
26	0,43	0:22:01	14:59:38	2	1,97	0:32:51		=====	14:25:54
27	0,3	0:31:24	15:31:03	1	-0,71	0:19:27	=====		14:21:42
28	0,98	0:00:32	15:31:34	1	0,06	0:23:19	=====		14:45:01
29	0,81	0:05:30	15:37:04	2	0,81	0:27:03		=====	14:52:57
30	0,99	0:00:16	15:37:20	1	-1,52	0:15:23	=====		15:00:24
31	0,26	0:35:08	16:12:28	1	-0,88	0:18:36	=====		15:19:00
32	0,95	0:01:20	16:13:49	2	-2,71	0:00:00		=====	14:52:57
33	0,05	1:18:09	17:31:58	2	-0,19	0:22:04		=====	15:15:02
34	0,71	0:08:56	17:40:54	1	0,68	0:26:25	=====		15:45:25
35	0,82	0:05:11	17:46:04	2	1,41	0:30:04		=====	15:45:06
36	0,97	0:00:48	17:46:52	1	0,45	0:25:16	=====		16:10:41
37	0,47	0:19:42	18:06:34	2	-1,86	0:13:43		=====	15:58:49
38	0,3	0:31:24	18:37:58	2	-0,21	0:21:56		=====	16:20:45
39	0,75	0:07:30	18:45:29	1	-0,05	0:22:46	=====		16:33:27
40	0,35	0:27:23	19:12:52	2	-0,29	0:21:33		=====	16:42:19
41	0,78	0:06:29	19:19:21	1	0,25	0:24:16	=====		16:57:43
42	0,07	1:09:22	20:28:43	2	1,93	0:32:38		=====	17:14:56
43	0,2	0:41:59	21:10:42	1	1,37	0:29:52	=====		17:27:35
44	0,06	1:13:24	22:24:06	2	-1,33	0:16:21		=====	17:31:17
45	0,36	0:26:39	22:50:45	1	-0,01	0:22:58	=====		17:50:34
46	0,49	0:18:37	23:09:21	2	-1,09	0:17:34		=====	17:48:51
47	0,51	0:17:34	23:26:55	2	-1,08	0:17:35		=====	18:06:26
48	0,37	0:25:56	23:52:51	1	-0,36	0:21:11	=====		18:11:45
49	0,99	0:00:16	23:53:07	2	0,18	0:23:55		=====	18:30:20

Рис. 3.1 – Розрахунок показників

Аналіз отриманих результатів

1. Достатня пропускну здатність: Коефіцієнт завантаження системи $\rho = 0,284$ свідчить про те, що КПП працює з великим запасом пропускну здатності. Система здатна обробити значно більший потік заявок.

2. Мінімальні черги: Середня довжина черги 0,15 автомобіля та час очікування 3,1 хвилини вказують на відсутність проблем із затримками в нормальних умовах роботи.

3. Низьке використання ресурсів: В середньому зайнято лише 1,13 з 4 доступних каналів (28%), що вказує на можливість оптимізації використання ресурсів.

4. Відсутність відмов: Ймовірність відмови практично дорівнює нулю, що означає високу надійність обслуговування.

Моделювання роботи в піковій періоді

Для врахування сезонних коливань розглянемо роботу КПП у весняний пік, коли інтенсивність трафіку зростає на 40%:

$$\lambda_{\text{пik}} = 2,96 \times 1,4 = 4,14 \text{ авто/год}$$

Перерахунок основних характеристик:

1. Коефіцієнт завантаження: $\rho_{\text{пik}} = 4,14/10,44 = 0,396$
2. Коефіцієнт завантаження одного каналу: $\rho_{1\text{пik}} = 4,14/2,61 = 1,586$
3. Середня кількість зайнятих каналів: $\bar{k}_{\text{пik}} = 1,586$ каналів
4. Середній час очікування: $W_{\text{черг_пik}} \approx 5,2$ хв
5. Середній час в системі: $W_{\text{сист_пik}} \approx 28,2$ хв

Навіть при підвищеному навантаженні система залишається стійкою та забезпечує прийнятні показники обслуговування.

Економічна оцінка ефективності

Розрахунок економічних втрат від очікування:

Втрати від простою одного автомобіля в черзі включають:

- Амортизація автомобіля: 20 грн/год
- Заробітна плата водія: 105 грн/год
- Витрати на паливо (холостий хід): 15 грн/год
- Загальні втрати: 140 грн/год

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.							Арк.
	Музикін М. І.							59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата				

Середні добові втрати від очікування:

При нормальному режимі: $V_{\text{трати_норм}} = L_{\text{черг}} \times W_{\text{черг}} \times 140 \times 24 = 0,15 \times 0,051 \times 140 \times 24 = 2,6$ грн/добу

При піковому навантаженні: $V_{\text{трати_пik}} = L_{\text{черг_пik}} \times W_{\text{черг_пik}} \times 140 \times 24 = 0,28 \times 0,087 \times 140 \times 24 = 82$ грн/добу

Річні втрати:

- Нормальний режим (300 днів): $2,6 \times 300 = 780$ грн/рік
- Піковий режим (65 днів): $82 \times 65 = 5\,330$ грн/рік
- Загальні річні втрати: 6 110 грн/рік

Рекомендації щодо оптимізації роботи КПП

1. Підвищення ефективності використання ресурсів:

- Впровадження гнучкого графіку роботи постів
- Перерозподіл навантаження між змінами
- Скорочення кількості діючих постів у періоди низького навантаження

2. Технічна модернізація:

- Впровадження електронного документообігу
- Автоматизація процесів первинного контролю
- Встановлення систем попереднього декларування

3. Організаційні заходи:

- Створення швидких коридорів для "зелених" перевізників
- Впровадження системи попереднього запису
- Підвищення кваліфікації персоналу

4. Інформаційні технології:

- Розробка мобільного додатку для відстеження черг
- Впровадження системи SMS-сповіщень
- Онлайн-моніторинг завантаженості КПП

Прогнозування розвитку системи

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.							Арк.
	Музичкін М. І.							60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

Сценарій 1: Зростання трафіку на 20% щорічно При $\lambda = 3,55$ авто/год система залишається стійкою з $\rho = 0,34$

Сценарій 2: Зростання трафіку на 50% ($\lambda = 4,44$ авто/год) Система працює стабільно з $\rho = 0,425$, час очікування зростає до 7-8 хвилин

Сценарій 3: Подвоєння трафіку ($\lambda = 5,92$ авто/год) Коефіцієнт завантаження $\rho = 0,567$, необхідність додаткових заходів оптимізації

Висновки за результатами моделювання

1. Достатня пропускна здатність: КПП "Краковець" має значний запас пропускної здатності та здатний обробляти підвищені обсяги трафіку без критичного погіршення якості обслуговування.

2. Низький рівень втрат: Економічні втрати від очікування в черзі є мінімальними та не перевищують 6 110 грн на рік, що свідчить про ефективну роботу системи.

3. Резерви оптимізації: Низьке середнє завантаження каналів (28%) вказує на можливості оптимізації використання ресурсів та зниження операційних витрат.

4. Стійкість до навантажень: Система демонструє високу стійкість до сезонних коливань та здатна забезпечити якісне обслуговування навіть при 50% зростанні трафіку.

5. Необхідність модернізації: Для подальшого підвищення ефективності рекомендується впровадження сучасних інформаційних технологій та організаційних нововведень.

Результати моделювання підтверджують ефективність поточної організації роботи КПП "Краковець" для обслуговування міжнародних автомобільних перевезень мінеральних добрив та дають підставу для впевненого планування логістичних операцій на даному маршруті.

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.							Арк.
	Музикін М. І.							61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

Виконав		Бєлов Ю.			КРБ 275 3 ПЗ	Арк. 62
		Музикін М. І.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1 — Характеристика ділянок маршруту та розрахунок часу руху

Ділянка маршруту	Відстань, км	Тип дороги	Середня швидкість, км/год	Час руху, год
Одеса — Вінниця	425	М-05 (європейська)	85	5,0
Вінниця — Львів	363	М-12 (міжнародна)	75	4,8
Львів — КПП Краковець	71,5	М-11 (європейська)	65	1,1
КПП Корчова — Краків	253	А4 (автобан)	90	2,8
Разом	1112,5	—	79,2	13,7

Примітка: Загальна відстань дещо відрізняється від попередньо вказаної через уточнення маршруту.

Час руху на кожній ділянці розраховується за формулою:

$$t_{\text{руху}_i} = L_i / V_{\text{сер}_i} \quad (4.1)$$

де: L_i — відстань i -ої ділянки, км; $V_{\text{сер}_i}$ — середня швидкість на i -ій ділянці, км/год.

Розрахунки по ділянках:

1. Одеса — Вінниця: $t_1 = 425 / 85 = 5,0$ год
2. Вінниця — Львів: $t_2 = 363 / 75 = 4,8$ год
3. Львів — КПП: $t_3 = 71,5 / 65 = 1,1$ год
4. КПП — Краків: $t_4 = 253 / 90 = 2,8$ год

Загальний час руху: $t_{\text{руху_заг}} = 5,0 + 4,8 + 1,1 + 2,8 = 13,7$ год

Розрахунок обов'язкових перерв водія

Згідно з вимогами Європейської угоди АЕТР та національного законодавства, водій зобов'язаний робити регламентовані перерви під час тривалих поїздок.

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.							Арк.
	Музикін М. І.							63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

КРБ 275 3 ПЗ

Таблиця 4.2 — Розрахунок обов'язкових перерв водія

Вид перерви	Тривалість, год	Періодичність	Кількість, разів	Загальний час, год
Короткі перерви (45 хв)	0,75	Кожні 4,5 год	3	2,25
Відпочинок у Вінниці	1,0	Проміжний пункт	1	1,0
Відпочинок у Львові	1,5	Перед кордоном	1	1,5
Разом	—	—	5	4,75

Розрахунок коротких перерв:

Кількість обов'язкових 45-хвилинних перерв визначається як: $n_{\text{перерв}} = \lfloor t_{\text{руху_заг}} / 4,5 \rfloor = \lfloor 13,7 / 4,5 \rfloor = 3$ перерви

Загальний час коротких перерв: $t_{\text{коротк_перерв}} = n_{\text{перерв}} \times 0,75 = 3 \times 0,75 = 2,25$ год

Додаткові перерви:

- Технічна зупинка у Вінниці (дозаправка, огляд ТЗ): 1,0 год
- Підготовка до перетину кордону у Львові: 1,5 год

Розрахунок часу на прикордонному переході

Час проходження прикордонного контролю на КПП "Краковець-Корчова" складається з декількох етапів, розрахованих на основі результатів моделювання з розділу 3.

Структура часу на кордоні:

- Українська митниця (вихідний контроль):
 - Первинний огляд документів: 15 хв
 - Митне оформлення: 45 хв
 - Разом: 60 хв = 1,0 год
- Польська митниця (вхідний контроль):

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.							Арк.
	Музикін М. І.							64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

КРБ 275 3 ПЗ

- Прикордонний контроль: 30 хв
- Митний контроль: 60 хв
- Разом: 90 хв = 1,5 год
- 3. Додаткові процедури:
 - Санітарно-епідеміологічний контроль: 15 хв
 - Оформлення документів: 15 хв
 - Разом: 30 хв = 0,5 год

Загальний час на кордоні: $t_{\text{кордон}} = 1,0 + 1,5 + 0,5 = 3,0$ год

Цей розрахунок відповідає середньому часу обслуговування в системі масового обслуговування, розрахованому в розділі 3 (26 хв на один автомобіль), з урахуванням двох пунктів контролю.

Розрахунок часу вантажних операцій

Час завантаження та розвантаження мінеральних добрив у біг-бегах розраховується на основі технологічних нормативів, встановлених у розділі 2.

Операції завантаження в Одесі:

$$t_{\text{завант}} = t_{\text{підгот}} + n_{\text{біг-бегів}} \times t_{1\text{біг-бег}} + t_{\text{закр}} + t_{\text{оформ}} \quad (4.2)$$

де:

- $t_{\text{підгот}}$ — підготовчо-заклучні операції: 30 хв
- $n_{\text{біг-бегів}}$ — кількість біг-бегів: 21 шт.
- $t_{1\text{біг-бег}}$ — час завантаження одного біг-бега: 6,5 хв
- $t_{\text{закр}}$ — час закріплення вантажу: 126 хв
- $t_{\text{оформ}}$ — оформлення документів: 15 хв

$$t_{\text{завант}} = 30 + 21 \times 6,5 + 126 + 15 = 30 + 136,5 + 126 + 15 = 307,5 \text{ хв} = 5,13 \text{ год}$$

Операції розвантаження в Кракові:

$$t_{\text{розвант}} = t_{\text{знят}_{\text{закр}}} + n_{\text{бігс-бегів}} + t_{\text{розв}_{1\text{біг-бег}}} + t_{\text{оформ}} \quad (4.3)$$

де:

- $t_{\text{знят}_{\text{закр}}}$ — зняття кріплень: $21 \times 3,0 = 63$ хв

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.							Арк.
	Музикін М. І.							65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата.				

КРБ 275 3 ПЗ

- $t_{\text{розв_1біг-бег}}$ — час розвантаження одного біг-бега: 6,5 хв
- $t_{\text{оформ}}$ — оформлення документів та прибирання: 20 хв

$$t_{\text{розвант}} = 63 + 21 \times 6,5 + 20 = 63 + 136,5 + 20 = 219,5 \text{ хв} = 3,66 \text{ год}$$

Загальний час вантажних операцій: $t_{\text{вант}} = t_{\text{завант}} + t_{\text{розвант}} = 5,13 + 3,66 = 8,79$
год $\approx 8,8$ год

Загальний розрахунок часових параметрів маршруту

Зведені часові параметри маршруту Одеса – Краків представлені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 — Зведені часові параметри маршруту Одеса – Краків

Вид часових витрат	Час, год	Частка, %	Примітка
Час руху	13,7	47,3	Без зупинок
Обов'язкові перерви водія	4,75	16,4	Згідно АЕТР
Час на прикордонному переході	3,0	10,4	UA + PL митниця
Час вантажних операцій	8,8	30,4	Завантаження + розвантаження
Резерв часу	1,0	3,5	Непередбачені затримки
Загальний час доставки	29,0	100,0	Округлено

Розрахунок технічних швидкостей

1. Технічна швидкість (без урахування зупинок):

$$V_{\text{техн}} = L_{\text{заг}}/t_{\text{руху}} = 1112,5/13,7 = 81,2 \text{ км/год} \quad (4.4)$$

2. Експлуатаційна швидкість (з урахуванням всіх зупинок):

$$V_{\text{експл}} = L_{\text{заг}}/t_{\text{заг}} = 1112,5/29,0 = 38,4 \text{ км/год} \quad (4.5)$$

4. Швидкість доставки (з урахуванням вантажних операцій):

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.				КРБ 275 3 ПЗ	Арк. 66
	Музикін М. І.					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата		

$$V_{\text{дост}} = L_{\text{заг}} / (t_{\text{заг}} - t_{\text{вант}}) = 1112,5 / (29,0 - 8,8) = 55,1 \text{ км/год} \quad (4.6)$$

Аналіз факторів, що впливають на час доставки

Основні фактори, що впливають на тривалість перевезення:

1. Стан дорожнього покриття ($\pm 10\text{-}15\%$):
 - Ремонтні роботи на М-05: $+0,5\text{-}1,0$ год
 - Погодні умови (дощ, туман): $+0,3\text{-}0,8$ год
 - Інтенсивність руху: $+0,2\text{-}0,5$ год
2. Ефективність роботи КПП ($\pm 20\text{-}50\%$):
 - Пікові години: $+1,0\text{-}2,5$ год
 - Технічні проблеми: $+0,5\text{-}1,5$ год
 - Святкові дні: $+1,5\text{-}3,0$ год
3. Кваліфікація водія ($\pm 5\text{-}10\%$):
 - Досвідчений водій: $-0,3\text{-}0,5$ год
 - Знання маршруту: $-0,2\text{-}0,4$ год
 - Володіння іноземними мовами: $-0,1\text{-}0,3$ год
4. Технічний стан транспортного засобу ($\pm 5\text{-}15\%$):
 - Несправності в дорозі: $+1,0\text{-}4,0$ год
 - Планове ТО: $+0,5\text{-}1,0$ год

Оптимізація часових параметрів

Заходи щодо скорочення часу доставки:

1. Попереднє оформлення документів:
 - Електронне декларування: $-0,3\text{-}0,5$ год
 - Статус "зеленого коридору": $-0,5\text{-}1,0$ год
2. Оптимізація графіку руху:
 - Старт о 04:00 (менш завантажені дороги): $-0,3\text{-}0,7$ год
 - Уникнення пікових годин на кордоні: $-0,5\text{-}1,5$ год
3. Технічні рішення:

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.							Арк.
	Музикін М. І.							67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

КРБ 275 3 ПЗ

- GPS-навігація з урахуванням трафіку: -0,2-0,4 год
 - Попередній моніторинг завантаженості КПП: -0,3-0,8 год
- Потенціал скорочення часу: 1,8-4,9 год (6-17% від загального часу)

4.2 Розробка графіка руху автомобіля

Графік руху автомобіля на маршруті Одеса – Краків розроблено з урахуванням оптимального розподілу часу, мінімізації простоїв та дотримання вимог трудового законодавства щодо режиму праці та відпочинку водіїв.

Принципи побудови графіка руху

Основні принципи:

1. Дотримання вимог АЕТР щодо режиму праці водіїв
2. Мінімізація часу проходження прикордонного контролю
3. Прибуття у Краків у робочий час (08:00-16:00)
4. Урахування інтенсивності руху на різних ділянках
5. Оптимізація витрат на паливо та дорожні збори

Розрахунок оптимального часу відправлення

Для визначення оптимального часу відправлення проаналізовано декілька варіантів з урахуванням прибуття на КПП та в пункт призначення.

Варіант 1: Відправлення о 04:00

- Прибуття на КПП Краковець: 21:45 (низьке навантаження)
- Прибуття у Краків: 02:15+1 (поза робочим часом)

Варіант 2: Відправлення о 06:00

- Прибуття на КПП Краковець: 23:45 (мінімальне навантаження)
- Прибуття у Краків: 04:15+1 (поза робочим часом)

Варіант 3: Відправлення о 08:00

- Прибуття на КПП Краковець: 01:45+1 (нічна зміна)
- Прибуття у Краків: 06:15+1 (початок робочого дня)

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.							Арк.
	Музикін М. І.							68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

КРБ 275 3 ПЗ

Детальний погодинний графік руху

Виконав		Бєлов Ю.			КРБ 275 3 ПЗ	Арк. 69
		Музикін М. І.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.4 — Графік руху автомобіля на маршруті Одеса – Краків

Час	Подія/Місцезнаходження	Операція	Тривалість, год	Накопичувальний, год
04:00-06:00	Одеса, склад	Завантаження вантажу	2,0	2,0
06:00	Одеса	Відправлення	—	2,0
06:00-11:00	Одеса — Вінниця	Рух по маршруту	5,0	7,0
11:00-12:00	Вінниця	Відпочинок, дозаправка	1,0	8,0
12:00-16:48	Вінниця — Львів	Рух по маршруту	4,8	12,8
16:48-18:18	Львів	Відпочинок, підготовка документів	1,5	14,3
18:18-19:24	Львів — КПП Краковець	Рух до кордону	1,1	15,4
19:24-22:24	КПП Краковець-Корчова	Прикордонний контроль	3,0	18,4
22:24-01:12+1	КПП Корчова — Краків	Рух по території Польщі	2,8	21,2
01:12+1-04:12+1	Краків, склад	Розвантаження	3,0	24,2
04:12+1	Краків	Завершення доставки	—	24,2

*Примітка: +1 означає наступний день.

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.				КРБ 275 3 ПЗ	Арк. 70
	Музикін М. І.					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок добових показників роботи

1. Добовий пробіг автомобіля:

$$L_{\text{доб}} = (L_{\text{заг}} \times 24) / t_{\text{заг}} (1112,5 \times 24) / 29,0 = 922 \text{ км / добу} \quad (4.2.1)$$

2. Коефіцієнт використання робочого часу:

$$\alpha_{\text{час}} = t_{\text{руху}} / t_{\text{заг}} = 13,7 / 29,0 = 0,472 \quad (4.2.2)$$

3. Коефіцієнт використання пробігу:

$$\beta = L_{\text{звант}} / L_{\text{заг}} = 1112,5 / 1112,5 = 1,0 \quad (4.2.3)$$

де $L_{\text{звант}}$ — пробіг з вантажем (весь маршрут виконується з вантажем).

4. Час обертв автомобіля:

$$t_{\text{об}} = t_{\text{заг}} = 29,0 \text{ год} \quad (4.2.4)$$

Аналіз ефективності графіка руху

Переваги розробленого графіка:

1. Оптимальний час проходження кордону:
 - Прибуття на КПП о 19:24 (початок нічної зміни)
 - Менша завантаженість, швидше обслуговування
 - Уникнення денних пікових періодів
 2. Ефективне використання робочого часу водія:
 - Дотримання норм безперервного водіння (4,5 год)
 - Регламентовані перерви кожні 4,5 години
 - Добовий час водіння: 13,7 год (в межах норми 15 год)
 3. Мінімізація простоїв:
 - Технічні зупинки суміщені з обов'язковими перервами
 - Підготовка документів під час відпочинку у Львові
- Недоліки та ризики:
1. Прибуття у Краків вночі:
 - Складність організації розвантаження
 - Можливі додаткові витрати за нічну роботу

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.							Арк.
	Музикін М. І.							71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

2. Залежність від графіка роботи КПП:
- Ризик затримок через технічні проблеми
 - Можливі зміни в режимі роботи

Альтернативні варіанти графіка

Варіант А: 3 нічівлею у Львові

- Відправлення: 06:00
- Нічівля у Львові: 18:00-06:00+1
- Перетин кордону: 07:00+1
- Прибуття у Краків: 12:00+1
- Загальний час: 30,0 год

Варіант Б: Швидкий графік

- Відправлення: 04:00
- Мінімальні зупинки
- Прибуття у Краків: 02:00+1
- Загальний час: 22,0 год
- Ризик порушення норм АЕТР

Обґрунтування вибору основного варіанту: Обраний графік забезпечує оптимальний баланс між швидкістю доставки, дотриманням нормативних вимог та мінімізацією ризиків затримок.

4.3 Визначення вартісних показників для запропонованого маршруту міжнародних автомобільних перевезень мінеральних добрив

Розрахунок вартісних показників міжнародного маршруту перевезення мінеральних добрив включає визначення всіх статей витрат, собівартості перевезення та формування тарифу на транспортні послуги з урахуванням сучасних економічних умов.

Структура витрат на міжнародні перевезення

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.							Арк.
	Музикін М. І.				КРБ	275	3	ПЗ
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				72

Загальні витрати на перевезення включають постійні та змінні витрати, а також додаткові витрати, пов'язані зі специфікою міжнародних перевезень.

Класифікація витрат:

1. Змінні витрати — залежать від пробігу та обсягу перевезень
2. Постійні витрати — не залежать від інтенсивності використання ТЗ
3. Додаткові витрати — специфічні для міжнародних перевезень

Розрахунок змінних витрат

Таблиця 4.5 — Розрахунок змінних витрат на перевезення

№	Стаття витрат	Нормати в	Одиниця виміру	Розрахунок	Сума, грн
1.1	Витрати на автомобільне паливо	29,5	л/100км	$(1112,5 \times 29,5 \times 58) / 100$	19,036
1.2	Масильні матеріали	15%	від витрат палива	$19,036 \times 0,15$	2,855
1.3	Технічне обслуговування	8,5	грн/км	$1112,5 \times 8,5 / 1000$	9,456
1.4	Поточний ремонт	12,0	грн/км	$1112,5 \times 12,0 / 1000$	13,350
1.5	Відновлення шин	3,2	грн/км	$1112,5 \times 3,2 / 1000$	3,560
Разом змінні витрати					48,257

Детальний розрахунок витрат на паливо:

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.							Арк.
	Музикін М. І.							73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

КРБ 275 3 ПЗ

$$V_{\text{пал}} = L_{\text{заг}} \times H_{\text{пал}} \times C_{\text{пал}} / 100 \quad (4.3.1)$$

де:

- $L_{\text{заг}} = 1112,5$ км — загальна відстань маршруту
- $H_{\text{пал}} = 29,5$ л/100км — норма витрати палива для Renault T High 460
- $C_{\text{пал}} = 58$ грн/л — ціна дизельного палива (станом на 2025 рік)

$$V_{\text{пал}} = 1112,5 \times 29,5 \times 58 / 100 = 19,036 \text{ тис. грн}$$

Розрахунок постійних витрат

Таблиця 4.5 — Розрахунок постійних витрат на перевезення

№	Стаття витрат	Розрахунок	Сума, грн
2.1	Заробітна плата водія	29,0 год $\times$ 105 грн/год	3,045
2.2	Соціальні внески (22%)	3,045 $\times$ 0,22	670
2.3	Амортизація транспортного засобу	(4,180,000/10/365) $\times$ 1,21 доби	1,380
2.4	Страховання автомобіля	4,2 грн/км $\times$ 1112,5 км / 1000	4,673
2.5	Загальногосподарські витрати (15%)	(48,257 + 8,768) $\times$ 0,15	8,554
Разом постійні витрати		18,322	

Розрахунок заробітної плати водія:

$$\Phi ЗП = t_{\text{заг}} \times C_{\text{год}} \times K_{\text{д}} \quad (4.5)$$

де:

- $t_{\text{заг}} = 29,0$ год — загальний час роботи
- $C_{\text{год}} = 105$ грн/год — погодинна ставка водія міжнародних перевезень

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.				КРБ 275 3 ПЗ	Арк. 74
	Музикін М. І.					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- $K_d = 1,0$ — коефіцієнт доплат і надбавок

$$\Phi ЗП = 29,0 \times 105 \times 1,0 = 3,045 \text{ тис. грн}$$

Розрахунок амортизації:

$$A_{\text{рейс}} = (C_{\text{авт}} / T_{\text{експл}} / D_{\text{рік}}) \times t_{\text{заг}} / 24 \quad (4.6)$$

де:

- $C_{\text{авт}} = 4,180$ млн грн — вартість автомобіля (95 тис. € × 44 грн/€)
- $T_{\text{експл}} = 10$ років — строк експлуатації
- $D_{\text{рік}} = 365$ днів — кількість днів у році
- $t_{\text{заг}} = 29,0$ год — час рейсу

$$A_{\text{рейс}} = (4,180 / 10 / 365) \times 29,0 / 24 = 1,380 \text{ тис. грн}$$

Розрахунок додаткових витрат

Таблиця 4.6 — Додаткові витрати на міжнародні перевезення

№	Вид витрат	Розрахунок	Сума, грн.
3.1	Митні збори та формальності	Згідно тарифів	2,200
3.2	Дорожні збори (Польща)	140 € × 44 грн/€	6,160
3.3	Страховання вантажу	0,07% × 2,071 млн грн	1,450
3.4	Вантажні операції	Згідно розрахунку розділу 2	3,516
3.5	Супровідна документація	Оформлення документів	800
3.6	Резерв на непередбачені витрати	2% від основних витрат	1,337
Разом додаткові витрати		15,463	

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.				КРБ 275 3 ПЗ	Арк. 75
	Музикін М. І.					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок страхування вантажу:

$$C_{\text{страх}} = V_{\text{вант}} \times H_{\text{страх}} / 100 \quad (4.7)$$

де:

- $V_{\text{вант}} = 20,7 \text{ т} \times 100 \text{ тис. грн/т} = 2,071 \text{ млн грн}$ — вартість вантажу
- $H_{\text{страх}} = 0,07\%$ — норма страхування

$$C_{\text{страх}} = 2,071 \times 0,07 / 100 = 1,450 \text{ тис. грн}$$

Зведення загальних витрат

Таблиця 4.7 — Зведена таблиця витрат на перевезення мінеральних добрив

Група витрат	Сума, тис. грн	Частка, %
Змінні витрати	48,257	58,8
Постійні витрати	18,322	22,3
Додаткові витрати	15,463	18,9
Загальні витрати	82,042	100,0

Розрахунок собівартості перевезення

1. Собівартість перевезення 1 тонни:

$$C_{1\text{т}} = V_{\text{заг}} / Q = 82,042 / 20,7 = 3,964 \text{ тис. грн/т} = 3964 \text{ грн/т} \quad (4.8)$$

2. Собівартість 1 тонно-кілометра:

$$C_{1\text{т-км}} = V_{\text{заг}} / (Q \times L_{\text{заг}}) = 82,042 / (20,7 \times 1112,5) = 3,563 \text{ грн/т-км} \quad (4.9)$$

3. Собівартість 1 кілометра пробігу:

$$C_{1\text{км}} = V_{\text{заг}} / L_{\text{заг}} = 82,042 / 1112,5 = 73,73 \text{ грн/км} \quad (4.10)$$

Формування тарифу на перевезення

Тариф на перевезення включає собівартість та планований прибуток підприємства.

Розрахунок тарифу:

$$T = C \times (1 + P_{\text{рент}} / 100) \quad (4.11)$$

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.							Арк.
	Музикін М. І.							76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

де:

- C — собівартість перевезення
- $P_{\text{рент}} = 25\%$ — норма рентабельності

1. Тариф за 1 тонну: $T_{1\text{т}} = 3,964 \times 1,25 = 4,955$ тис. грн/т = 4 955 грн/т

2. Тариф за 1 тонно-кілометр: $T_{1\text{т-км}} = 3,563 \times 1,25 = 4,454$ грн/т-км

3. Загальна вартість перевезення партії: $V_{\text{заг}} = T_{1\text{т}} \times Q = 4,955 \times 20,7 = 102,569$

тис. грн

Економічна ефективність маршруту

Таблиця 4.12 — Показники економічної ефективності маршруту

Показник	Значення	Одиниця виміру
Собівартість 1 т	3,964	тис. грн
Тариф за 1 т	4,955	тис. грн
Доходи від перевезення	102,569	тис. грн
Повні витрати	82,042	тис. грн
Прибуток	20,527	тис. грн
Рентабельність	25,0	%
Коефіцієнт використання вантажопідйомності	0,828	—

Розрахунок продуктивності за добу:

$$P_{\text{доб}} = (Q \times L_{\text{заг}} \times 24) / t_{\text{заг}} = (20,7 \times 1112,5 \times 24) / 29,0 = 19,058 \text{т} - \text{км} \quad (4.3.9)$$

Порівняння з альтернативними видами транспорту

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.							Арк.
	Музикін М. І.							77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

КРБ 275 3 ПЗ

Таблиця 4.12 — Порівняння вартості перевезення різними видами транспорту

Вид транспорту	Тариф, грн/т	Час доставки, діб	Переваги	Недоліки
Автомобільний	4 955	1,2	Швидкість, гнучкість, доставка "від дверей до дверей"	Висока вартість, залежність від погоди
Залізничний	3 200	5-7	Низька вартість, велика вантажопідйомність	Тривалість, потреба в додатковому транспорті
Комбінований	3 800	3-4	Компроміс між вартістю та швидкістю	Складність організації, додаткові перевантаження

Фактори, що впливають на вартість перевезення

1. Ціна палива (вплив $\pm 20-30\%$):

- При зростанні до 70 грн/л: +4 155 грн
- При зниженні до 45 грн/л: -3 413 грн

2. Курс валют (вплив $\pm 10-15\%$):

- При курсі 50 грн/€: +1 539 грн
- При курсі 38 грн/€: -1 189 грн

3. Завантаженість КПП (вплив $\pm 5-10\%$):

- Додатковий час очікування 2 год: +420 грн

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.				КРБ 275 3 ПЗ	Арк. 78
	Музикін М. І.					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Швидке проходження (-1 год): -210 грн

4. Сезонність попиту (вплив $\pm 15-25\%$):

- Весняний пік: +740-1 240 грн до тарифу
- Зимовий період: -740-1 240 грн до тарифу

Заходи щодо зниження собівартості

1. Оптимізація витрат на паливо:

- Еко-дрівінг: зниження на 5-8% (950-1 520 грн)
- Планування маршруту: зниження на 3-5% (570-950 грн)

2. Підвищення завантаження:

- Зворотний вантаж: зниження собівартості на 30-40%
- Консолідація вантажів: зниження на 10-15%

3. Технічні рішення:

- Телематика та GPS: зниження на 8-12% (1 520-2 280 грн)
- Регулярне ТО: зниження витрат на ремонт на 15-20%

Висновки за розрахунками вартісних показників

1. Собівартість перевезення мінеральних добрив автомобільним транспортом становить 3 964 грн/т, що є конкурентоспроможним показником для міжнародних перевезень на відстань понад 1000 км.

2. Запропонований тариф 4 955 грн/т забезпечує рентабельність 25%, що є достатнім для покриття ризиків міжнародних перевезень та інвестицій у розвиток підприємства.

3. Структура витрат характеризується переважанням змінних витрат (58,8%), що типово для автомобільних перевезень та свідчить про залежність від пробігу та інтенсивності використання транспорту.

4. Найбільшу частку у структурі витрат займають витрати на паливо (23,2% від загальних витрат), що підкреслює важливість оптимізації маршрутів та впровадження енергоефективних технологій.

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.							Арк.
	Музикін М.І.							79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата.				

КРБ 275 3 ПЗ

5. Автомобільний транспорт забезпечує найкоротший час доставки (1,2 доби) порівняно з залізничним (5-7 діб) та комбінованим (3-4 доби) транспортом, що робить його привабливим для клієнтів попри вищу вартість.

6. Потенціал оптимізації собівартості становить 15-25% при впровадженні сучасних технологій управління автопарком та логістичних рішень.

Результати розрахунків підтверджують економічну доцільність та конкурентоспроможність запропонованого маршруту для перевезення мінеральних добрив між Україною та Польщею.

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.				КРБ 275 3 ПЗ	Арк.
	Музикін М. І.					80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі бакалавра розроблено ефективну схему організації міжнародних автомобільних перевезень мінеральних добрив за маршрутом Одеса (Україна) – Краків (Польща) з обґрунтуванням оптимальних технічних і економічних параметрів.

У першому розділі проведено комплексний аналіз сучасного стану ринку перевезень мінеральних добрив у міжнародному сполученні. Встановлено, що світовий експорт мінеральних добрив демонструє стабільне зростання з 179,3 млн тонн у 2022 році до 188,1 млн тонн у 2024 році. Виявлено тенденцію зростання частки автомобільного транспорту в структурі перевезень з 18,3% до 22,7%. Проаналізовано сезонність попиту з піковими періодами навесні (28,3%) та восени (31,1%). Систематизовано наукові доробки в галузі міжнародних автомобільних перевезень, що створило теоретичну основу для подальших досліджень.

У другому розділі розроблено комплексну схему міжнародного маршруту доставки мінеральних добрив. Обґрунтовано вибір комплексних NPK добрив у гранульованому вигляді як найбільш стабільного та зручного для транспортування типу вантажу. Для партії масою 20,7 тонн визначено оптимальне упакування у біг-беги місткістю 1000 кг (21 шт.) загальною вартістю 17 850 грн. На основі техніко-економічного порівняння обрано тягач Renault T High 460 з напівпричепом-самоскидом як найбільш економічно ефективний варіант з експлуатаційними витратами 104,2 грн/км.

У третьому розділі здійснено моделювання роботи міжнародного автомобільного пункту пропуску "Краковець-Корчова" як багатоканальної системи масового обслуговування з обмеженою чергою. При заданих

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.				КРБ 275 3 ПЗ	Арк. 81
	Музикін М. І.					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У четвертому розділі визначено часові параметри маршруту та розраховано економічні показники перевезення. Загальний час доставки складає 29,0 годин, включаючи час руху по маршруту (13,7 год), обов'язкові перерви водія (4,75 год), прикордонні процедури (3,0 год) та вантажні операції (8,8 год). Технічна швидкість руху становить 81,2 км/год, експлуатаційна швидкість – 38,4 км/год. Собівартість перевезення мінеральних добрив становить 3 964 грн/т при загальних витратах на рейс 82,042 тис. грн.

Економічний аналіз показав, що запропонований тариф 4 955 грн/т забезпечує рентабельність 25% та є конкурентоспроможним порівняно з альтернативними видами транспорту. Автомобільний транспорт забезпечує найкоротший час доставки (1,2 доби) у порівнянні з залізничним (5-7 діб) та комбінованим (3-4 доби) транспортом. Структура витрат характеризується переважанням змінних витрат (58,8%), серед яких найбільшу частку займають витрати на паливо (23,2%).

Практична цінність роботи полягає у розробленні конкретних рекомендацій щодо організації ефективних міжнародних автомобільних перевезень мінеральних добрив. Результати дослідження можуть бути використані транспортними компаніями для оптимізації логістичних процесів, зниження експлуатаційних витрат та підвищення конкурентоспроможності на ринку міжнародних перевезень. Визначено потенціал оптимізації собівартості на 15-25% при впровадженні сучасних технологій управління автопарком та логістичних рішень.

Виконав		Бєлов Ю.				КРБ 275 3 ПЗ	82	Арк.
		Музикін М. І.						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Aulin, V. Realization of the Logistic Approach in the International Cargo Delivery System / V. Aulin, O. Lyashuk, O. Pavlenko [et al.] // Communications-Scientific letters of the University of Zilina. 2019. Vol. 21, No. 2. – P. 3–12.

2. Bielashov, Ye. The role of land transport in the stability of international cargo transportation in the conditions of the war with the Russian Federation [Електронний ресурс] / Ye. Bielashov // National institute for strategic studies. 2023.
Режим доступу:

URL:<http://surl.li/hlhrv> (дата звернення: 26.04.2025).

3. Гнедіна, К. В. Ринок вантажних перевезень в Україні: аналіз сучасного стану, виклики воєнного часу та перспективи розвитку / К. В. Гнедіна, П. В. Нагорний // Підприємництво і торгівля. 2023. № 38. С. 19–28.
URL:<https://doi.org/10.32782/2522-1256-2023-38-03>.

4. Дмитрів, Д. Аналіз ринку міжнародних вантажних автоперевезень в Україні в умовах воєнного стану / Д. Дмитрів, О. Дмитрів, О. Репак // Соціально-економічні проблеми і держава. 2023. Вип. 2 (29). С. 48–60.

5. Закон України про автомобільний транспорт: Закон України від 05.04.2001 р. № 2344-III // Відомості Верховної Ради України. 2001. № 22. Ст. 105.

6. Закон України про ліцензування визначених видів господарської діяльності: Закон України від 01.06.2000 р. № 1775-III // Відомості Верховної Ради України. 2000. № 36. Ст. 299.

7. Закон України про обов'язкове страхування цивільно-правової відповідальності власників наземних транспортних засобів: Закон України від

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.							Арх.
	Музикін М. І.							83
Змн.	Арх.	№ докум.	Підпис	Дата				

КРБ 275 3 ПЗ

01.07.2004 р. № 1961-IV // Відомості Верховної Ради України. 2004. № 33. Ст. 404.

8. Закон України про охорону праці: Закон України від 14.10.1992 р. № 2694-XII // Відомості Верховної Ради України. 1992. № 49. Ст. 668.

9. Закон України про приєднання України до Європейської угоди щодо роботи екіпажів транспортних засобів, які виконують міжнародні автомобільні перевезення: Закон України від 07.09.2005 р. № 2819-IV // Відомості Верховної Ради України. 2006. № 4. Ст. 67.

10. Закон України про страхування: Закон України від 07.03.1996 р. № 85/96-ВР // Відомості Верховної Ради України. 1996. № 18. Ст. 78.

11. Зінь, Е. А. Регіональна економіка: підручник / Е. А. Зінь. Київ: Професіонал, 2007. 528 с.

12. Зінь, Е. А. Теорія управління соціально-економічними процесами: навч. посіб. / Е. А. Зінь. Рівне: УДУВГП, 1996. 53 с.

13. Костюченко, Л. Перевезення вантажів за системою МДП: практ. посіб. / Л. Костюченко. Київ: МДФ «Укр. хата», 2004. 154 с.

14. Лучникова, Т. Міжнародні вантажні перевезення територією України в умовах війни / Т. Лучникова // Товари і ринки. 2022. № 3. С. 37–46.

15. Luchnykova, T. International freight transportation on the territory of Ukraine in wartime conditions / T. Luchnykova // Commodities and markets. 2022. No. 3. P. 37–46.

16. Методичні рекомендації щодо застосування підсумованого обліку робочого часу: затв. наказом Мінпраці та соціальної політики України від 19.04.2006 р. № 138.

17. Мірошниченко, Л. Автомобільні перевезення: організація та облік / Л. Мірошниченко, Г. Саприкін, О. Михайленко. 5-те вид. Харків: Фактор, 2006. 536 с.

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.							Арк.
	Музикін М. І.							84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

18. Митна конвенція про міжнародні дорожні перевезення вантажів із застосуванням книжки МДП від 14.11.1975 р. Ратифіковано Указом Президії Верховної Ради УРСР від 26.05.1982 р. № 2209-Х.

19. Норми витрат на ТО і ПР по базових марках автомобілів: затв. Мінтрансом України 14.10.1995 р.

20. Норми витрат палива і мастильних матеріалів на автомобільному транспорті: затв. наказом Мінтрансу України від 10.02.1998 р. № 43.

21. Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту: затв. наказом Мінтрансу України від 30.03.1998 р. № 102.

22. Порядок реалізації положень Митної конвенції про міжнародне перевезення вантажів із застосуванням книжки МДП: затв. наказом ДФС України № 172.

23. Про затвердження Інструкції щодо порядку виготовлення, зберігання, застосування єдиної первинної транспортної документації: наказ Мінстату України від 07.08.1996 р. № 228/253.

24. Про затвердження порядку і правил проведення обов'язкового страхування відповідальності суб'єктів перевезення небезпечних вантажів: постанова КМУ від 01.06.2002 р. № 733 // Офіційний вісник України. 2002. № 23. Ст. 1090.

25. Ринок вантажних перевезень Pro-Consulting [Електронний ресурс]. Режим доступу:

URL:<https://pro-consulting.ua/ua/pressroom/rynokgruzovyh-perevozok-pro-consulting-vystupila-s-dokladom-na-logistic-innovation-forum-2024> (дата звернення: 18.05.2025).

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.							Арк.
	Музикін М. І.							85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата				

26. Угода між Міністерством транспорту України і профспілками працівників автомобільного транспорту по галузі автомобільного транспорту на 2008 рік.

27. Вовк, Ю. Я. Безпека транспорту в контексті глобальних цілей сталого розвитку 2030: Україна / Ю. Я. Вовк, О. П. Цьонь, І. П. Вовк [та ін.] // Транспортна безпека: правові та організаційні аспекти. Матеріали XIV Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Кривий Ріг, 12 листоп. 2019 р.). Кривий Ріг, 2019. С. 68–71.

28. Vovk, Y. Resource-efficient intelligent transportation systems as a basis for sustainable development / Y. Vovk // Journal of Sustainable Development of Transport and Logistics. 2016. Vol. 1, No. 1. P. 6–10.

29. Діяльність підприємств наземного транспорту [Електронний ресурс] / Державна служба статистики України. Режим доступу: URL:<https://stat.gov.ua/uk/datasets/diyalnist-pidpryyemstv-nazemnoho-transportu> (дата звернення: 21.05.2025).

30. Банк даних [Електронний ресурс] / Державна служба статистики України. Режим доступу: URL:[https://stat.gov.ua/uk/explorer?urn=SSSU:DF_GROUND_TRANSPORT_2\(25.0.0\)&filter=VOL_FRGT_TRF_TONS_INTERN...](https://stat.gov.ua/uk/explorer?urn=SSSU:DF_GROUND_TRANSPORT_2(25.0.0)&filter=VOL_FRGT_TRF_TONS_INTERN...) (дата звернення: 21.05.2025).

Виконав	БЕЛОВ І.Ю.							Арк.
	Музикін М. І.							86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

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

ГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ

ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА

на тему:

**«ОРГАНІЗАЦІЯ МІЖНАРОДНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ
ПЕРЕВЕЗЕНЬ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ»**

**Студента групи Т21-2
БЄЛОВА ІЛЛІ ЮРІЙОВИЧА**

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

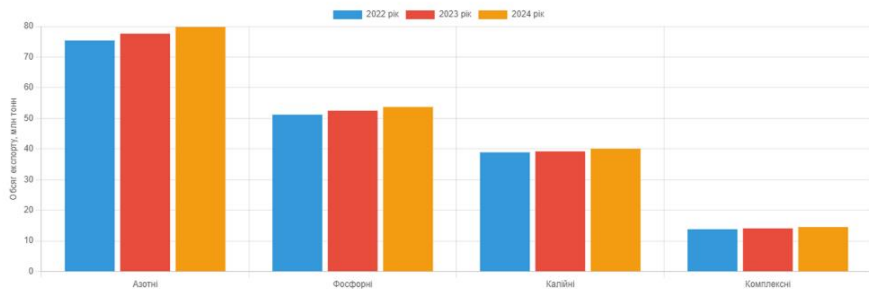
Керівник кваліфікаційної роботи
бакалавра:
доцент кафедри транспортних
технологій та міжнародної
логістики,
кандидат технічних наук, доцент
Музикін Михайло Ігорович

(підпис)

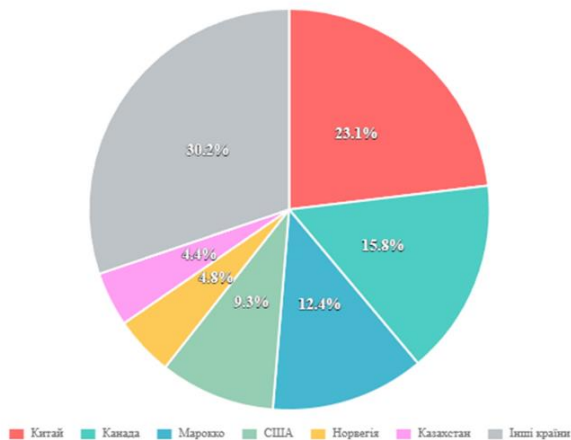
Дніпро
2025

АНАЛІЗ СТАТИСТИЧНИХ ДАНИХ ПО МІЖНАРОДНИМ ВАНТАЖНИМ ПЕРЕВЕЗЕННЯМ

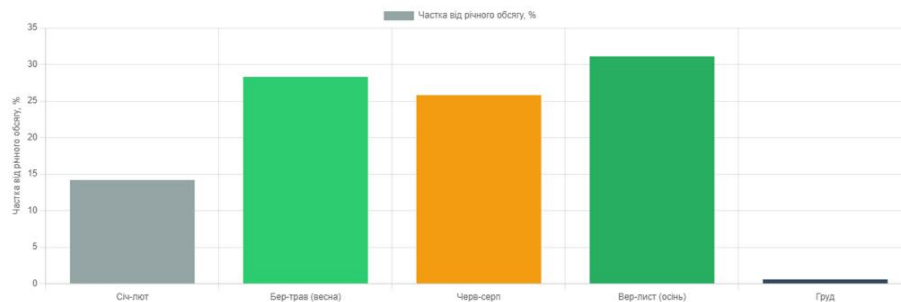
Динаміка світового експорту мінеральних добрив за видами (2022-2024 рр.)



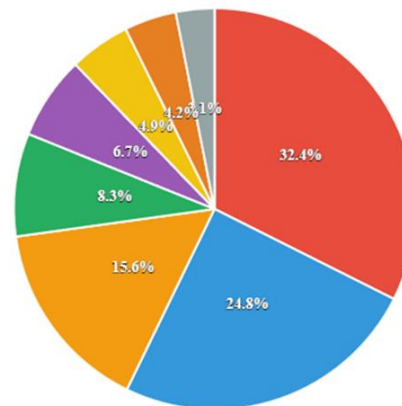
Географічна структура світового експорту мінеральних добрив у 2024 році



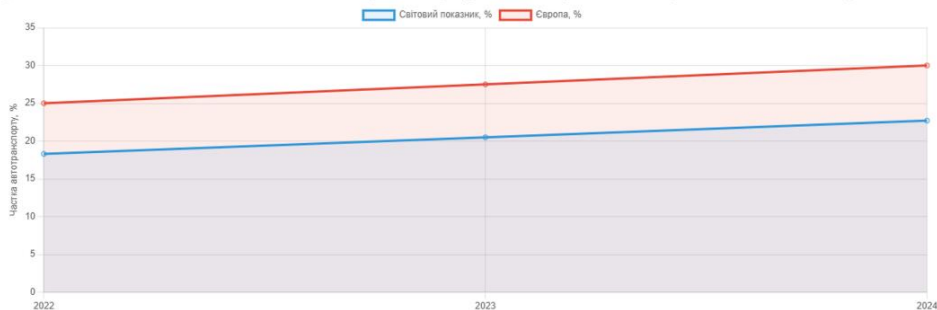
Сезонність перевезень мінеральних добрив (середнє за 2022-2024 рр.)



Структура витрат на міжнародні автомобільні перевезення мінеральних добрив



Зростання частки автомобільного транспорту в міжнародних перевезеннях мінеральних добрив



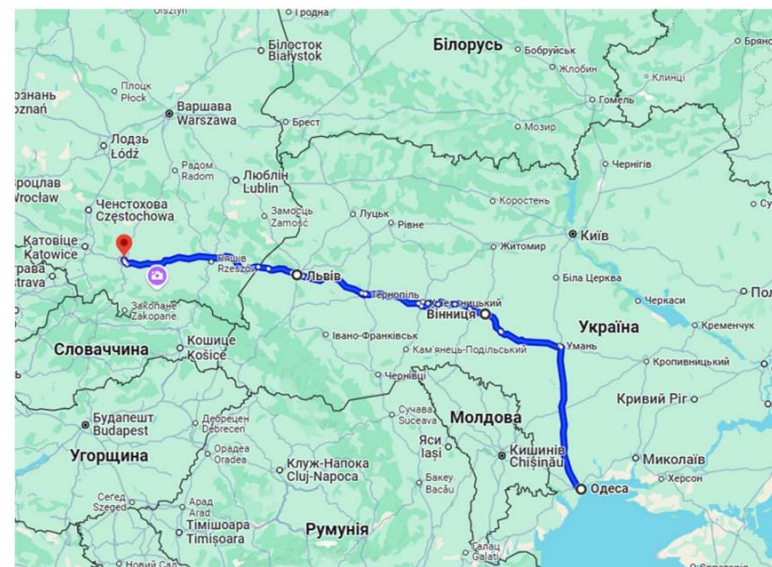
КРБ 275 3 ПЗ			
Арх.	Недоум.	Год.	Місяць
Вироб.	Безпека		1.250
Тран.	Міжн.		
Г. центр			Арх.
Регіон	Шляховик		Арх.
Н. центр	Міжн.		
Ул.			
УМФ, пр. Т21-2			

РОЗРОБКА СХЕМИ МІЖНАРОДНОГО МАРШРУТУ НЕРЕГУЛЯРНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖУ

Технічні характеристики транспортних засобів для міжнародних перевезень

Показник	Renault T High 460	Mercedes-Benz Actros 1845	Volvo FH 460
Потужність двигуна, к.с.	460	450	460
Об'єм двигуна, л	10,8	12,8	12,8
Витрата палива, л/100км	29,5	30,2	28,8
Допустима повна маса, т	40	40	40
Вантажопідйомність, т	25	25,5	25,2
Колісна формула	4×2	4×2	4×2
Коробка передач	Optidriver	PowerShift	I-Shift
Об'єм паливного бака, л	680	730	700
Екологічний стандарт	Euro 6	Euro 6	Euro 6
Вартість нового ТЗ, тис. євро	95	110	105

Карто-схема короткого маршруту за напрямком Одеса-Краків



Креслення тягача Renault T High 460, задіяного для перевезення

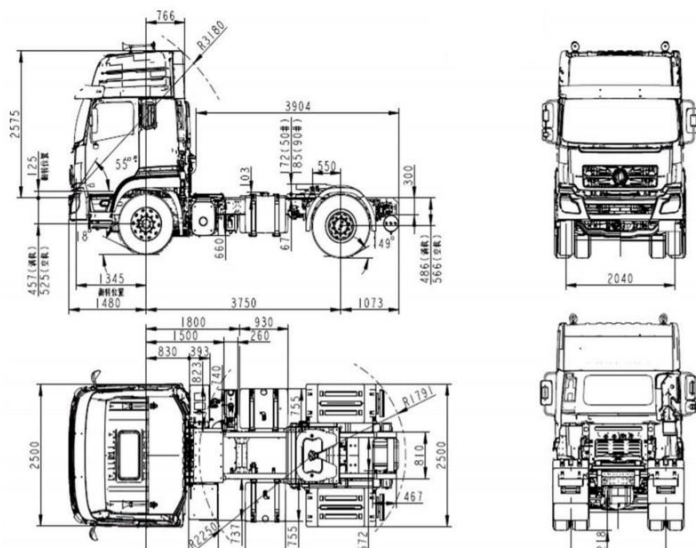
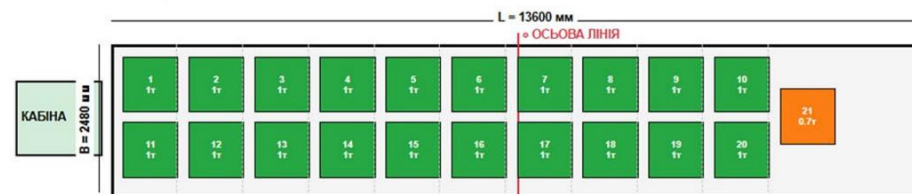


Схема укладання біг-бегів з мінеральними добривами на напівпричепі



УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

- Біг-бег 1000 кг
- Біг-бег 700 кг
- Кабіна тягача
- Вантажна платформа

КРБ 275 3 ПЗ			
Арх.	Н.докум.	Лист	Масштаб
Вироб.	Белге		1:250
Дир.	Мілан		
І.інж.	Шиповалов		
Рейс.	Мілан		
Н.інж.	Мілан		
Упр.	Мілан		

Організація міжнародних автомобільних перевезень мінеральних добрив

УМОР, пр. Т21-2

МОДЕЛЮВАННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПРИРОДНОГО ПУНКТУ ПРОСПУСКУ ЯК СИСТЕМИ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

№ п/п	Рівномірно розподілене випадкове число R_i	Інтервал між прибуттям	Час прибуття	Регульований	Нормальні відхилення, г	Тривалість навантаження	Тривалість очікування завантаження автомобіля в секції, хв.		Кінець обслуговування
							1	2	
1	2	3	4	7	8	9	12	15	18
1 випробування									
1		0:00:00	1		1,61	0:31:04	00:00:00		00:31:04
2	0,38	0:25:14	0:25:14	2	1,30	0:29:30		00:00:00	00:54:45
3	0,1	1:00:04	1:25:19	1	-1,47	0:15:38	#####		00:46:42
4	0,6	0:13:20	1:38:38	2	-0,77	0:19:08		#####	01:13:53
5	0,9	0:02:45	1:41:23	1	-1,89	0:13:32	#####		01:00:14
6	0,88	0:03:20	1:44:43	1	0,51	0:25:33	#####		01:25:47
7	0,96	0:01:04	1:45:47	2	-0,49	0:20:32		#####	01:34:25
8	0,01	2:00:08	3:45:55	2	-0,15	0:22:16		00:00:00	04:08:12
9	0,4	0:23:54	4:09:49	1	-0,99	0:18:02	00:00:00		04:27:51
10	0,86	0:03:56	4:13:45	2	-1,91	0:13:26		#####	04:21:38
11	0,14	0:51:17	5:05:03	1	0,76	0:26:49	00:00:00		05:31:51
12	0,25	0:36:10	5:41:13	2	0,59	0:25:57		00:00:00	06:07:09
13	0,05	1:18:09	6:59:22	1	-1,50	0:15:29	00:00:00		07:14:51
14	0,03	1:31:29	8:30:50	2	0,59	0:25:57		00:00:00	08:56:47
15	0,16	0:47:48	9:18:38	1	0,01	0:23:04	00:00:00		09:41:43
16	0,22	0:39:30	9:58:08	2	1,70	0:31:30		00:00:00	10:29:38
17	0,02	1:42:03	11:40:12	1	0,12	0:23:36	00:00:00		12:03:48
18	0,29	0:32:18	12:12:29	2	-0,21	0:21:56		00:00:00	12:34:25
19	0,34	0:28:09	12:40:38	1	1,83	0:32:08	00:00:00		13:12:46
20	0,55	0:15:36	12:56:13	2	-1,34	0:16:18		#####	12:50:42
21	0,36	0:26:39	13:22:53	2	-0,87	0:18:40		#####	13:09:22
22	0,37	0:25:56	13:48:49	2	0,13	0:23:38		#####	13:33:00
23	0,36	0:26:39	14:15:28	1	0,58	0:25:54	#####		13:38:40
24	0,91	0:02:28	14:17:55	2	-0,59	0:20:03		#####	13:53:03
25	0,47	0:19:42	14:37:37	1	0,12	0:23:36	#####		14:02:16
26	0,43	0:22:01	14:59:38	2	1,97	0:32:51		#####	14:25:54
27	0,3	0:31:24	15:31:03	1	-0,71	0:19:27	#####		14:21:42
28	0,98	0:00:32	15:31:34	1	0,06	0:23:19	#####		14:45:01
29	0,81	0:05:30	15:37:04	2	0,81	0:27:03		#####	14:52:57
30	0,99	0:00:16	15:37:20	1	-1,52	0:15:23	#####		15:00:24
31	0,26	0:35:08	16:12:28	1	-0,88	0:18:36	#####		15:19:00
32	0,95	0:01:20	16:13:49	2	-2,71	0:00:00		#####	14:52:57
33	0,05	1:18:09	17:31:58	2	-0,19	0:22:04		#####	15:15:02
34	0,71	0:08:56	17:40:54	1	0,68	0:26:25	#####		15:45:25
35	0,82	0:05:11	17:46:04	2	1,41	0:30:04		#####	15:45:06
36	0,97	0:00:48	17:46:52	1	0,45	0:25:16	#####		16:10:41
37	0,47	0:19:42	18:06:34	2	-1,86	0:13:43		#####	15:58:49
38	0,3	0:31:24	18:37:58	2	-0,21	0:21:56		#####	16:20:45
39	0,75	0:07:30	18:45:29	1	-0,05	0:22:46	#####		16:33:27
40	0,35	0:27:23	19:12:52	2	-0,29	0:21:33		#####	16:42:19
41	0,78	0:06:29	19:19:21	1	0,25	0:24:16	#####		16:57:43
42	0,07	1:09:22	20:28:43	2	1,93	0:32:38		#####	17:14:56
43	0,2	0:41:59	21:10:42	1	1,37	0:29:52	#####		17:27:35
44	0,06	1:13:24	22:24:06	2	-1,33	0:16:21		#####	17:31:17
45	0,36	0:26:39	22:50:45	1	-0,01	0:22:58	#####		17:50:34
46	0,49	0:18:37	23:09:21	2	-1,09	0:17:34		#####	17:48:51
47	0,51	0:17:34	23:26:55	2	-1,08	0:17:35		#####	18:06:26
48	0,37	0:25:56	23:52:51	1	-0,36	0:21:11	#####		18:11:45
49	0,99	0:00:16	23:53:07	2	0,18	0:23:55		#####	18:30:20
50	0,04	1:23:58	1:17:05	1	-0,76	0:19:12	#####		18:30:56

1. Достатня пропускна здатність: Коефіцієнт завантаження системи $\rho = 0,284$ свідчить про те, що КПГ працює з великим запасом пропускної здатності.

Система здатна обробити значно більший потік заявок.

2. Мінімальні черги: Середня довжина черги 0,15 автомобіля та час очікування 3,1 хвилини вказують на відсутність проблем із затримками в нормальних умовах роботи.

3. Низьке використання ресурсів: В середньому зайнято лише 1,13 з 4 доступних каналів (28%), що вказує на можливість оптимізації використання ресурсів.

4. Відсутність відмов: Ймовірність відмови практично дорівнює нулю, що означає високу надійність обслуговування.

Для врахування сезонних коливань розглянемо роботу КПГ у весняний пік, коли інтенсивність трафіку зростає на 40%:

$$\lambda_{\text{пik}} = 2,96 \times 1,4 = 4,14 \text{ авто/год}$$

Перерахунок основних характеристик:

1. Коефіцієнт завантаження: $\rho_{\text{пik}} = 4,14/10,44 = 0,396$

2. Коефіцієнт завантаження одного каналу: $\rho_{\text{пik}} = 4,14/2,61 = 1,586$

3. Середня кількість зайнятих каналів: $K_{\text{пik}} = 1,586$ каналів

4. Середній час очікування: $W_{\text{черг_пik}} \approx 5,2$ хв

5. Середній час в системі: $W_{\text{сист_пik}} \approx 28,2$ хв

КРБ 275 3 ПЗ	
Арх. № докум. 1	Місця 1
Вироб. Бєла	Місця 1
Грав. Малан	Місця 1
Г. юпр. Шоломан	Місця 1
Рейс. Малан	Місця 1
Н. юпр. Малан	Місця 1
Упр. Малан	Місця 1
Організація міжнародних автомобільних перевезень/натуральних добрив	
Арх. 1	Арх. 4
УМФ, пр. Т21-2	

РОЗРАХУНОК ЧАСОВИХ ТА ВАРТІСНИХ ПАРАМЕТРІВ ДЛЯ ЗАПРОПОНОВАНОГО МАРШРУТУ МІЖНАРОДНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

Характеристика ділянок маршруту та розрахунок часу руху

Ділянка маршруту	Відстань, км	Тип дороги	Середня швидкість, км/год	Час руху, год
Одеса — Вінниця	425	М-05 (європейська)	85	5,0
Вінниця — Львів	363	М-12 (міжнародна)	75	4,8
Львів — КПП Краковець	71,5	М-11 (європейська)	65	1,1
КПП Корчова — Краків	253	А4 (автобан)	90	2,8
Разом	1112,5	—	79,2	13,7

Графік руху автомобіля на маршруті Одеса — Краків

Час	Подія/Місцезнаходження	Операція	Тривалість, год	Накопичувальний, год
04:00-06:00	Одеса, склад	Завантаження вантажу	2,0	2,0
06:00	Одеса	Відправлення	—	2,0
06:00-11:00	Одеса — Вінниця	Рух по маршруту	5,0	7,0
11:00-12:00	Вінниця	Відпочинок, дозаправка	1,0	8,0
12:00-16:48	Вінниця — Львів	Рух по маршруту	4,8	12,8
16:48-18:18	Львів	Відпочинок, підготовка документів	1,5	14,3
18:18-19:24	Львів — КПП Краковець	Рух до кордону	1,1	15,4
19:24-22:24	КПП Краковець-Корчова	Прикордонний контроль	3,0	18,4
22:24-01:12+1	КПП Корчова — Краків	Рух по території Польщі	2,8	21,2
01:12+1-04:12+1	Краків, склад	Розвантаження	3,0	24,2
04:12+1	Краків	Завершення доставки	—	24,2

Розрахунок обов'язкових перерв водія

Вид перерви	Тривалість, год	Періодичність	Кількість, разів	Загальний час, год
Короткі перерви (45 хв)	0,75	Кожні 4,5 год	3	2,25
Відпочинок у Вінниці	1,0	Проміжний пункт	1	1,0
Відпочинок у Львові	1,5	Перед кордоном	1	1,5
Разом	—	—	5	4,75

Зведені часові параметри маршруту Одеса — Краків

Вид часових витрат	Час, год	Частка, %	Примітка
Час руху	13,7	47,3	Без зупинок
Обов'язкові перерви водія	4,75	16,4	Згідно АЕТР
Час на прикордонному переході	3,0	10,4	UA + PL митниця
Час вантажних операцій	8,8	30,4	Завантаження + розвантаження
Резерв часу	1,0	3,5	Непередбачені затримки
Загальний час доставки	29,0	100,0	Округлено

Розрахунки по ділянках:

1. Одеса — Вінниця: $t_1 = 425 / 85 = 5,0$ год

2. Вінниця — Львів: $t_2 = 363 / 75 = 4,8$ год

3. Львів — КПП: $t_3 = 71,5 / 65 = 1,1$ год

4. КПП — Краків: $t_4 = 253 / 90 = 2,8$ год

Загальний час руху: $t_{руху_заг} = 5,0 + 4,8 + 1,1 + 2,8 = 13,7$ год

Зведена таблиця витрат на перевезення мінеральних добрив

Група витрат	Сума, тис. грн	Частка, %
Змінні витрати	48,257	58,8
Постійні витрати	18,322	22,3
Додаткові витрати	15,463	18,9
Загальні витрати	82,042	100,0

Показники економічної ефективності

Показник	Значення	Одиниця виміру
Собівартість 1 т	3,964	тис. грн
Тариф за 1 т	4,955	тис. грн
Доходи від перевезення	102,569	тис. грн
Повні витрати	82,042	тис. грн
Прибуток	20,527	тис. грн
Рентабельність	25,0	%
Коефіцієнт використання вантажопідйомності	0,828	—

КРБ 275 3 ПЗ			
Док. Вироб. Грив. / ч. опр. Рядова Н. центр. Укр.	Міжпром. Ренте. Мулен	Міжпром. Шагове Мюлен	Міжпром. 1.250
Організація міжнародних автомобільних перевезень мінеральних добрив		Док. 4	Док. 4
		УМД, р. 721-2	