

Вінницький національний технічний університет  
Факультет машинобудування та транспорту  
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

## МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Покращення ефективності використання вантажних автомобілів на базі фермерського господарства «Нива» село Ракова Томашпільського району Вінницької області»

Виконав: студент 2-го курсу, групи 2ТТ-22м  
спеціальності 275 – Транспортні технології  
(за видами), спеціалізація 275.03 –  
Транспортні технології (на автомобільному  
транспорті)

Ширмівський О.Ю.

Керівник: к.т.н., ст. викладач каф. АТМ

Борисюк Д.В.

« 5 » грудня 2023 р.

Опонент: к.т.н., доц каф АТМ

Буряков С.І.

« 8 » грудня 2023 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри АТМ

к.т.н., доц. Цимбал С.В.

« 8 » грудня 2023 р.

Вінниця ВНТУ – 2023 рік

2023/12/20 15:15

Вінницький національний технічний університет  
Факультет машинобудування та транспорту  
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

Рівень вищої освіти II-й (магістерський)  
Галузь знань – 27 – Транспорт  
Спеціальність 275 – Транспортні технології (за видами)  
Спеціалізація 275.03 – Транспортні технології (на автомобільному транспорті)  
Освітньо-професійна програма – Транспортні технології на автомобільному транспорті

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
завідувач кафедри АТМ  
к.т.н., доцент Цимбал С.В.

« 19 » грудня 2023 року

**ЗАВДАННЯ**  
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Ширмівському Олексію Юрійовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Покращення ефективності використання вантажних автомобілів на базі фермерського господарства «Нива» село Ракова Томашпільського району Вінницької області,  
керівник роботи Борисюк Дмитро Вікторович, к.т.н.,  
затверджені наказом ВНТУ від «18» вересня 2023 року № 247.
2. Строк подання студентом роботи: 04.12.2023 р.
3. Вихідні дані до роботи: Вимоги до конструкції та експлуатації автотранспортних засобів (діючі міжнародні, державні, галузеві стандарти та технічні умови заводів-виробників автомобільної техніки); законодавство України в галузі безпеки руху, охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях; структура автопарку України; район експлуатації автомобілів – Україна; досліджувані моделі АТЗ – автомобілі фермерського господарства «Нива»; об'єкт дослідження – система взаємодії «автомобіль-дорога», що обмежує максимальне використання закладених у конструкцію самоскидних автопоїздів технічних характеристик.; похибка прогнозування досліджуваних показників не більше – 10%.
4. Зміст текстової частини:
  1. Загальна характеристика фермерського господарства "Нива".
  2. Актуальність оптимізації системи показників використання вантажних АТЗ.
  3. Розробка методики багатокритеріальної оцінки показників використання вантажних АТЗ.
  4. Дослідження моделі оцінки показників використання вантажних АТЗ при перевезеннях навалочних вантажів.
  5. Апробація методики багатокритеріальної оцінки показників використання АТЗ при перевезеннях навалочних вантажів.
  6. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
  - 1-2. Тема, мета та завдання дослідження.
  3. Загальна характеристика фермерського господарства "Нива".
  4. Аналіз моделі розрахунку навантажень на вісь вантажних АТЗ при перевезенні вантажів.
  5. Нормативні та фактичні значення навантажень на осі 5- та 7-вісного автопоїзда.
  6. Декомпозиція досліджуваної моделі систематизованої оцінки показників використання вантажних АТЗ.
  7. Оцінка критерію продуктивності роботи вантажних АТЗ.
  8. Структура собівартості перевезень на автомобільному транспорті.
  9. Постановка задачі оптимізації в системі перевезень вантажів вантажними АТЗ у системі «автомобіль-дорога».
  10. Вихідні дані для проведення дослідження.
  11. Алгоритм методики визначення показників роботи рухомого складу за кількома критеріями ефективності.
  12. Графіки зміни питомих економічних показників залежно від зміни КВВ.
  - 13-14. Висновок.

#### 6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ/підрозділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розв'язання основної задачі	Борисюк Д.В., ст. викладач кафедри АТМ	19.09.23р <i>[підпис]</i>	05.12.23р <i>[підпис]</i>
Визначення ефективності запропонованих рішень	Макарова Т.В., доцент кафедри АТМ	20.09.23р <i>[підпис]</i>	20.12.23р <i>[підпис]</i>
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	Березюк О.В., професор кафедри БЖДПБ	<i>[підпис]</i>	<i>[підпис]</i>

7. Дата видачі завдання « 19 » вересня 2023 р.

#### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вивчення об'єкту та предмету дослідження	19.09-02.10.2023	<i>вик. ДВ</i>
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	19.09-02.10.2023	<i>вик. ДВ</i>
3	Обґрунтування методів досліджень	19.09-02.10.2023	<i>вик. ДВ</i>
4	Розв'язання поставлених задач	03.10-20.11.2023	<i>вик. ДВ</i>
5	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	21.11-29.11.2023	<i>вик. ДВ</i>
6	Виконання розділу/підрозділу «Визначення ефективності запропонованих рішень»	07.11-27.11.2023	<i>вик. ДВ</i>
7	Виконання розділу «Економічна частина»	07.11-27.11.2023	<i>вик. ДВ</i>
8	Нормоконтроль МКР	30.11-04.12.2023	<i>вик. ДВ</i>
9	Попередній захист МКР	05.12-07.12.2023	<i>вик. ДВ</i>
10	Рецензування МКР	08.12-11.12.2023	<i>вик. ДВ</i>
11	Захист МКР	12.12-22.12.2023	<i>вик. ДВ</i>

Студент

*[підпис]*  
(підпис)

Ширмівський О.Ю.

Керівник роботи

*[підпис]*  
(підпис)

Борисюк Д.В.

## АНОТАЦІЯ

УДК 622.6

Ширмівський О.Ю. Покращення ефективності використання вантажних автомобілів на базі фермерського господарства «Нива» село Ракова Томашпільського району Вінницької області. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 275 – Транспортні технології (за видами), спеціалізація 275.03 – Транспортні технології (на автомобільному транспорті), освітня програма – Транспортні технології на автомобільному транспорті. Вінниця: ВНТУ, 2023. 121 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 43 назви; рис.: 31; табл. 18.

У розділі 1 представлено загальну характеристику фермерського господарства «Нива». У розділі 2 визначено основні положення методики багатокритеріальної оцінки показників використання вантажних автомобілів під час перевезення навалочних сільськогосподарських вантажів. У розділі 3 сформовано структуру методики визначення показників за окремими критеріями ефективності в моделі систематизованої оцінки показників використання вантажних автомобілів. У розділі 4 зроблено аналіз та обробку статистичних даних. Сформовано матрицю ефективних рішень при різних варіантах значень коефіцієнта використання вантажопідйомності залежно від стану середовища експлуатації у системі «автомобіль-середовище». У розділі 5 розроблено алгоритм узагальненої методики визначення показників роботи рухомого складу з урахуванням кількох критеріїв ефективності при перевезеннях навантажувальних вантажів вантажними автомобілями в умовах обмежень під час експлуатації доріг. В розділі охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях розроблено технічні рішення щодо техніки безпеки, виробничої санітарії та пожежної безпеки.

Графічна частина складається з 15 слайдів.

Ключові слова: коефіцієнт використання вантажопідйомності, автомобіль, критерій ефективності, матриця ефективних рішень, алгоритм.

## ABSTRACT

UDC 622.6

Shyrmivskyi O.Yu. Improving the efficiency of the use of trucks on the basis of the "Niva" farm, the village of Rakova, Tomashpil district, Vinnytsia region. Master's qualification thesis on specialty 275 - Transport technologies (by types), specialization 275.03 - Transport technologies (on road transport), educational program - Transport technologies on road transport. Vinnytsia: VNTU, 2023. 21 p.

In Ukrainian speech Bibliography: 43 titles; Fig.: 31; table 18.

Chapter 1 presents the general characteristics of the "Niva" farm. Chapter 2 defines the main provisions of the methodology of multi-criteria evaluation of indicators of the use of trucks during the transportation of bulk agricultural cargo. In chapter 3, the structure of the methodology for determining indicators according to individual efficiency criteria in the model of systematic evaluation of indicators of the use of trucks is formed. Chapter 4 analyzes and processes statistical data. A matrix of effective solutions was formed for different variants of the values of the load capacity utilization factor depending on the state of the operating environment in the "car-environment" system. In Chapter 5, an algorithm of a generalized methodology for determining the performance indicators of the rolling stock is developed, taking into account several efficiency criteria for the transportation of loading goods by trucks under the conditions of restrictions during road operation. The occupational health and safety section in emergency situations has developed technical solutions for safety, industrial sanitation and fire safety.

The graphic part consists of 15 slides.

Keywords: capacity utilization factor, car, efficiency criterion, matrix of effective solutions, algorithm.

## Зміст

Вступ	9
<b>Розділ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА "НИВА"</b>	14
1.1. Діяльність і розташування фермерського господарства "Нива"	14
1.2. Склад машино-тракторного парку господарства	
<b>Розділ 2. АКТУАЛЬНІСТЬ ОПТИМІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ПОКАЗНИКІВ ВИКОРИСТАННЯ ВАНТАЖНИХ АТЗ</b>	17
2.1. Коефіцієнт використання вантажопідйомності автомобіля, як показник взаємодії автомобіля та середовища експлуатації в системі «автомобіль-дорога»	17
2.2. Аналіз моделі розрахунку навантажень на вісь вантажних АТЗ при перевезенні навантажувальних вантажів	21
2.3. Використання автомобільного транспорту у сільському господарстві	24
<b>Розділ 3. РОЗРОБКА МЕТОДИКИ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОЦІНКИ ПОКАЗНИКІВ ВИКОРИСТАННЯ ВАНТАЖНИХ АТЗ</b>	29
3.1. Розробка багатокритеріальної системи оцінки показників використання вантажних АТЗ	29
3.2. Розробка окремих критеріїв використання великовантажних АТЗ у системі «автомобіль-дорога»	31
3.2.1. Оцінка критерію продуктивності роботи вантажних АТЗ	31
3.2.2. Оцінка критерію собівартості моделі в структурі показників використання вантажних АТЗ	32
3.2.3. Оцінка критерію шкоди, що завдається вантажним АТЗ дорожньому покриттю	39

3.3. Стратегія визначення оптимального стану досліджуваної системи «автомобіль-дорога»	46
3.3.1. Вибір методу вирішення багатокритеріального завдання	46
3.3.2. Модель визначення безлічі ефективних планів у системі «автомобіль-дорога»	49
3.3.3. Постановка задачі оптимізації в системі перевезень вантажів вантажними АТЗ у системі «автомобіль-дорога»	51
Розділ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛІ ОЦІНКИ ПОКАЗНИКІВ ВИКОРИСТАННЯ ВАНТАЖНИХ АТЗ	56
4.1. Вихідні дані для проведення дослідження	56
4.2. Визначення статистичного значення коефіцієнта використання вантажопідйомності	58
4.3. Формування матриці вибору стратегії при організації різання навалочних вантажів у системі «автомобіль-дорога»	61
Розділ 5. АПРОБАЦІЯ МЕТОДИКИ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОЦІНКИ ПОКАЗНИКІВ ВИКОРИСТАННЯ АТЗ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ НАВАЛОЧНИХ ВАНТАЖІВ	73
5.1. Алгоритм вирішення завдання оптимізації стратегії експлуатації вантажних АТЗ із застосуванням методу районування	73
5.2. Рекомендації щодо застосування методики багатокритеріальної оцінки коефіцієнта використання вантажопідйомності вантажних самоскидних автопоїздів	78
5.3. Економічна ефективність застосування методики багатокритеріальної оцінки показників використання вантажопідйомності при перевезеннях навалочних вантажів	81

Розділ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	85
6.1. Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	86
6.1.1. Мікроклімат та склад повітря робочої зони	86
6.1.2. Виробниче освітлення	87
6.1.3. Виробничі віброакустичні коливання	88
6.1.4. Виробничі випромінювання	89
6.2. Технічні рішення з безпеки під час проведення покращення ефективності використання вантажних автомобілів на базі фермерського господарства «Нива»	90
6.2.1. Безпека щодо організації робочих місць	90
6.2.2. Електробезпека	91
6.3. Безпека в надзвичайних ситуаціях	91
ВИСНОВОК	94
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	96
СПИСОК СКОРОЧЕНЬ	101
Додаток А (обов'язковий). СТАТИСТИЧНІ ДАНІ НАКОПИЧЕННЯ ЧАСТОТИ ОТРИМАНИХ ЗНАЧЕНЬ КВВ	102
Додаток Б (обов'язковий). ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ	104
Додаток В (обов'язковий). ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ	120



## ВСТУП

**Актуальність дослідження.** В останні десятиліття до питань експлуатації великовантажних АТЗ з урахуванням допустимих неруйнівних на дорожнє покриття навантажень, приділяється значна увага, що визначається високою витратністю утримання та капітального ремонту доріг. Введено в дію низку нормативних документів, що обмежують допустиме навантаження на вісь великовантажного АТЗ. У 2015 році в Україні були внесені зміни до стандарту, який регулює рух великовагових і великогабаритних транспортних засобів, які забороняють рух автомобільними шляхами великовантажних АТЗ, що перевозять важкі вантажі.

Для того, щоб дорожні служби мали можливість здійснювати контроль за рухом великовантажних АТЗ введені в дію значну кількість законів.

Таким чином, була створена система обмежень, що знижує можливість максимального використання технічних характеристик великовантажних АТЗ, закладених у їх конструкцію.

У результаті виникає протиріччя: загальноприйнята система розрахунку показників використання АТЗ не враховує обмеження, що визначаються нормативними вимогами до осьових навантажень, а розрахунок виробничої програми перевезень передбачає максимальне використання вантажопідйомності АТЗ.

Щоб зняти цю суперечність, необхідна розробка спеціальної методики, що з одного боку оптимізує процеси експлуатації великовантажних транспортних засобів на дорогах загального користування, а з іншого боку, що забезпечує зниження витрат на реструктуризацію відновлення дорожнього покриття, що зношується. Таким чином, необхідна розробка системи з діаметрально протилежним цілепокладанням, що максимізує продуктивність при експлуатації великовантажних транспортних засобів на дорогах загального користування та мінімізує витрати на реструктуризацію відновлення дорожнього покриття, що зношується.

Затребуване практикою завдання оптимізації процесів експлуатації великовантажних АТЗ – самоскидних автопоїздів відповідно до вимог обмеження

навантажень на вісь автомобілів є проблемою, яка потребує вирішення нових наукових знань.

Даним дослідженням має бути забезпечена розробка методики, що дозволяє системно з урахуванням багатокритеріального середовища експлуатації застосовувати показники використання самоскидних автопоїздів під час перевезення сільськогосподарських вантажів. В іншому випадку, за відсутності науково обґрунтованих методичних засобів для локалізації цієї проблеми, на практиці призведе до необґрунтованих витрат, що визначаються експлуатацією АТЗ, як результат витрат на відновлення зношеного дорожнього покриття в системі «автомобіль-дорога».

**Ступінь розробленості проблеми.** Наукові дослідження у сфері прийняття оптимальних рішень під час проектування ефективних систем організації перевезеннями вантажів, які відповідають вимогам довкілля, засновані на програмно-цільових логістичних принципах, докладно вивчалися та розглядалися великою кількістю вчених та фахівців.

Значний науковий внесок у дослідження питань взаємовпливу показників ефективності транспортного процесу та дорожньої інфраструктури зробили: Л.Л. Афанасьєв, А.П. Болдін, Л.А. Бронштейн, А.В. Вельможін, Є.Є. Вітвіцький, А.Е. Горєв, В.А. Гудков, В.В. Зирянов, С.М. Молчалін, Л.Б. Миротін, П.Ю. Привалов, В.В. Сільянов. Роботи перелічених авторів визначили основний напрямок у вирішенні завдань дослідження при аналізі та оцінці ефективності організації транспортного комплексу з перевезення навалочних вантажів.

Теоретична частина дослідження, що полягає у постановці та вирішенні задачі оптимізації за декількома критеріями ефективності, що забезпечує систематизований процес прийняття рішень у складному системному середовищі базувалася на наукових працях: Н.П. Бусленко, Д. Джонсона, М. Зелені, В.Д. Ногіна, В.В. Подіновського, Б.Д. Прудовського, Л.А. Растригіна, Т. Сааті, І.Г. Чорноручського та ін.

**Метою дослідження** є розробка методики багатокритеріальної оцінки з урахуванням окремих результативних показників ефективності експлуатації

самоскидних автопоїздів при перевезеннях вантажів.

Для досягнення мети поставлено такі **завдання**:

1. Обґрунтувати необхідність багатокритеріальної оцінки параметрів ефективності (коефіцієнт використання вантажопідйомності (КВВ), використання вантажомісткості (КВВ), збиток, що завдається дорожньому покриттю та ін.) при перевезеннях вантажів з урахуванням обмежень, що визначаються дорожніми умовами.

2. Визначити аналітичні моделі, що відбивають залежність показників ефективності: збитки дорожньому покриттю, продуктивність роботи АТЗ, витрати на перевезення вантажів від зміни показників використання.

3. Визначити умови довілля на вирішення завдання багатокритеріальної оцінки показників взаємовпливу елементів у системі «автомобіль-дорога» під час перевезення вантажів першого класу та обґрунтувати математичний метод реалізації зазначених цілей.

4. Розробити аналітичну модель, що дозволяє побудувати алгоритм розв'язання задачі багатокритеріальної оцінки ефективності експлуатації великовантажних автомобілів з урахуванням окремих результативних показників під час перевезення сільськогосподарських вантажів.

5. Розробити методіку багатокритеріальної оцінки з урахуванням окремих результативних показників ефективності експлуатації великовантажних АТЗ під час перевезення сільськогосподарських вантажів.

**Об'єктом дослідження** є система взаємодії «автомобіль-дорога», що обмежує максимальне використання закладених у конструкцію самоскидних автопоїздів технічних характеристик.

**Предметом дослідження** є модель багатокритеріальної оцінки ефективності функціонування системи як сукупності функції показників критеріїв залежно від показників використання автомобілів під час перевезень сільськогосподарських вантажів.

**Наукова новизна дослідження** полягає в наступному:

1. Змодельовану систему, що складається з параметрів ефективності

експлуатації великовантажних АТЗ та обмежень дорожньої інфраструктури, що призначена оптимізувати процеси експлуатації великовантажних АТЗ на дорогах загального користування з урахуванням диференціації можливих станів системи за окремими критеріями ефективності.

2. Розроблено математичну модель прийняття оптимальних рішень при функціонуванні багатокритеріальної системи «автомобіль-дорога» з урахуванням досить великої кількості окремих критеріїв, що мають прикладний характер (продуктивність, собівартість перевезень навалочних вантажів та витрати на відшкодування збитків дорожнім покриттям).

3. Розроблено методику оцінки зміни витрат на експлуатацію транспортних засобів за наявності затримок руху.

4. Визначено економічну ефективність застосування методики багатокритеріальної оцінки показників використання роботи АТЗ у вигляді системи рівнянь зміни питомих показників залежно від зміни значення КВВ.

**Практична значимість** дослідження полягає у підвищенні ефективності операцій та процесів, пов'язаних:

- 1) перевезенням навалочних вантажів великовантажними АТЗ;
- 2) оцінкою комплексного стану середовища експлуатації АТЗ при перевезеннях навалочних вантажів з метою оптимізації роботи системи вагового контролю, що забезпечує дотримання, встановленого чинним Законом України порядку стягнення плати в рахунок відшкодування шкоди, завданої дорогам загального користування федерального значення.

**Методологія дослідження** ґрунтується на базових принципах системного аналізу, програмно-цільових принципах вирішення теоретико-прикладних завдань, теорії прийняття рішень в умовах багатокритеріальності станів зовнішнього системного середовища, графоаналітичних методів вирішення задач векторної оптимізації, методів лінійного програмування, методах теорії ймовірностей, апробованих статистичних методів аналізу та обробки даних.

**Апробація результатів.** Основні положення роботи доповідалися на XVI-й міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні технології та перспективи

розвитку автомобільного транспорту», 23-25 жовтня 2023 року у Вінницькому національному технічному університеті (м. Вінниця).

**Публікації.** Основні положення роботи опубліковані в збірнику наукових праць «Матеріали XVI-ї міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 23-25 жовтня 2023 року»: Д.В. Борисюк, О.Ю. Ширмівський. Багатокритеріальна система оцінки показників використання вантажних автомобілів. *Матеріали XVI-ї міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 23-25 жовтня 2023 року: збірник наукових праць, 2023. С. 79-81.*

**Структура дипломної роботи.** Дана дипломна робота складається з вступу, шести розділів, висновків, додатків та списку використаних джерел.

## Розділ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА "НИВА"

### 1.1 Діяльність і розташування фермерського господарства "Нива"

Фермерське господарство "Нива" зареєстровано 18.07.1997 р. за юридичною адресою – Вінницька обл., Томашпільський р-н, село Ракова, вул. Центральна, будинок 73 (рис. 1.1).

Фермерське господарство "Нива" розташоване за 3 км від районного центру і за 25 км від залізничної станції Вапнярка.



Рисунок 1.1 – Розташування фермерського господарства "Нива"

Види діяльності фермерського господарства "Нива":

- 01.11 Вирощування зернових культур (крім рису), бобових культур і насіння олійних культур;
- 01.42 Розведення іншої великої рогатої худоби та буйволів;
- 01.61 Допоміжна діяльність у рослинництві;
- 10.41 Виробництво олії та тваринних жирів;
- 10.81 Виробництво цукру;
- 47.81 Роздрібна торгівля з лотків і на ринках харчовими продуктами, напоями та тютюновими виробами;
- 49.41 Вантажний автомобільний транспорт.

## 1.2 Склад машинно-тракторного парку господарства

Забезпеченість аграрних підприємств технікою і високопродуктивне використання її мають особливе значення. Адже кількість і якість сільськогосподарської продукції значною мірою залежать від дотримання визначених строків виконання окремих виробничих процесів і робіт.

У складі техніки, що використовується в господарствах, переважає машинно-тракторний парк (МТП).

Машинно-тракторний парк в сільському господарстві – це сукупність машин, необхідних для механізації робіт з вирощування сільськогосподарських культур. Машинно-тракторний парк складається з наступних груп: трактори (самохідні шасі), як універсальні енергетичні засоби; сільськогосподарські машини (плуги, сівалки, борони, культиватори, косарки, збиральні самохідні машини та ін.); самостійно працюючі збиральні машини; стаціонарні машини з індивідуальним або груповим приводом робочих органів; транспортні машини.

Машинно-тракторний парк сільськогосподарського підприємства використовують як самостійно, так і в складі різних внутрішньогосподарських підрозділів.

Склад МТП фермерського господарства "Нива" представлено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Склад МТП фермерського господарства "Нива"

Назва та марка машини	Кількість машин	Рік випуску машини
<u>Трактори:</u>		
John Deere 8360R	4	2012
New Holland T7060	2	2011
New Holland T8050	2	2015
МТЗ-1221.3	4	2019
МТЗ-82.1	4	2019
АГРОМАШ-50СШ	3	2015
<u>Автомобілі:</u>		
ВАЗ-2121	4	2005
Mercedes-Benz Sprinter 516	5	2019
Автоцистерна ГАЗ-3307	4	2006
КрАЗ-5401С2-500	4	2020
ЗиЛ-5301	5	2014
ЗиЛ-СААЗ-4545	3	2012
Ford Transit	4	2011-13
КАМАЗ-65117	5	2009
КАМАЗ-5460-076-63	4	2015
MAN TGX 18.440 4X2 XLX Intarder Euro 6	6	2016
Mercedes-Benz ACTROS 1845 LS	4	2017
<u>Комбайни:</u>		
John Deere S 680i	4	2016
Скіф-250	2	2014
Скіф-230А	2	2014
<u>С-г. машини:</u>		
Оприскувачі	7	2010-18
Машини для внесення добрив	5	2009-11
Зчіпки	2	2005-08
Плуги	10	2007-19
Культиватори	10	2004-07
Сівалки	14	2007-09
Жатки	8	2015-19
<u>Причепи і напівпричепи:</u>		
Причіп тракторний «2ПТС-4»	8	2010-13
Причіп «СЗАП-8357-02»	5	2011-14
Напівпричіп «СЗАП-9402»	6	2016
Напівпричіп «Skit 24 P50»	6	2016
Напівпричіп «Тонар-9385»	5	2020
Напівпричіп-цистерна «SF3340»	2	2020



## Розділ 2. АКТУАЛЬНІСТЬ ОПТИМІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ПОКАЗНИКІВ ВИКОРИСТАННЯ ВАНТАЖНИХ АТЗ

### 2.1 Коефіцієнт використання вантажопідйомності автомобіля, як показник взаємодії автомобіля та середовища експлуатації в системі «автомобіль- дорога»

Основним коефіцієнтом, що відображає взаємодію автомобіля з дорогою, а саме: наскільки повно (повна маса АТЗ та маса вантажу) використовуються закладені технічні характеристики в конструкції АТЗ та реалізуються у навантаженнях на вісь автомобіля – коефіцієнт використання вантажопідйомності. Даний коефіцієнт відображає взаємозв'язок об'ємних характеристик та вагових характеристик вантажу та автомобіля, а відповідно впливає на величину осьових навантажень в АТЗ.

Традиційно характер вантажу визначається його фізичними характеристиками, починаючи із густини. Для однорідного вантажу щільність визначається за такою формулою:

$$\rho_r = \frac{m}{V}, \quad (2.1)$$

де  $m$  - маса вантажу, кг;

$V$  – об'єм вантажу,  $\text{м}^3$ .

Існує поняття відносної густини вантажу. Цей параметр визначається стосовно прийнятого стандарту: нормальний атмосферний тиск та сухе повітря при  $20^\circ\text{C}$ :

$$\alpha = \frac{\rho_r}{\rho_r^{0'}}, \quad (2.2)$$

де  $\rho_r$  – густина вантажу,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$\rho_r^{0'}$  – щільність вантажу при нормальному атмосферному тиску та сухому повітрі при  $20^\circ\text{C}$ ,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

При організації перевезень навалочних та насипних вантажів визначають об'ємну масою вантажу:

$$\varepsilon = \frac{m}{V}, \quad (2.3)$$

де  $m$  - маса вантажу, кг;

$V$  – об'єм вантажу, м<sup>3</sup>.

Питомий об'єм вантажу — це обернена величина до об'ємної маси вантажу для однорідної речовини, при:

- 1 кг маси та об'ємом в 1 м<sup>3</sup>:

$$v = \frac{V}{m} \quad (2.4)$$

Питома об'ємна вантажопідйомність АТЗ визначається виходячи із співвідношення геометричних характеристик кузова та його номінальної вантажопідйомності:

$$q_{уд} = \frac{q}{a \cdot b \cdot (h \pm h^*)} \quad (2.5)$$

де  $q_{уд}$  – питома об'ємна вантажопідйомність, т/м<sup>3</sup>;

$b$  - довжина ємності кузова АТЗ, м;

$h$  – висота ємності кузова АТЗ, м;

$q$  - вантажопідйомність АТЗ, т;

$a$  – ширина ємності кузова АТЗ, м;

$h^*$  – відстань від верхнього краю борту ємності до допустимого рівня завантаження вантажу до кузова АТЗ, м.

Фактично продуктивність АТЗ у процесі його експлуатації визначається з урахуванням коефіцієнта статичного використання вантажопідйомності (КСВВ):

$$\gamma_c = \frac{q_\phi}{q} \quad (2.6)$$

де  $\gamma_c$  – КСВВ;

$q_\phi$  – маса фактично однорідного вантажу, т.

На рис. 2.1 показано функцію зміни  $q_{уд}$  від  $q$  – номінальної вантажопідйомності АТЗ.

Ступінь використання вантажопідйомності АТЗ також визначається коефіцієнтом використання об'єму (КВО), що визначається геометричними розмірами кузова та об'ємної маси однорідного вантажу:

$$\eta_v = \frac{q}{V_a \cdot \varepsilon}$$

(2.7)

де  $\eta_v$  – КВО.

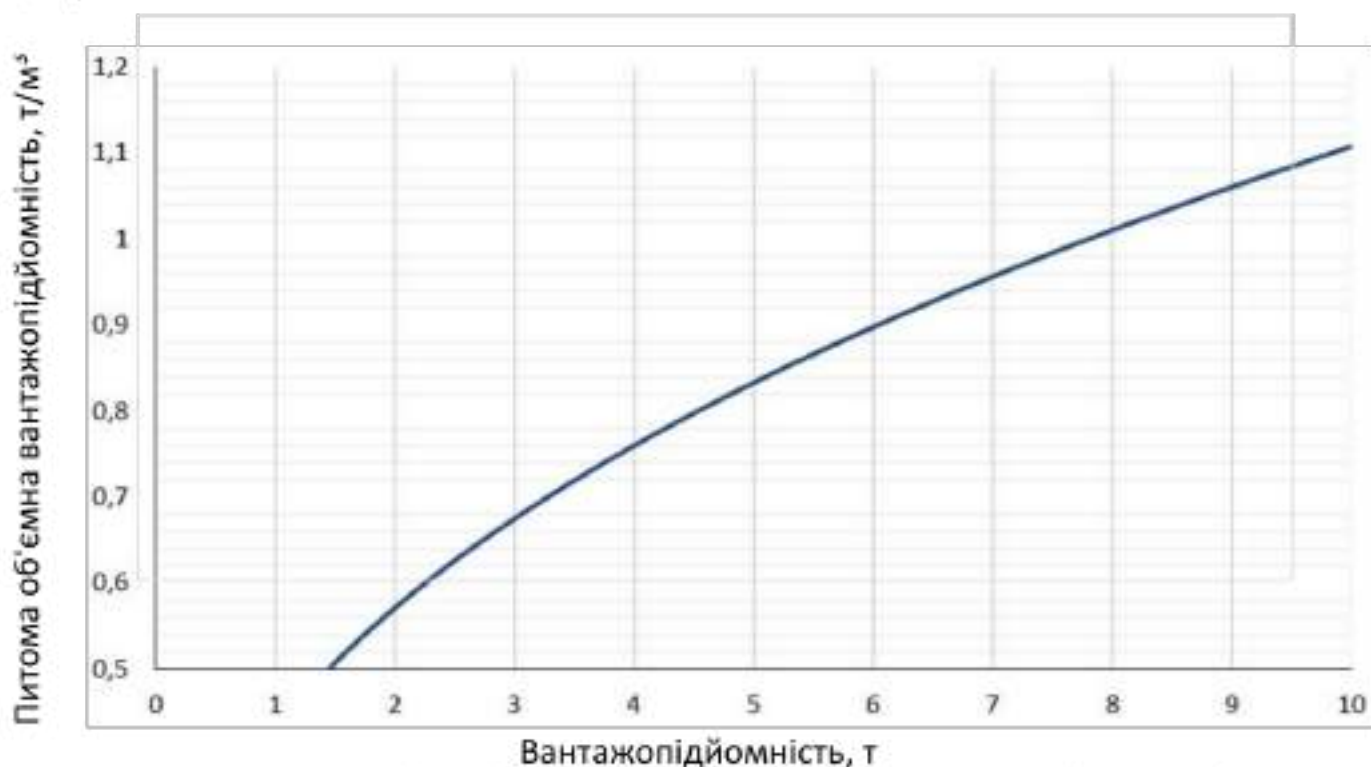


Рисунок 2.1 – Функція зміни  $q_{уд}$  від  $q$  - номінальної вантажопідйомності АТЗ

Як правило, комерційні експлуатанти АТЗ використовують можливість завантаження вантажу в кузов вище рівня бортів кузова, тоді значення з кузова може бути  $\geq 1$ , [14]. Наприклад, для автомобіля-самоскида необхідно враховувати завантаження сипких вантажів із «шапкою» (рис. 2.2).

Тоді фактичний обсяг вантажу визначається як:

$$V_r = \frac{q}{\rho_r} = V_p + V_{ш},$$

(2.8)

де  $V_r$  – об'єм однорідного вантажу, м<sup>3</sup>;

$\rho_r$  – об'ємна маса вантажу, т/м<sup>3</sup>;

$V_p$  – робочий об'єм ємності кузова, м<sup>3</sup>;

$V_{ш}$  – об'єм «шапки» вантажу, м<sup>3</sup>.

Якщо здійснити геометричні розрахунки об'ємів однорідного вантажу з урахуванням шапки, то:

$$V_{ш} = \frac{1}{3} S \cdot h_{ш} = \frac{1}{3} S \cdot \frac{a}{2} \tan \alpha,$$

(2.9)

$$V_p = \frac{q}{\rho_r} - V_{ш}; \quad V_p = S(h - h')$$

(2.10)

де  $S$  – площа платформи кузова,  $m^2$ ;

$h$  – висота борту кузова, м;

$h_{ш}$  – висота «шапки», м;

$a$  – внутрішня ширина кузова, м;

$\alpha$  – кут природного укосу вантажу, град;

$h'$  – відстань від верхнього краю борту до рівня завантаження в кузові, м.

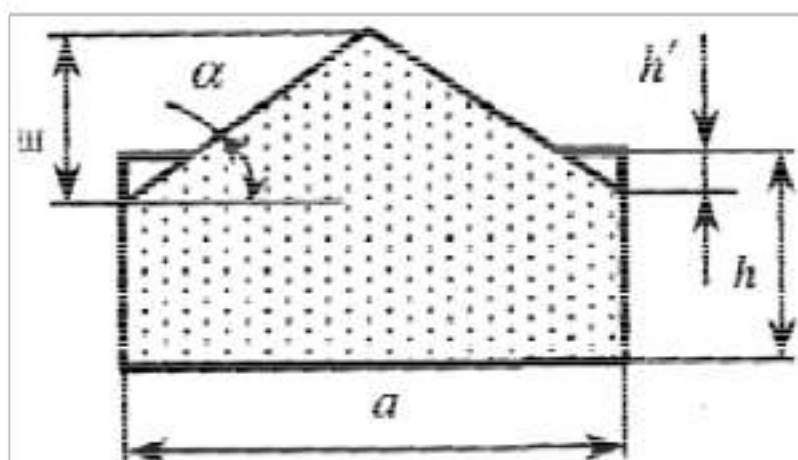


Рисунок 2.2 – Розподіл вантажу в кузові автомобіля-самоскида

Враховуючи, що  $h'$  приймається в межах 0,05...0,15 м, тоді робочий об'єм кузова розраховується за формулою:

$$V_p = S(h - 0,1),$$

(2.11)

тоді

$$S \cdot h - 0,1S = \frac{q}{\rho_r} - \frac{1}{3} S \cdot \frac{a}{2} \tan \alpha$$

(2.12)

Або

$$S \cdot h = \frac{q}{\rho_r} - S \left( \frac{a \tan \alpha}{6} - 0,1 \right).$$

(2.13)

Таким чином, встановлено, що коефіцієнту використання вантажопідйомності як показник, що характеризує ступінь використання вантажопідйомності АТЗ, залежно від об'ємної маси вантажу, можуть відповідати різні значення коефіцієнтів вантажомісткості АТЗ.

При розрахунку виробничої програми з експлуатації АТЗ розрізняють

коефіцієнт статичного використання вантажопідйомності (КСВВ) та коефіцієнт динамічного використання (КДВВ) вантажопідйомності. За день (зміну) коефіцієнт КСВВ визначається:

$$\gamma_c = \frac{Q}{q \cdot n_e} = \frac{\sum q_{\phi}}{q \cdot n_e}, \quad (2.14)$$

де  $Q$  – добовий обсяг перевезення, т/добу;

$n_e$  - кількість їздок АТЗ, од.

КДВВ як кількість фактичного вантажу, перевезеного АТЗ залежить від довжини навантажених їздок, тобто. КДВВ = КСВВ тільки на одній їзді.

Коефіцієнт  $\gamma_d$  за одну їзду визначається як:

$$\gamma_d = \frac{q_{\phi} l_{er}}{q l_{er}} = \frac{q_{\phi}}{q}, \quad (2.15)$$

де  $l_{er}$  – довжина завантаженої їздки, км.

За один день роботи або за одну зміну цей коефіцієнт  $\gamma_d$  дорівнює:

$$\gamma_d = \frac{P}{P_{возм}} = \frac{\sum q_{\phi} l_{er}}{q \sum l_{er}}, \quad (2.16)$$

де  $P$  – виконана за одну зміну (день) транспортна робота, т/км;

$P_{возм}$  – транспортна робота (максимально можлива) за одну їзду або один день, т/км.

Коефіцієнти  $\gamma_d$  і  $\gamma_c$  можуть бути однаковими за значенням лише за таких умов:

1. За всі їздки перевозиться однакова (постійна) кількість вантажу ( $q = \text{const}$ ).

$$\gamma_d = \frac{q_{\phi} \sum l_{er}}{q \sum l_{er}} = \frac{q_{\phi}}{q} = \gamma_c.$$

2.  $l_{er} = \text{const}$

$$\gamma_d = \frac{l_{er} \sum q_{\phi}}{l_{er} \sum q} = \gamma_c.$$

## 2.2 Аналіз моделі розрахунку навантажень на вісь вантажних АТЗ при перевезенні навантажувальних вантажів

Визначимо статичне навантаження 2-вісного сідельного тягача масою 9 т (на задній осі встановлені двоххилі колеса) з 3-вісним та 4-вісним самоскидним напівприцепом масою 9 т. Вихідні дані наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані визначення осьових навантажень

Показник	Значення показника
Споряджена маса автопоїзда, т	18
Тип коліс тягача передні осі задні осі	односхильні двосхильні
Тип коліс напівпричепа	двосхильні
Відстань між осями напівпричепа, м 3-вісний напівпричіп 4-вісний напівпричіп	1,31 1,35
Умови експлуатації	асфальтове покриття
Тип вантажу	зерно
Вантажоемність напівпричепа	30 м <sup>3</sup>
КВВ	1,0
Маса вантажу, т	45

Визначимо розподіл навантажень на вісь автопоїзда (рис. 2.3 та 2.4)



Рисунок 2.3 – Розподіл навантажень на вісь 5-вісного автопоїзда

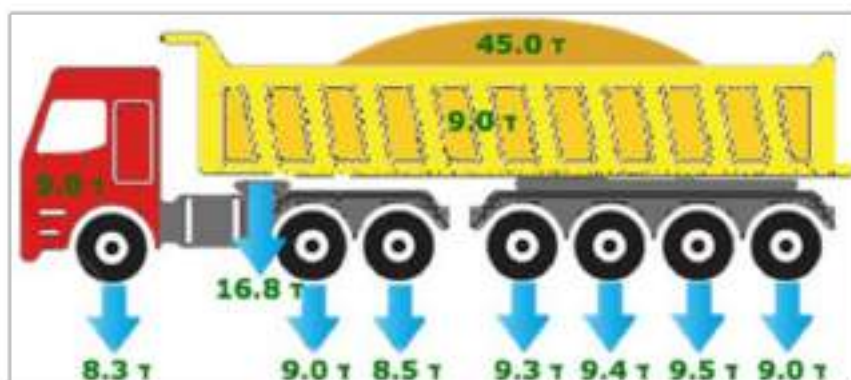


Рисунок 2.4 – Розподіл навантажень на вісь 7-вісного автопоїзда

Отримаємо наступну таблицю нормативних і фактичних значень навантажень на осі автопоїзда (таблиця 2.2 та 2.3).

Таблиця 2.2 – Нормативні та фактичні значення навантажень на осі 5-вісного автопоїзда

Вид показника	Передня вісь тягача	Задня вісь тягача	Напівпричіп		
			1-а вісь	2-а вісь	3-я вісь
Навантаження на вісь (нормативне значення)	10,5 т	11,5 т	8,0 т	8,0 т	8,0 т
Навантаження на вісь (фактичне значення)	8,3 т	17,5 т	12,7 т	12,8 т	11,7 т
Перевантаження по осях	-	6,0 т (52%)	4,7 т (59%)	4,8 т (60%)	3,7 т (46%)

Таблиця 2.3 – Нормативні та фактичні значення навантажень на осі 7-вісного автопоїзда

Вид показника	Передня вісь тягача	1-а задня вісь тягача	2-а задня вісь тягача	Напівпричіп			
				1-а вісь	2-а вісь	3-я вісь	4-та вісь
Навантаження на вісь (нормативне значення)	10,5 т	9,0 т	9,0 т	9,0 т	8,0 т	8,0 т	8,0 т
Навантаження на вісь (фактичне значення)	8,3 т	9,0 т	8,5 т	8,5 т	9,3 т	9,4 т	9,5 т
Перевантаження по осям	-	-	-	-	1,3 т (16%)	1,4 т (18%)	1,5 т (19%)

Виконані розрахунки показують, що, якщо завантажити 2-вісний сідельний тягач масою 9 т (на задній осі встановлені двоххилі колеса) або 3-вісний самоскид з 4-вісним напівпричіпом навалочним вантажем з урахуванням закладених характеристик, це призведе до перевищення допустимих осьових нормативних обмежень за умов існуючих у системі «автомобіль-дорога» [4].

### 2.3 Використання автомобільного транспорту у сільському господарстві

Продовольча безпека, яка полягає у можливості та здатності держави забезпечити населення у продуктах харчування, є одним із основних індикаторів економічної безпеки країни. Забезпечується продовольча безпека виключно у вигляді розвитку сільськогосподарського виробництва – основної галузі української економіки.

Сільськогосподарське виробництво є складним агропромисловим процесом. Сучасний розвиток сільського господарства дозволяє віднести його до складної соціально-економічної системи, що складається з багатьох підсистем, ключовою підсистемою якої є матеріально-технічна база. Основу цієї підсистеми становлять транспортні засоби та транспортна інфраструктура.

Технічний прогрес у сільському господарстві за останні роки все більше приводить до об'єднання транспортних засобів та інших сільськогосподарських машин у єдиний виробничий процес. Чим вище рівень розвитку, тим більше можливостей для розробки та впровадження досконалих машин та знарядь праці, а, отже, і для підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва. Процес виробництва сільськогосподарської продукції протікає в різних природно-економічних умовах, що впливають на технологію та організацію виробництва. Все це викликає необхідність наявності в сільському господарстві кількох різномірних типів і систем машин, до однієї з них належить вантажний автотранспорт [1].

Постійне і неухильне зростання обсягу виробленої в нашій країні сільськогосподарської продукції, що спостерігається (при цьому обсяг продукції тваринництва збільшився майже вдвічі, а рослинництва – втричі), вимагає нових підходів до вирішення транспортних проблем, а саме тих, що стосуються перевезення сільськогосподарської продукції.

Досить докладно у наукових дослідженнях розглянуто питання з використанням технічних систем і транспортних засобів в сільськогосподарському виробництві. Понад 90 років йде створення наукової інженерно-технічної мережі із створення у 1928 році Всесоюзного інституту сільськогосподарського машинобудування, основною метою якого було створювати нові, більш досконалі,



технологічно складні елементи сільськогосподарської техніки. На базі даного інституту були розроблені основи теоретичних досліджень в області сільськогосподарської техніки та сформовані наукові та конструкторські школи машинобудування для забезпечення сільськогосподарського виробництва.

Так як у сільському господарстві використовуються різноманітні види техніки, то й дослідження ведуться за всіма напрямками, а саме використання машинно-тракторного парку, використання техніки та підтримка її працездатності, технічні засоби транспорту та їх використання у сільськогосподарському процесі, а також питання забезпечення транспортно-технологічного обслуговування агропромислового комплексу.

Одним із провідних науково-дослідних центрів агроінженерної науки країн СНД є Національний університет біоресурсів та природокористування України, де такі вчені, як Артюшин А.А., Бісенов В.Ф., Годжаєв З.А., Ізмайлов А.Ю. займаються дослідженням питань від створення екологічно безпечних автомобілів, інтенсивних машинних технологій, техніки нового покоління для використання у сільськогосподарському виробництві до обґрунтування збирально-транспортних процесів [2, 3].

Так, наприклад, питання моделювання транспортних процесів в агропромисловому комплексі та сільськогосподарському виробництві розглядаються у наукових дослідженнях Беккера М.Г., Гатауліна А.І., Гобермана В.А., Пехутова А.С., Ріхтера К.Ю. та ін. [4, 8].

У монографії «Оптимізація складу вантажного автомобільного транспорту та його використання у сільськогосподарських підприємствах», підготовленої колективом авторів Воронежського державного аграрного університету імені К.Д. Глінки, узагальнено теоретичні та методичні засади системи транспортного забезпечення у сільськогосподарських підприємствах, відображені особливості інформаційного забезпечення управління та обліку роботи автомобільного транспорту та використання технологій ГЛОНАСС/GPS в управлінні транспортом [1].

Питання використання у сільському господарстві технічних транспортних засобів розглянуті у наукових працях Батищева І.І., Зеленіна Ю.Л., Іпатова А.А.,

Ксеневича І.П., Шалягіна В.М. та ін.

Питання безпеки дорожнього руху в частині транспортування сільськогосподарської продукції, у тому числі плодоовочевої продукції, що легко ушкоджується, та використання технологій ГЛОНАСС/GPS в управлінні автомобільним транспортом, а також підвищення ефективності експлуатації автотранспорту та мобільної сільськогосподарської техніки відображені в роботах Анікіна Н.В., Бишова Н.В., Боричова С.М., Голікова А.А., Рембаловича Г.К., Симдянкін А.А., Успенського І.А. Юхіна І.А. та ін.

Енергетичний аналіз циклу коливаль, ефективності, вибору оптимальних параметрів підвіски автомобіля, що забезпечують його активну безпеку за різних умов руху, а також алгоритми вибору технологічної доставки різних вантажів розглянуті на роботах Рябова І.М., Горіна В.В., Ковальова А.М., Чернишова К.В.

Питання ушкоджуваності, підвищення збереження плодоовочевої продукції під час транспортування автомобільним транспортом розглянуто Раюшкіною А.А. Автор досліджувала закономірності ушкоджуваності плодів та овочів, що виникають у процесі перевезення автомобільним транспортом, та розробила на цій основі рекомендації, спрямовані на підвищення збереження даного виду продукції [8].

Зміни фізико-механічних властивостей плодоовочевої продукції, що виникають у процесі транспортування, присвячені роботи вітчизняних та зарубіжних дослідників, таких як Беренштейн І.Б., Заводнов В.С., Хачатрян Х.А., Тарджуманян Г.В., M. O' Brien, L.L. Claypool.

Однією з детермінант, що впливають на пошкодження сільськогосподарської продукції, є прискорення, що виникає під час руху автотранспортного засобу.

У роботі [3] було запропоновано емпіричні коефіцієнти, що визначають допустимі величини прискорень, що виникають при коливаннях по відношенню до різних культур плодоовочевої продукції (таблиця 2.4), де  $P$  – емпіричний коефіцієнт характеристики допустимих значень швидкості коливаль, у яких величина пошкоджень продукції не перевищує значень, встановлених агротехнічними вимогами, м/с;  $H$  – емпіричний коефіцієнт характеристики допустимих значень прискорення коливаль, за яких величина пошкоджень продукції не перевищує

значень, встановлених агротехнічними вимогами,  $\text{м/с}^2$ .

Таблиця 2.4 – Коефіцієнти, що визначають допустиму амплітуду коливань транспортного засобу [3]

Культура і стан її зрілості	Емпіричні коефіцієнти	
	$H, \text{м/с}^2$	$P, \text{м/с}$
Яблука	0,3 ... 1,42	5,03 ... 5,22
Помідори червоні	2,83 ... 4,3	5,46 ... 5,70
Помідори зелені	4,24 ... 7,0	5,70 ... 6,16
Картопля свіжоприбрана	5,62 ... 7,0	5,93 ... 6,16
Дині та гарбузи	5,62 ... 8,38	5,93 ... 6,38
Слива	5,62 ... 11,14	5,93 ... 6,83

У багатьох дослідженнях розглядається створення оптимального парку машин та розробки методів ефективного їх використання, проте практично не торкаються питання оцінки ушкоджуваності сільськогосподарських вантажів при перевезенні дорогами з різним покриттям та формування тарифів перевезень з урахуванням погодних умов та дорожнього покриття.

До матеріально-технічної бази відносять транспортні засоби та дороги. Ринок капітального блага та послуг капітального блага, до якого належить і автомобільна техніка, перебуває у стані спаду.

Зростаючі ціни на ПММ, запасні частини, автотransпорт, низька якість доріг значно впливають на збільшення собівартості перевезень. Питома вага (загалом) транспортних витрат збільшується. Транспорт стає визначальним детермінантом конкуренції у сільськогосподарській галузі.

У таких умовах раціональне використання автомобільного транспорту відіграє визначальну роль і набуває особливої значущості.

Основні проблеми раціонального використання автомобільного транспорту (АТ) можна подати такими блоками (рис. 2.5).

Розглянемо деякі із цих проблем докладніше. Ефективність використання автотранспорту. Витрати на переміщення вантажів повинні визначатися за всіма етапами переміщення від затарювання до розвантаження та складування. Основа

визначення ефективності базується на фундаментальних дослідженнях у галузі визначення ефективності виробництва. Ефективність використання автомобільного транспорту визначатиметься співвідношеннями ефекту із витратами матеріально-технічних засобів і праці, тобто, обсягу перевезень вантажів та витрат на їх переміщення. Ключовими показниками в даному випадку є собівартість перевезення одиниці вантажу чи одиниці вантажообігу.

<b>Проблеми раціонального використання АТ</b>				
Ефективність використання	Неспроможність транспортної системи	Особливості організації транспортних робіт	Оперативне, тактичне керування транспортним парком	Фінансова неспроможність господарств

Рисунок 2.5 – Базові проблеми раціонального використання автомобільного транспорту в сільському господарстві

Особливості організації транспортних робіт. У процесі організації сільсько-господарського виробництва необхідно враховувати особливості організації транспортних робіт, які є досить різноманітними і специфічними. Крім особливостей сільськогосподарських вантажів та нерівномірності (сезонності) перевезень протягом року вони включають необхідну взаємодію транспортних засобів з іншою, спеціальною, технікою; багаторазовість перевезень у процесі виробництва; різний діапазон відстаней перевезень та ін.

Проблема оперативного управління транспортним парком знайома всім самостійним суб'єктам господарювання. Відсутність грамотних планів призводить до простою автомобільної та спеціальної техніки, людських ресурсів і, як наслідок, значних втрат урожаю. Для її вирішення необхідно розробляти заходи щодо складання планів, де будуть відображені основні складові всього виробничого процесу від роботи індивідуально кожної одиниці техніки, кожного водія до роботи збиральної та транспортної техніки у злагодженому механізмі.

Викладені проблеми та їх вирішення є основою для формування комплексного міжгалузевого підходу для підвищення ефективності якості роботи автомобільного транспорту в сільському господарстві.

### **Розділ 3. РОЗРОБКА МЕТОДИКИ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОЦІНКИ ПОКАЗНИКІВ ВИКОРИСТАННЯ ВАНТАЖНИХ АТЗ**

#### **3.1 Розробка багатокритеріальної системи оцінки показників використання вантажних АТЗ**

Універсальність методу системного дослідження з одного боку забезпечує можливість широкого використання її на практиці, багаторівневого структурування процесу вирішення проблеми, а з іншого боку, необхідність конкретизації змісту понять, що використовуються при обґрунтуванні прийнятих рішень з урахуванням цілей та часу (етапності) дослідження.

У першому розділі встановлено, що необхідно розглядати три можливі стани експлуатації АТЗ:

1. АТЗ експлуатується відповідно до проектних технічних характеристик, що визначаються конструкцією автомобіля, при цьому коефіцієнт використання вантажомісткості при перевезенні навалочних вантажів ( $K_{BV} > 1$ ), але з перевищенням нормативних осьових навантажень і повної маси автомобілів.

2. АТЗ експлуатується відповідно до проектних технічних характеристик, що визначаються конструкцією автомобіля, при цьому коефіцієнт використання вантажомісткості при перевезенні навалочних вантажів ( $K_{BV} = 1$ ), але з перевищенням нормативних осьових навантажень і повної маси автомобілів.

3. АТЗ експлуатується відповідно до нормативних осьових навантажень та повної маси автомобілів, що визначаються дорожніми умовами, але зі зменшенням технічно допустимих конструкцією автомобіля параметрів та ( $K_{BV} < 1$ ).

Дослідження системи має на меті опис системи. Але описати останню, означає, дати моделі. Моделювання як інструмент дослідження та побудови теорії, особливо важливе з урахуванням вимог щодо формалізації останньої. Це пояснюється такими перевагами моделі перед словесним (вербальним) описом як стислість і точність уявлення.

Вона робить зрозумілою загальну структуру об'єкта, що досліджується,

розкриває важливі причинно-наслідкові зв'язки. З цієї причини будемо розглядати модель як засіб осмислення дійсності, і засіб спілкування, і засіб навчання, і інструмент прогнозування, і засіб постановки експериментів.

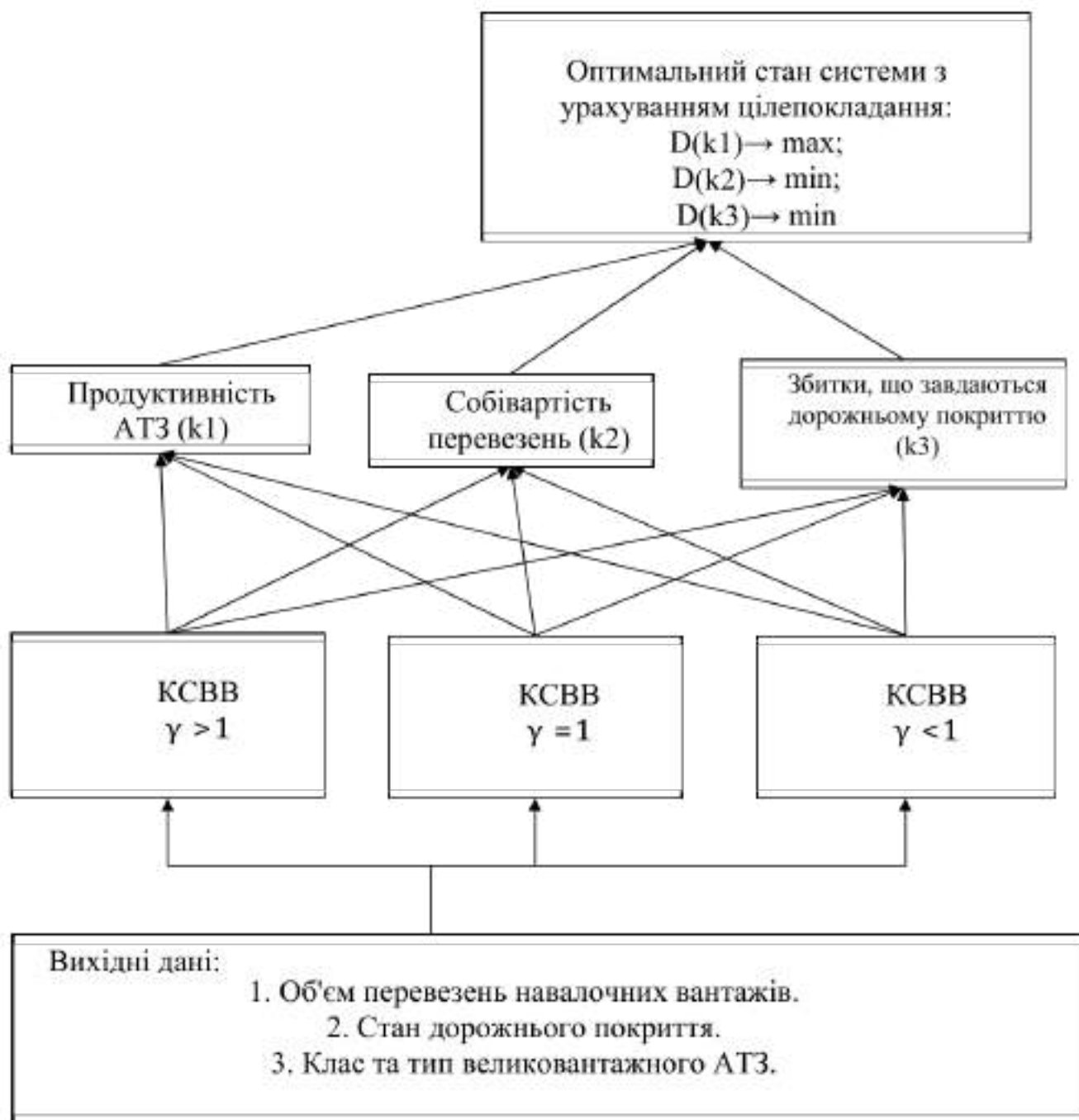


Рисунок 3.1 – Декомпозиція досліджуваної моделі систематизованої оцінки показників використання великовантажних АТЗ

Особливості об'єкта, що досліджується, визначають форму опису моделі

систематизованої оцінки показників використання великовантажних АТЗ як системи оптимізації процесів у вигляді комплексу результативних показників [5]. Оптимальний стан системи визначається поєднанням результатів за трьома критеріями. При цьому розглядати перелічені критерії у функціональній залежності від значення КВВ з урахуванням обмежень зовнішнього середовища по кожному з них при перевезеннях вантажів. Даний науковий підхід дозволить формувати групу оптимальних значень КВВ при плануванні показників роботи АТЗ для розрахунку виробничої програми з перевезень та оцінювати ефективність взаємовпливу елементів у системі «автомобіль-дорога» при реалізації багатокритеріального підходу:

1. Продуктивність великовантажних АТЗ максимізується:  $D_{(k1)} \rightarrow \max$ .
2. Витрати на перевезення вантажів мінімізуються:  $D_{(k2)} \rightarrow \min$ .
3. Збитки, що завдаються дорожньому покриттю та, відповідно, витрати на відновлення дорожнього покриття мінімізуються:  $D_{(k3)} \rightarrow \min$ .

Декомпозицію досліджуваної у роботі моделі систематизованої оцінки показників використання великовантажних АТЗ наведено рис. 3.1.

### **3.2 Розробка окремих критеріїв використання вантажних АТЗ у системі «автомобіль-дорога»**

#### **3.2.1. Оцінка критерію продуктивності роботи вантажних АТЗ**

Продуктивність роботи великовантажних АТЗ у тонах за одну їздку визначається за такою формулою:

$$Q_c = q \cdot \gamma_c, \quad (3.1)$$

де  $Q_c$  - продуктивність великовантажних АТЗ, їзд./т.

Продуктивність великовантажних АТЗ у тоно-кілометрах за одну їздку:

$$P_e = Q_e \cdot l_{ee} = q \cdot \gamma_c \cdot l_{ee}, \quad (3.2)$$

де  $P_e$  – продуктивність роботи рухомого складу за їздку, т·км.

Далі визначається кількість їздок великовантажних АТЗ за зміну за формулою:

$$n_e = \frac{T_n \cdot \beta \cdot V_T}{l_{er} + t_{n-p} \cdot \beta \cdot V_T} \quad (3.3)$$

Продуктивність великовантажних АТЗ, яка обчислюється в тонах за один робочий день або за зміну:

$$U_{p-d} = \frac{q \cdot \gamma_c \cdot T_n \cdot \beta \cdot V_T}{l_{er} + t_{n-p} \cdot \beta \cdot V_T} \quad (3.4)$$

Продуктивність великовантажних АТЗ у тоно-кілометрах за один робочий день або за зміну:

$$W_{p-d} = \frac{T_n \cdot \beta \cdot V_T \cdot l_{er} \cdot q \cdot \gamma_c}{l_{er} + t_{n-p} \cdot \beta \cdot V_T} \quad (3.5)$$

де  $T_n$  - загальний час у наряді за один день або зміну, год;

$t_{n-p}$  - час, витрачений на вантажно-розвантажувальні роботи, год;

$l_{er}$  - довжина їздки з вантажем, км;

$V_T$  - швидкість технічна, км/год;

$\beta$  - коефіцієнт використання пробігу.

Підвищення продуктивності рухомого складу може бути досягнуто всіх показників, що входять до формули (3.5) [11, 14]. Оцінка впливу цих показників на продуктивність великовантажних АТЗ виражається певними функціональними залежностями (рис. 3.2).

На маятникових маршрутах АТЗ вплив коефіцієнта використання вантажо-підйомності на продуктивність роботи автомобілів визначається лінійною функцією:

$$D_{k1} = f(\gamma_c) = k_1 \gamma_c + a_1, \quad (3.6)$$

де  $k_1$  - коефіцієнт кута нахилу прямої на графіку функції;

$a_1$  - значення продуктивності при початковому значенні вимірювань  $\gamma_c$ .

### 3.2.2 Оцінка критерію собівартості моделі в структурі показників використання вантажних АТЗ

Витрати автотранспортної організації (АТО) розраховані на одиницю транспортної продукції обчислюються в грн/(т·км), грн/км, грн/т або грн/год. залежно від способу фіксації величини роботи АТЗ.



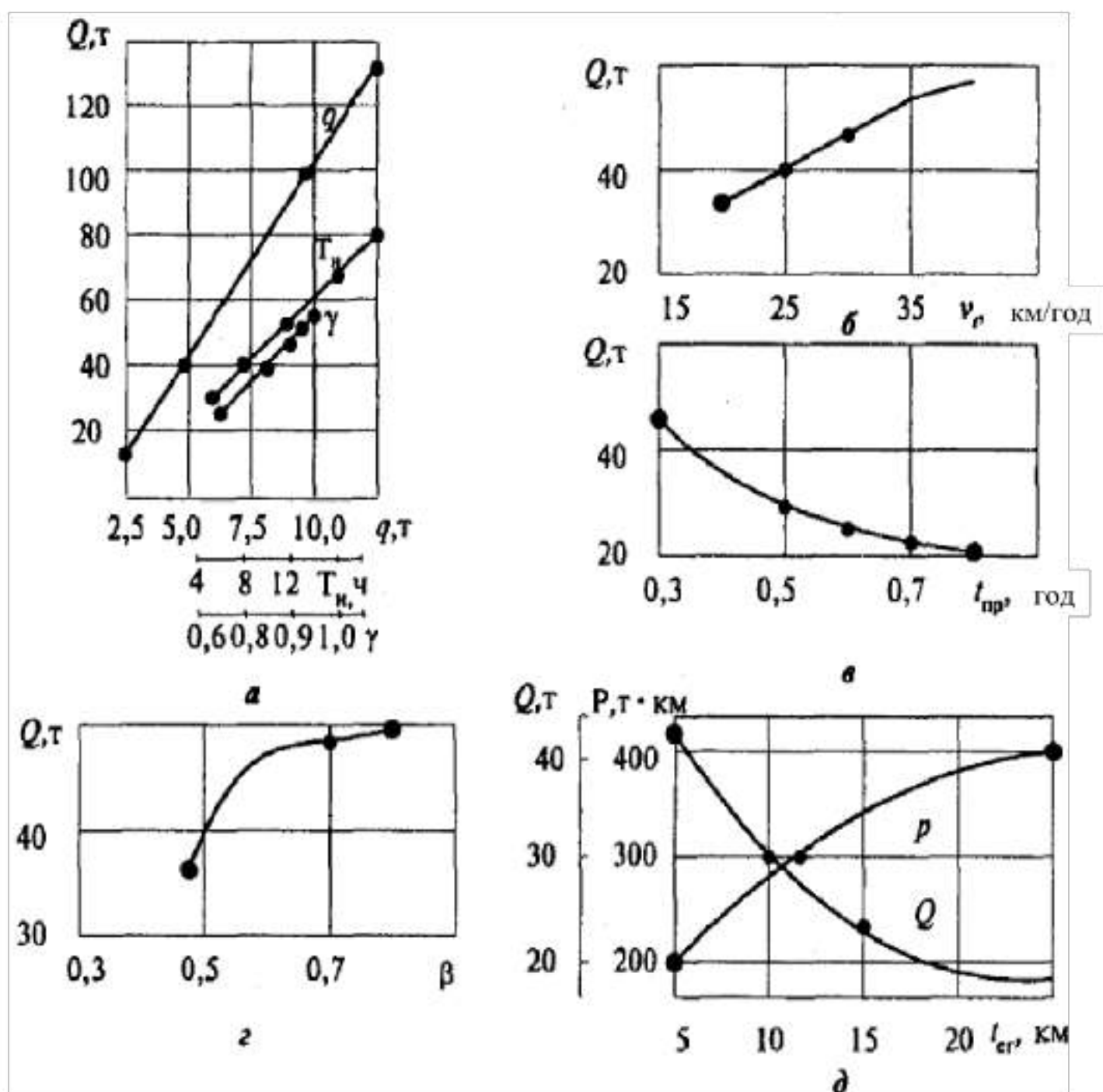


Рисунок 3.2 – Оцінка впливу показників на продуктивність великовантажних АТЗ

Структура собівартості - це склад та співвідношення статей витрат та елементів витрат у загальних експлуатаційних витратах (таблиця 3.1)

Численні дослідження різних авторів, присвячені дослідженню собівартості перевезень на автомобільному транспорті (АТ), показали, що зміна довжини навантаженої їздки або відстань перевезення істотно впливає на собівартість (рис. 3.3) [14]. Природно, що на незначних відстанях перевезення вантажів вона велика, і з

збільшенням відстані перевезення вона знижується. Із збільшенням експлуатаційної швидкості АТЗ та зниженням часу ПРР збільшується продуктивність АТЗ за постійної величини постійних витрат. В цьому випадку знижується питома собівартість перевезень, грн/1 т·км.

Таблиця 3.1 - Структура собівартості перевезень на АТ

№ п/п	Стаття витрат	Повна собівартість, тис. грн.	Калькуляція собівартості		
			1 ткм	1 км	1 год
1	Заробітна плата водіїв	+	+	-	(Умовно) +
Змінні витрати					
2	Паливо	+	+	+	-
3	Масильні та обтиральні матеріали	+	+	+	-
4	Технічне обслуговування та ремонт рухомого складу	+	+	+	-
5	Відновлення та ремонт шин	+	+	+	-
6	Амортизація рухомого складу (у частині, призначеній на капітальний ремонт)	+	+	+	-
Постійні витрати					
7	Накладні витрати	+	+	-	+
8	Амортизаційні відрахування (у частині, що призначена на повне відновлення)	+	+	-	+
Разом		$S_{пов.}$	$S_{ткм}$	$S_{км}$	$S_{пост.}$

Примітка. Позначення "+" показує, що витрати необхідно розраховувати за відповідною статтею; позначення "-" показує, що витрати не розраховуються.

При підвищенні коефіцієнтів використання вантажопідйомності великовантажних АТЗ різко знижується собівартість перевезень (рис. 3.3), витрати на перевезення залежать від обсягу виконаної роботи.

Важливою умовою зниження витрат на перевезення великовантажними АТЗ є збільшення продуктивності великовантажних АТЗ та інших важливих показників праці: економія матеріальних ресурсів (зниження витрат палива, матеріалів, запасних частин тощо); підвищення продуктивності праці водіїв і т.д.

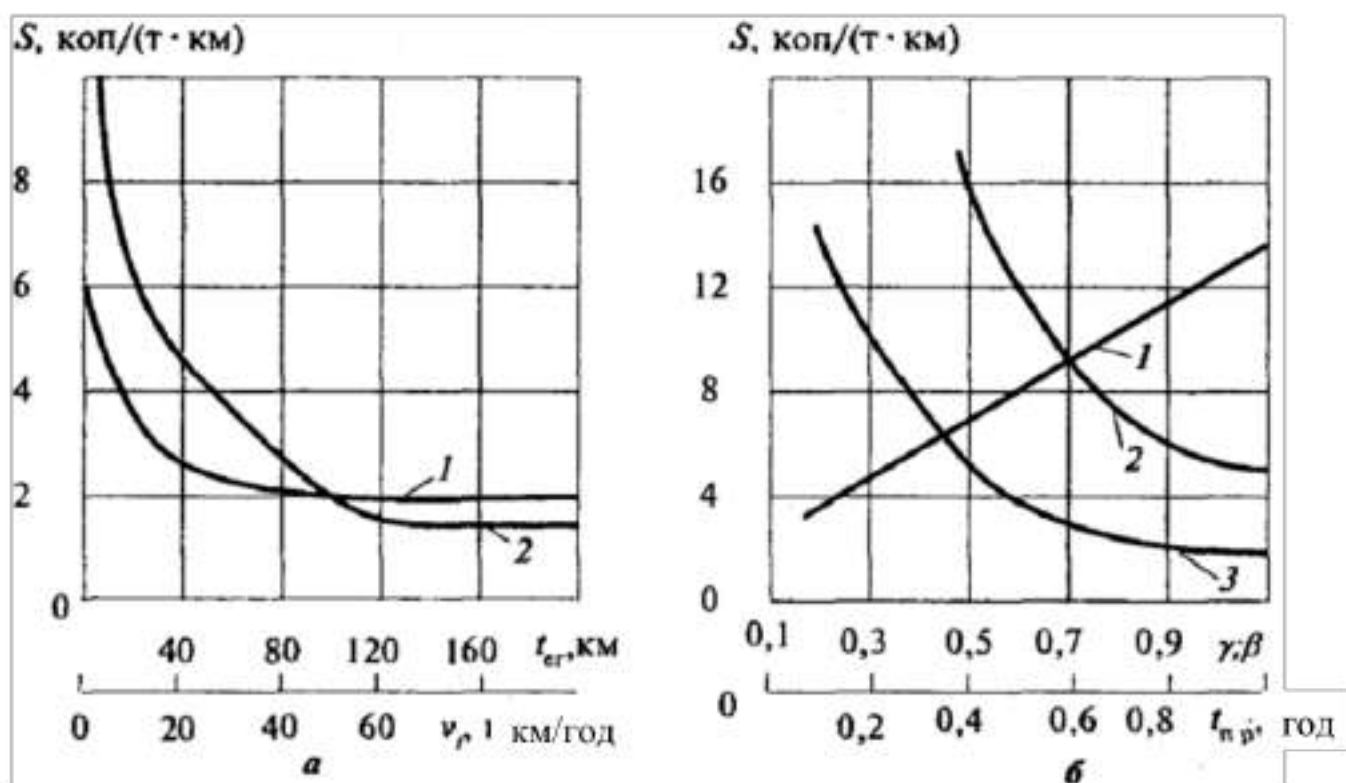


Рисунок 3.3 – Функція зміни собівартості перевезень залежно від різних факторів:

а – довжина навантаженої їздки (1); технічна швидкість (2); б – час ППР (1), коефіцієнт використання вантажопідйомності (2) та пробігу (3)

Численні дослідження показали, що залежність собівартості від коефіцієнта вантажопідйомності та коефіцієнта використання вантажопідйомності (рис. 3.3) носить обернено пропорційний характер [4].

Функція залежності собівартості перевезень великовантажним АТЗ від вантажопідйомності має вигляд:

$$S_q = \frac{a_1}{q\gamma_c}, \quad (3.7)$$

$$a_1 = \frac{S_{\text{пер}}}{\beta} + \frac{S_{\text{пост}}}{V_T \beta} + \frac{S_{\text{пост}} t_{n-p}}{t_{\text{ер}}}. \quad (3.8)$$

На графіку (рис. 3.4) показано, що залежність собівартість перевезень від КВВ виражається рівнобічною гіперболою.

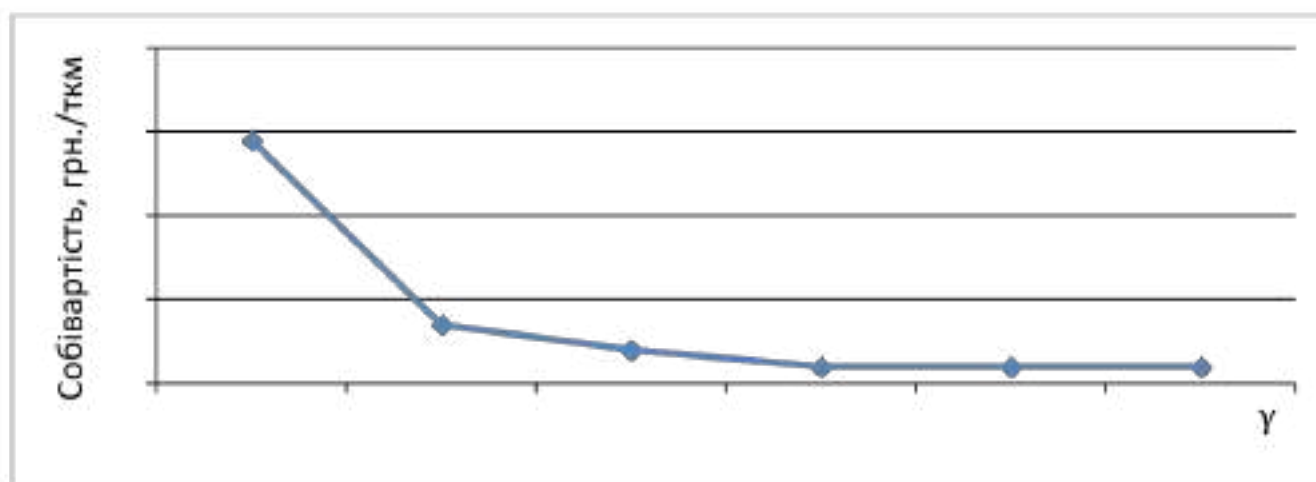


Рисунок 3.4 – Залежність собівартості від коефіцієнта використання вантажопідйомності

Значення показника, що визначає другий критерій, визначиться обернено пропорційною залежністю від коефіцієнта використання пробігу:

$$D_{k2} = f(\gamma_c) = \frac{k_2}{\gamma_c}. \quad (3.9)$$

Важливою особливістю собівартості перевезень, що здійснюються великовантажними АТЗ, є необхідність оцінки зміни витрат за наявності затримок руху, пов'язаних з процедурами вагового контролю.

У цьому випадку необхідно проводити додаткову оцінку ефективності використання автомобілів у перевізному процесі з урахуванням швидкості потоку, щільності потоку та інтенсивності руху АТЗ [4, 7, 9].

Відповідно до перелічених джерел, рівняння стану транспортного потоку визначається швидкістю, щільністю та інтенсивністю, яка також відома (рис. 3.5).

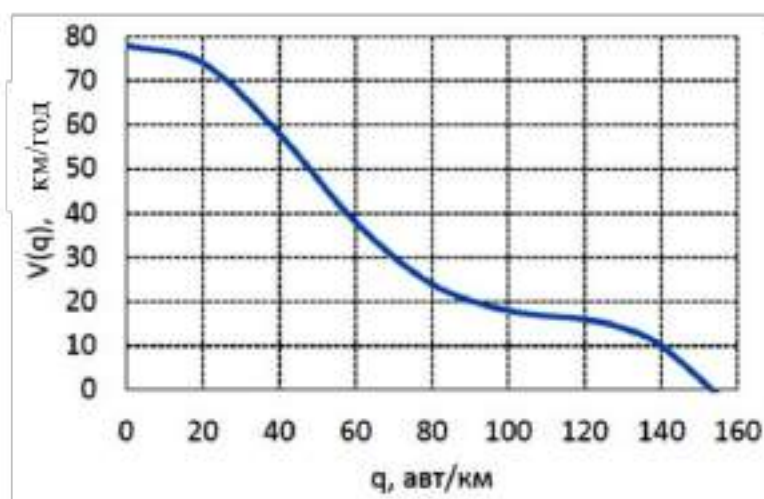


Рисунок 3.5 – Діаграма зміни стану транспортного потоку

Будь-яке зниження швидкості руху або перерва у русі (зупинка), призводять до економічних втрат. Тому при організації дорожнього руху особлива увага має бути звернена на затримки руху. До затримок слід відносити і зниження швидкості через не розраховані затримки в порівнянні з дозволеною для даної дороги [8]. Тобто, необхідно враховувати затримки руху (год), пов'язані з необхідністю проходити ваговий контроль. Затримки руху, що характеризуються втратою часу при проходженні транспортним засобом заданої ділянки  $[l_1, l_2]$  зі швидкістю нижче оптимальної, визначаються за формулою:

$$\Delta T = \int_{l_1}^{l_2} \left( \frac{1}{v_\phi} - \frac{1}{v_0} \right) dl, \quad (3.10)$$

де  $v_\phi$  і  $v_0$  – відповідно фактична та оптимальна швидкість повідомлення (максимально дозволена швидкість).

Як правило, як вихідна величина для визначення затримки руху приймають нормативну швидкість повідомлення цього типу дороги [3, 8].

Тоді втрати часу для транспортного потоку можуть бути визначені виразом:

$$\Delta T = N_a t_\Delta T, \text{ с} \quad (3.11)$$

де  $N_a$  - інтенсивність транспортного потоку, авт/год;

$t_\Delta$  – середня затримка АТЗ, с;

$T$  – інтервал спостереження, год.

Коефіцієнт затримки обчислюється за такою формулою:

$$K_3 = t_\phi / t_p, \quad (3.12)$$

$t_\phi$  - фактичне часу знаходження в дорозі;

$t_p$  - розрахунковий час у дорозі.

Втрати часу для транспортного потоку, год [9, 11]:

$$T = \sum_{i=1}^n q_i K_{\text{пр}i} \Delta T_i, \quad (3.13)$$

де  $q_i$  - інтенсивність руху транспортних засобів  $i$ -го типу;

$K_{\text{пр}i}$  - коефіцієнт приведення транспортних засобів  $i$ -го типу.

Інтенсивність руху транспортних засобів зазвичай визначаються так [3, 9]:

$$q = \frac{n_t}{T} \quad (3.14)$$

де  $n_t$  - кількість автомобілів за одиницю часу;

$T$  - час спостереження, год.

Наведена методика визначення часу дозволяє перейти до розрахунку економічних втрат від затримок транспорту. При цьому втрати часу визначаються за методикою, запропонованою М.С. Фішельсоном і регулярно застосовується в різних дослідженнях [7, 9]. Дана методика формалізує обернено пропорційну залежність між величиною втрат і швидкістю руху транспортних засобів і може бути уточнена з урахуванням наведеного вище матеріалу наступним положенням: витрати при фактичній швидкості сполучення транспортних засобів, тобто за наявності затримок у русі повинні визначатися експоненційною залежністю:

$$C_\phi = C_0 \exp^{K_n T} \quad (3.15)$$

де  $C_0$  - витрати на експлуатацію транспортних засобів при оптимальній швидкості руху, тис. грн.;

$K_n$  - коефіцієнт, що враховує затримки великовантажних АТЗ у пунктах вагового контролю.

### 3.2.3 Оцінка критерію шкоди, що завдається вантажним АТЗ дорожньому покриттю

У методики визначення шкоди, заподіяної АТЗ дорожнім покриттям, застосують такі основні поняття:

- 1) нормативне (розрахункове) осьове навантаження АТЗ;
- 2) допустиме осьове навантаження АТЗ;
- 3) міжремонтний термін служби;
- 4) розрахунковий термін служби дорожнього одягу

Збитки  $I_{pj}$  дорожньому одягу по одному проходу  $j$ -ої осі великовантажного АТЗ по одному кілометру визначаються за формулою:

$$I_{pj} = K_c \cdot \frac{Y}{\Delta N_p}, \quad (3.16)$$

де  $K_c$  – сезонний коефіцієнт агресивності дії навантаження АТЗ;

$\Delta N_p$  – наведена до розрахункових осьових навантажень кількість проїздів, що знижує розрахунковий термін служби дорожнього одягу ( $T_H$ ) з модулем пружності  $E_p$  до величини фактичного терміну служби ( $T_\Phi$ );

$Y$  – витрати на компенсацію шкоди від проїзду великовантажних АТЗ з урахуванням витрат на капітальний ремонт ( $C_y$ ) та поточний ремонт ( $C_{\Pi}$ ) визначаються за формулою, (грн/км):

$$Y = \frac{C_y \cdot \alpha_j}{(1 + E_{\Pi\Pi})^{T_\Phi}} + C_{\Pi} \cdot \alpha_{Cj}, \quad (3.17)$$

де  $\alpha_j$  та  $\alpha_{Cj}$  – коефіцієнти приведення навантаження  $Q_j$  до розрахункового навантаження  $Q_p$ ;

$E_{\Pi\Pi}$  - норматив для приведення різночасних витрат.

Витрати на поліпшення властивостей дорожнього одягу визначаються за формулою:

$$C_y = 142,857 \cdot a \cdot (e^{bE_{\text{тр}}} - e^{bE_{\text{ф}}}) \cdot Z_d \cdot X_d \cdot B_{\text{ш}} \cdot K_{\tau} \cdot K_{\text{инф}} \cdot K_{\text{уд}}, \quad (3.18)$$

де  $a$  і  $b$  - емпіричні коефіцієнти, що диференціюють вартість 1 м<sup>2</sup> дорожнього одягу за модулем пружності конструкції ( $a = 28,0$ ;  $b = 0,0075$ );

$E_{тр}$  та  $E_{ф}$  – відповідно розрахунковий та фактичний модулі пружності дорожньої конструкції, МПа;

$B_{ш}$  – ширина проїжджої частини, м;

$K_{т}$  – коефіцієнт витрат (перехідний коефіцієнт  $K_1$ , за додатком 1 [4]);

$Z_{д}$  – емпіричний коефіцієнт, що враховує витрати по суміщенню робіт з роботами з ремонту (таблиця 3.2);

$X_{д}$  – коефіцієнт обліку поточних цін (16,87);

$K_{інф}$  – коефіцієнт інфляції;

$K_{уф}$  – коефіцієнт подорожчання за додатком 1 [3].

Таблиця 3.2 - Типи дорожнього покриття

Тип дорожнього одягу	Категорія доріг	Коефіцієнти	
		$Z_{д}$	$Z_{а}$
Капітальний	I та II	2,07	1,49
	III	2,13	1,53
	IV	2,20	1,60
Полегшений	III; IV та V	2,44	1,76
Перехідний	IV та V	3,70	2,66

Наведена до розрахункового АТЗ інтенсивність руху транспортного потоку з великовантажними АТЗ в перший рік, що розглядається:

$$N_{1x} = xN_1, \quad (3.19)$$

де  $x$  - коефіцієнт за рахунок потоку великовантажних АТЗ;

$N_1$  – інтенсивність руху, наведена до розрахункового навантаження  $Q_p$ , од/добу.

$N_1$  визначається за формулою відповідно до геометричної прогресії:

$$N_1 = f \frac{N_{пр}}{q^{T_H-1}} \sum_1^{\omega} \alpha_j \cdot p_j, \quad (3.20)$$

де  $N_{пр}$  - перспективна інтенсивність руху, авт/добу.;

$q$  – коефіцієнт зростання інтенсивності руху ( $q_1$ );

$\omega$  – кількість типів АТЗ транспортному потоці;

$T_H$  – розрахунковий міжремонтний термін [4];



$F$  – коефіцієнт смужності;

$P_j$  – частка окремих типів АТЗ.

Коефіцієнт ( $\alpha_j$ ) визначається за формулою:

$$\alpha_j = \left(\frac{q_j}{q_p}\right)^\beta, \quad (3.21)$$

де  $\beta$  – показник відповідно до типу дорожнього одягу (таблиця 3.3) [4].

Таблиця 3.3 – Показник  $\beta$

Тип дорожнього одягу, категорія доріг	$K_{np}^*$	$\beta$
Дорожній одяг капітального типу на дорогах I-II категорії	1,00	4,4
Дорожній одяг капітального типу на дорогах III-IV категорій	0,94	4,4
Полегшений дорожній одяг	0,90	3,0
Перехідний дорожній одяг	0,63	2,0

\* $K_{np}$  – коефіцієнт відносної міцності дорожнього одягу.

Повторюваність на смузі великовантажних АТЗ за період  $t$ :

$$\Delta N_p = n \cdot \frac{q^t - 1}{q - 1} \cdot (N_{1x} - N_1), \quad (3.22)$$

де  $n$  - кількість днів у році.

Модуль пружності конструкції  $E_t$ :

$$E_t = E_i \cdot K_{np} \cdot K_{per} \cdot K_{ci} \cdot K_z \frac{1}{x_i}, \quad (3.23)$$

$$E_i = A + B \cdot \left[ \lg \left( \gamma \cdot \omega \cdot N_1 \frac{q^{T_n - q^{t_i}}}{q - 1} \right) - 1 \right], \quad (3.24)$$

де  $A, B, \gamma, \omega, K_{np}, K_z, K_{per}$  – показники, що враховують кліматичні фактори;

$K_{ci}$  - коефіцієнт опору конструктивних шарів дорожнього одягу зсуву та розтягуванню при згині;

$x_i$  - параметр, що визначається надійністю дорожнього одягу.

Формула (3.24) справедлива за величиною під логарифмом  $\geq 5$

$$T_\phi = \frac{1}{\lg q} \lg \left[ \frac{10^x \cdot (q - 1)}{\gamma \cdot \omega \cdot N_{1x}} + 1 \right], \quad (3.25)$$

$$X = \frac{E_i - A}{B} + 1, \quad (3.26)$$

$$E_i = \frac{E_p \cdot X_i}{K_{np} \cdot K_{per} \cdot K_{cn} \cdot K_z}, \quad (3.27)$$

Тоді витрати на ремонт 1-го кілометра дороги (грн/км):

$$C_n = 10^3 \cdot Z_n \cdot C_n^* \cdot X_n \cdot \Delta C_n \cdot B_{ш} \cdot K_T \cdot K_{кнф} \cdot K_{уд}, \quad (3.28)$$

де  $B_{ш}$  - ширина проїжджої частини, м;

$\Delta C_n$  – показники частки витрат на ремонт, пов'язані з впливом великовантажних АТЗ;

$X_n$  - поправочний коефіцієнт-дефлятор, що визначає вартість ремонту  $C_n$  в  $t$ -му році по відношенню до 1991;

$K_{уд}$  - коефіцієнт подорожчання.

Вплив великовантажних АТЗ викликає прискорене зношування дорожніх покриттів та скорочення міжремонтних термінів, не змінюючи в цілому вартості поточного ремонту (поверхнева обробка) - ПР, що визначається різницею різночасних витрат:

$$\Delta C_n = \sum_1^m \frac{1}{(1+E_{нп})^{t_{фп}}} - \sum_1^\mu \frac{1}{(1+E_{нп})^{t_{п}}}, \quad (3.29)$$

де  $t_{фп}$  – фактичний час проведення ПР, роки;

$t_{п}$  – нормативний час проведення ПР, роки;

$E_{нп}$  – дисконт приведення різночасних витрат - 0,12 [3];

$M$  – фактична кількість ПР в межах терміну служби дороги  $T_{ф}$ ;

$\mu$  – нормативна кількість ПР у межах фактичного терміну служби дорожнього одягу.

Вплив великовантажних АТЗ на зміну нормативних термінів служби оцінюють за рівнем їхнього впливу на знос дорожніх покриттів:

$$T_{фп} = \frac{\alpha_{ср}}{\alpha_{сj}} \cdot T_{п}, \quad (3.30)$$

де  $\alpha_{ср}$  - коефіцієнт, що приводить до розрахункового навантаження ( $\alpha = 1$ ,  $P^* = 0,6$  МПа);

$\alpha_{cj}$  – коефіцієнт врахування  $j$ -ої осі великовантажного АТЗ до розрахункового навантаження 100 кН [3];

$$\alpha_{cj} = 0,324 \cdot \frac{P_j^* + 0,02}{0,8 - P_j^*}, \quad (3.31)$$

де  $P_j^*$  – середній питомий тиск у площині контакту колеса АТЗ (МПа), визначається залежно від осевого навантаження АТЗ за таблицею 3.4 [4].

Таблиця 3.4 - Різні залежності від осевого навантаження транспортного засобу

$Q_j$ (тс)	$P_j^*$ (МПа)	$Q_j$ (тс)	$P_j^*$ (МПа)	$Q_j$ (тс)	$P_j^*$ (МПа)	$Q_j$ (тс)	$P_j^*$ (МПа)
4	0,38	8	0,56	12	0,64	16	0,68
5	0,47	9	0,58	13	0,65	17	0,69
6	0,51	10	0,60	14	0,66	18	0,70
7	0,54	11	0,63	15	0,67	19	0,71

Тоді кількість ТР дорожнього покриття в межах фактичного терміну служби дорожнього одягу ( $m$ , ціле число):

$$m = \frac{T_\phi}{T_{\phi\Pi}}. \quad (3.32)$$

Сезонний коефіцієнт агресивності впливу навантаження АТЗ визначається залежно від зміни сезонної рівності дорожнього покриття:

$$K_c = 10^Y, \quad (3.33)$$

$$Y = \frac{E_p \cdot (K_j - 1)}{B \cdot K_{np} \cdot K_{per} \cdot K_j}, \quad (3.34)$$

$K_j$  - середнє значення коефіцієнтів варіації міцності дорожнього одягу для різних періодів року.

Особливості визначення шкоди від великовантажних АТЗ у період весняного обмеження руху:

1. У формулі (3.19) замінюється інтенсивність руху  $N_i$  на допустиму інтенсивність руху в період сезонного обмеження руху  $N_{дi}$ , наведену до

розрахункового навантаження 100 кН:

$$N_{1x} = xN_{d1}. \quad (3.35)$$

2. Величину шкоди визначають на основі даних діагностики доріг ( $K_{пр}$ ) та допустимого осьового навантаження (таблиця 3.5).

Таблиця 3.5 - Допустимі осьові навантаження великовантажних АТЗ

Коефіцієнт міцності*, $K_{пр}$	Допустиме навантаження ( $Q_{доп}$ ) на кожен вісь транспортного засобу при:		
	одиначна вісь, т	двовісний візок, т	тривісний візок, т
1,14 - 1,09	12	10	9
1,08 - 1,05	11	9	8
1,04 - 1,00	10	8	7
0,99 - 0,94	9	7	6
0,93 - 0,88	8	6	6
0,87 - 0,81	7	6	5
0,80 - 0,71	6	5	4
0,70 - 0,60	5	4	3
0,59 - 0,50	4	3	3

Викладена методика дозволяє розрахувати величину шкоди  $I_j$  у будь-який момент та за будь-який період у межах фактичного терміну служби дорожнього одягу  $T_{ф1}$ . Так, при осьовому навантаженні ( $Q_j > Q_{доп}$ ), величина питомої шкоди (грн./км):

$$I_j = \frac{C_k}{\Delta N_p} \cdot \alpha_j \cdot \frac{1}{(1 + E_{нп})^{T_{ф1}}}, \quad (3.36)$$

$$\Delta N_p = n \cdot \frac{q^{T_{ф1}} - 1}{q - 1} \cdot (N_1 - N_{d1}), \quad (3.37)$$

де  $n$  - розрахункова кількість днів у році;

$q$  - показник зростання інтенсивності руху в часі ( $q > 1$ );

$E_{нп}$  - норматив для приведення різночасних витрат (в середньому 0,12);

$\alpha$  - коефіцієнт приведення  $j$ -того осьового навантаження до розрахункового  $Q = 100$  кН;

$C_k$  - витрати на передчасний капітальний ремонт (у момент  $T_{ф1}$ );

$N_1$  та  $N_{d1}$  - відповідно інтенсивність руху та додаткова транспортного потоку АТЗ з

$Q_j > Q_{\text{доп}}$  та допустима інтенсивність руху на дорозі, наведені до розрахункового осевого навантаження авт/добу.

Розрахунок витрат на передчасний КР - СК здійснюють (3.18) з урахуванням кореляційні залежності для розрахунку шкоди  $I_j$  (грн/км) за формулою (3.23):

– для асфальтобетонного покриття:

$$I_j = I_{1к} \cdot \left( 1 + 0,2 \cdot \Delta Q^{1,92} \cdot \left( \frac{a}{Q} - b \right) \right), \quad (3.38)$$

де  $I_{1к}$  - вихідне значення шкоди (грн/км);

$a$  та  $b$  – емпіричні параметри, що залежать від категорії доріг (таблиця 3.6):

– для гравійного покриття:

$$I_j = N_{1к} \cdot \left( 1 + 0,14 \cdot \Delta Q^{1,24} \cdot \left( \frac{7,3}{Q} + 0,27 \right) \right). \quad (3.39)$$

Таблиця 3.6 - Емпіричні параметри, що залежать від категорії доріг

Категорія дороги	I	II	III	IV
$a$	98	38,5	35,3	11,3
$b$	8,8	2,76	2,33	0,03
ЕТР, МПа	347	284	249	233

У методиці визначення шкоди, заподіяної великовантажними АТЗ дорожнім покриттям, інтенсивність руху  $I$  розраховується з урахуванням збільшення середньорічної добової інтенсивності руху, яка визначається за формулою:

$$\Delta N_p = \frac{QK}{Dq_{\text{ср}}\beta\gamma}, \quad (3.40)$$

де  $Q$  – вантажна пружність перегону, т·км/км;

$K$  - коефіцієнт, що враховує у складі потоку автомобілі, що не перевозять вантажі, що орієнтовно приймається рівним 1,15 ... 1,25;

$q_{\text{ср}}\beta\gamma$  – продуктивність автомобіля на 1 км пробігу на рік.

Таким чином, з урахуванням формул (3.30, 3.31 та 3.34) значення показника, що визначає третій критерій, визначиться обернено пропорційною залежністю від коефіцієнта використання пробігу.

$$D_{k3} = f(\gamma_c) = \frac{k_3}{\gamma_c}, \quad (3.41)$$

### 3.3 Стратегія визначення оптимального стану досліджуваної системи «автомобіль-дорога»

#### 3.3.1 Вибір методу вирішення багатокритеріального завдання

Використовуючи ці загальні принципи системного методу дослідження, і враховуючи при цьому універсальність і відносність понять, що застосовуються, сформулюємо логічно доцільну послідовність етапів дослідження і конкретизуємо сутність їх на кожному етапі. Рамки розглянутої проблеми обмежують світ об'єктів, що підлягають дослідженню. Залежно від цілей останнього серед об'єктів виділимо системні утворення, розглядаючи інші як їхнє «оточення». Враховуючи, що сьогодні відсутнє однозначне визначення поняття «система», воно все ще обговорюється та уточнюється, прийmemo для подальшого викладу таку версію цього центрального поняття підходу, що розглядається.

Система – кінцева, взаємопов'язана безліч елементів, виділених з оточення (середовища), функціонування яких має чітку цілеспрямованість у рамках аналізованої проблеми (завдання) та певного при цьому часового інтервалу.

Елементи – частини або компоненти системи. Поняттєва інтерпретація їх різноманітна.

Вище ми розглянули окремі складові системи, що досліджується. Але знання функції елемента ще не визначає всіх його граничних властивостей і тим більше якісних. Тільки комплексне дослідження здатне забезпечити виявлення всіх показників як окремого елемента, і, тим паче, всього об'єкта загалом. Відносність поняття «елемент» визначає відносність функції. Підкреслюючи це, виділятимемо загальну функцію всього об'єкта, часткові функції окремих його елементів. Це вкотре підкреслює наявність і необхідність кількох стадій у дослідженнях об'єкта виявлення згаданих властивостей.

Якщо комбінація властивостей об'єкта характеризує його стан, то сукупність станів  $Q = \{Q_1; \dots; Q_i; \dots; Q_n\}$  свідчить про його мінливості і визначає область можливих станів об'єкта за умов його існування, характеризуючи цим поведінку об'єкта. Оскільки умови змінюються з часом, у ході досліджень необхідно фіксувати

аналізовані моменти часу  $t = \{t_1; \dots; t_i; \dots; t_n\}$  функціонування об'єкта й у цих моментах визначати його стану  $Q = \{Q_i\}$ , тобто встановлювати відповідність між елементами упорядкованих множин типу  $t \rightarrow Q$ . У ході всебічного дослідження об'єкта на певному етапі важливо встановити наявність та закономірності змін його властивостей у ході взаємодії з іншими об'єктами та, навпаки, вплив даного об'єкта на інші з ним взаємодіючі. Здатність об'єкта до зазначених змін, називається «адаптацією», і є підставою для віднесення об'єкта до класу "Систем".

За всієї універсальності загального поняття системи при конкретизації поняття раціонально виділяти два характерні види системних утворень: «об'єкт» та «процес».

Говорячи про опис процесу приписами, що регламентують його, зупинимося на нюансах відмінності використовуваних для цих форм інструкцій, зокрема, виділених вище. Так, колись чисто математичне поняття «алгоритм» через свої характерні риси знаходить дедалі більше застосування під час опису процедур процесів у різних галузях діяльності.

Процес перетворення в загальному випадку є сукупністю операцій. З урахуванням сказаного, алгоритм – це модель процесу перетворення інформації, що однозначно описує як зміст, так і послідовність його операцій. У термінах теорії множин алгоритм можна трактувати як впорядковану безліч операцій, їх відношень та умов переходу від однієї операції до іншої.

У математиці виділяють три характерні властивості алгоритму: визначеності (детермінованості), масовості та результативності. Цікаво простежити прояв цих властивостей практично технічного проектування. Так, вимоги визначеності у понятті алгоритму визначає відповідне пізнання, детальне опрацювання та опис процесу, що забезпечують однозначне «тлумачення» оператором впливів на операнд.

Тільки такий рівень моделювання процесу забезпечує відтворення моделей технічними засобами (комп'ютером, технічними системами з програмним управлінням), що функціонують автоматично при практичному здійсненні процесу перетворення. Звідси не кожна модель процесу може бути названа алгоритмом, а значить не завжди можна масово реалізовувати універсальний принцип автоматизації, відповідно, в інформаційній та матеріальній сферах реалізації процесу

перетворення.

Згадане раніше другою властивістю масовості алгоритму зумовлює необхідність її універсализації, що виявляється на практиці у допущенні певної множинності, мінливості, насамперед, характеристик входу і, відповідно, виходу операнда. Однак розширення діапазону можливої мінливості характеристик, що означає універсализацію алгоритму, призводить до його громіздкості, отже, до можливого зниження ефективності і навіть до ймовірного невиконання властивості - результативності (нездатності технічного засобу-системи забезпечити виконання функції, що йому надається алгоритмом). Тому в кожному конкретному випадку необхідний пошук «золотої середини» під час вирішення проблеми регламентації можливостей алгоритму та його технічної реалізації у конкретній технічній системі. У цьому слід розрізняти різновид алгоритму виділенням понять «жорсткого» і «гнучкого» мінливого алгоритмів. Останній вид показує теоретичну та практичну можливість забезпечувати адаптацію системи за допомогою відповідної зміни моделі процесу її функціонування. Але, повторимося, згадані зміни застосування алгоритму мають бути оцінені як з технічної, на предмет можливості технічної реалізації, так і з економічної сторін, що підтверджують доцільність ускладнення технічної системи.

З урахуванням сказаного стає зрозумілим необхідність серед процесів, що розглядаються в техніці і, зокрема, в процесах перетворення, особливо виділити процеси управління та регулювання, а при описі поведінки системи використовувати поняття «рівновагу», «стійкість».

Визначимо, що необхідно оптимізувати (мінімізувати чи максимізувати)  $m$  критеріїв. Розглянемо випадок максимізації:

$$k_j \rightarrow \max, k_i > k_{i0}, i = \overline{1, m}, i \neq j \quad (3.42)$$

Перший випадок: можна максимізувати суму критеріїв:

$$K = \sum_{i=1}^m k_i \rightarrow \max \quad (3.43)$$

або добуток критеріїв:

$$K = \prod_{i=1}^m k_i \rightarrow \max. \quad (3.44)$$



Можна застосовувати метод визначення «вагових» коефіцієнтів. Наприклад,

$$K = \sum_{i=1}^m C_i k_i \rightarrow \max, \quad (3.45)$$

де  $C_i$  - значимість або вага  $i$ -го показника за  $j$ -им критерієм ефективності.

Можна максимізувати (частину –  $q$  критеріїв), а частину ( $m-q$ ), що залишилася, мінімізувати:

$$K = \frac{\prod_{i=1}^q k_i}{\prod_{i=q+1}^m k_i} \rightarrow \max. \quad (3.46)$$

Дані методи мають важливий недолік: ефективність по одному критерію компенсується за рахунок іншого критерію. Уникнути цього недоліку можна лише застосовуючи методи визначення множини ефективних планів (множини Парето) [5], спрямованим на зняття невизначеності в досліджуваній системі та уточнення стратегії прийняття рішення.

### 3.3.2 Модель визначення безлічі ефективних планів у системі «автомобіль-дорога»

Управління виробничими процесами здійснюється шляхом реалізації послідовності прийнятих рішень. У разі необхідності визначення стратегії дій за декількома критеріями ефективності та з метою зменшення несприятливих наслідків у кожному конкретному випадку слід враховувати ступінь ризику та наявну інформацію. І тут стратегія прийняття рішення (СПР) повинна знаходити рішення, яке максимально враховує параметри середовища дослідження.

Вибір оптимальної стратегії у даних випадках визначається рядом критеріїв, таких як:

1. Критерій Вальда -критерій крайнього песимізму. За критерієм Вальда за оптимальну приймається стратегія, яка за найгірших умов гарантує максимальний виграш. Критерій Вальда орієнтує статистику на найнесприятливіші умови.

Згідно з цим критерієм оцінкою для  $i$ -ї альтернативи є її мінімальний виграш:

$$W_i = \min(x_{ij}), j = 1 \dots M. \quad (3.47)$$

Тоді оптимальна альтернатива:

$$X^* = X_k, W_k = \max(W_i), i = 1 \dots N. \quad (3.48)$$

Недолік критерію Вальда – неможливість визначити найкращу стратегію.

2. Критерій Лапласа(Критерій «максимаксу»).

За критерієм Лапласа оцінкою альтернативи є середнє значення виграшу:

$$L_i = \frac{\sum_{j=1}^M x_{ij}}{M}. \quad (3.49)$$

Тоді оптимальна альтернатива визначається як:

$$X^* = X_k, L_k = \max(L_i), i = 1 \dots N. \quad (3.50)$$

Це досить популярне рішення, але так само як і критерій Лапласа не дозволяє отримати найбільш ефективне рішення.

3. Критерій Севіджа. Завдання критерію – знайти найкраще рішення, що максимізує можливий прибуток та мінімізує можливий збиток. Суть критерію полягає у виборі такої стратегії, щоб не допустити надмірно високих збитків, до яких вона може призвести. Тут знаходиться матриця ризиків, елементи якої показують, який збиток зазнає людина (фірма), якщо для кожного стану природи не вибере найкращої стратегії.

$$R = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{pmatrix}_{m \cdot n}. \quad (3.51)$$

Елементи матриці ризиків знаходяться за формулою:

$$r_{ij} = \max_i a_{ij} - a_{ij}, \quad (3.52)$$

де  $\max_i a_{ij}$  – максимальний елемент у стовпці вихідної матриці.

Оптимальна стратегія визначається виразом -  $\min_i (\max_j r_{ij})$ .

4. Критерій Гурвіца. Враховує вкрай можливі оцінки  $x_{i \max}$  та  $x_{i \min}$  кожної альтернативи:

$$x_{i \max} = \max(x_{ij}), x_{i \min} = \min(x_{ij}), j = 1 \dots M \quad (3.53)$$

при врахуванні «коефіцієнта оптимізму» (?),

$$0 \leq \lambda \leq 1.$$

Тоді оптимальне рішення визначається за такою формулою:

$$H_i(\lambda) = \lambda \cdot x_{i \max} + (1 - \lambda) \cdot x_{i \min}. \quad (3.54)$$

Оптимальною визначається альтернатива з максимальним значенням показника ефективності:

$$X^* = X_k, H_k(\lambda) = \max(H_i(\lambda)), i = 1 \dots N. \quad (3.55)$$

Наведені розрахунки у низці досліджень [5, 6] показують, що ці представлені критерії є суб'єктивним апаратом до ухвалення рішень (при однакових вихідних даних можуть давати різні варіанти рішень). Для того, щоб знайти прийнятне (оптимальне) рішення, необхідно, при застосуванні цих критеріїв, уточнення ситуації чи визначення стану довкілля, тобто інформація із довкілля дає можливість уточнити той чи інший метод. Однак існують інші способи, за допомогою яких можна визначати шлях знаходження рішення.

### 3.3.3 Постановка задачі оптимізації в системі перевезень вантажів вантажними АТЗ у системі «автомобіль-дорога»

Дослідження системи має на меті опис системи. Але описати останню – значить дати моделі її. Моделювання, як інструмент дослідження та побудови теорії, особливо важливе з урахуванням вимог щодо формалізації останньої. Це пояснюється такими перевагами моделі перед словесним (вербальним) описом як стислість і точність уявлення. Вона робить зрозумілою загальну структуру об'єкта, що досліджується, розкриває важливі причинно-наслідкові зв'язки. З цієї причини будемо розглядати модель як засіб осмислення дійсності, і засіб спілкування, і засіб навчання, і інструмент прогнозування, і засіб постановки експериментів. Особливості об'єкта, що досліджується, визначають форму опису моделі. У більшості випадків використовуватимемо символічну форму.

Функціональний  $S_\Phi$  опис покликаний відобразити призначення системи, місце та час її функціонування, взаємини з іншими системами проблеми. Будь-яка штучна система створюється заради досягнення певної структури цілей, опис якої

характеризують її призначення. При цьому виявляються і описуються як безліч складових цілей, так і зв'язки, відношення між ними.

Конкретизація цілей передбачає опис поведінки системи, визначається як упорядкована у часі  $t = \langle \tau_1; \dots; \tau_i; \dots; \tau_n \rangle$  безліч її станів  $Q = \langle Q_1; \dots; Q_i; \dots; Q_n \rangle$ . Тому цілеспрямовану поведінку системи, що веде до бажаних результатів, називатимемо функцією системи, а процес її існування при цьому – функціонуванням.

Складність системи визначає необхідність виявлення та описи, як інтегральної функції всієї системи, так і диференціювання її на усю глибину побудови системи для виявлення функцій складових її елементів.

Так як у більшості випадків, функціональна властивість системи відображається і в її параметричних характеристиках, то в загальному вигляді структура моделі цієї сторони прояву властивостей описується математичним виразом

$$E = R(X), \quad (3.56)$$

$E$  - результат функціонування (вихід системи);

$X$  - змінні та параметри характеристик (вхід) системи;

$R$  - оператор перетворення.

Загалом  $R$ -перетворення може бути алгебраїчним, логічним, диференціальним, інтегро-диференціальним оператором, скалярним, векторним, матричним, складеним на підставі статистичних досліджень системи або на підставі знання пристрою системи.

Встановлення конкретного виду  $R$ -перетворення здійснюється або під час дослідження даної системи, або на підставі використання досвіду попередніх досліджень систем-аналогів.

Зміст функціонального опису представимо виразом (3.57), що перераховує безліч характеристик, що відображають ту чи іншу сторону прояву функціональної властивості

$$S_{\Phi} = \{Q, t, E, X\}. \quad (3.57)$$

Морфологічний  $S_M$  опис системи покликаний конкретизувати загальний вираз:

$$S_M = \{\mathcal{E}, C, O, K\}, \quad (3.58)$$

де  $S_M$  – символ морфологічного опису;

$\mathcal{E}$  – символ безлічі елементів та його властивостей;

$C$  – символ множини зв'язків;

$O$  – символ структури організації;

$K$  – символ композиції.

Перша мета морфологічного дослідження – виявлення складу елементів системи. За своєю природою може бути гомогенним (однорідним), гетерогенним чи змішаним.

Особливості кожного елемента виявляються через значення характеристичних властивостей. Усю безліч їх  $M = \{m_1; \dots; m_i; \dots; m_j\}$  на цьому рівні пізнання ділитимемо на дві підмножини. Першу становлять якісні властивості, звані надалі «ознаками», щодо яких можна сказати лише судження типу «так – ні», тобто, кожен елемент  $E_i$  або має дану ознаку, або не володіє ними.

Іншу підмножину становлять властивості, що характеризуються числовими значеннями і звані надалі «параметрами». Якщо область значень параметра розбити на кінцеве число інтервалів, що не перетинаються, які суцільно заповнюють  $\bar{m}_i$ , то сказане можна записати виразом, наприклад, для параметра  $m = \{m_{1i}; \dots; m_{ji}; \dots; m_{lj}\}$ .

Тут параметр  $m_i$  має  $i \dots k$  інтервалів значень.

З інших позицій всі властивості досліджуваних систем та об'єктів ділитимемо на речові (матеріальні), енергетичні, інформаційні та враховуватимемо це при описі.

З позиції висловлених вище пояснення зв'язків ( $C$ ) між елементами системи в ході морфологічного дослідження останньої, необхідно виявити і описати склад зв'язків та схему їх мережі, названу «структурою», оцінити нею зв'язність елементів.

Безліч зв'язків між елементами класифікується по суті на речові, енергетичні, інформаційні, а за характером зв'язків на прямі, зворотні, нейтральні.

Тому при виявленому різноманітті зв'язків необхідно описати відповідну кількість структур зв'язків, залежно від того, застосовуючи при цьому методи, що максимально відповідають інформаційному стану системи.

Розглянемо один із них – метод районування за принципом домінування можливих варіантів з наступним вибором оптимального.

Прийнемо позначення:

$m$  – число можливих стратегій щодо організації перевезення навалочних вантажів;

$n$  – число критеріїв, які необхідно враховувати у системі;

$a_{ij}$  -показник  $i$ -ої стратегії для  $j$ -го критерію,  $i=?$

Тоді матриця вибору стратегії з організації перевезення навалочних вантажів у системі «автомобіль-дорога» матиме вигляд:

$$\|a_{ij}\| = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix}. \quad (3.59)$$

Постановка задачі із завданням з урахуванням розробленої моделі оптимізації перевезень навалочних вантажів, представлених вище на рис. 3.1:

$$\begin{aligned} K_1 &= a_{11}x_1 + a_{21}x_2 + a_{31}x_3 \rightarrow \max, \\ K_2 &= a_{12}x_1 + a_{22}x_2 + a_{32}x_3 \rightarrow \min, \\ K_3 &= a_{13}x_1 + a_{23}x_2 + a_{33}x_4 \rightarrow \min, \\ x_1 + x_2 + x_3 &= N. \end{aligned} \quad (3.60)$$

Визначимо обмеження:

$$x_i = \begin{cases} N, & i = j \\ 0, & i \neq j \end{cases}. \quad (3.61)$$

Тоді матриця вибору стратегії з організації перевезення навалочних вантажів у системі «автомобіль-дорога» набуде наступного вигляду:

$$A = \begin{pmatrix} k_{11}\gamma_c + b_1 & \frac{k_{12}}{\gamma_c} & \frac{k_{13}}{\gamma_c} \\ k_{21}\gamma_c + b_2 & \frac{k_{22}}{\gamma_c} & \frac{k_{23}}{\gamma_c} \\ k_{31}\gamma_c + b_3 & \frac{k_{32}}{\gamma_c} & \frac{k_{33}}{\gamma_c} \end{pmatrix}. \quad (3.62)$$

Отже, для досягнення цілі дослідження треба вирішити завдання з наступною постановкою:

$$\left\{ \begin{array}{l} K_1 = (k_{11}\gamma_c + b_1)x_1 + (k_{21}\gamma_c + b_2)x_2 + (k_{31}\gamma_c + b_3)x_3 \rightarrow \max \\ K_2 = \frac{k_{12}}{\gamma_c}x_1 + \frac{k_{22}}{\gamma_c}x_2 + \frac{k_{32}}{\gamma_c}x_3 \rightarrow \min \\ K_3 = \frac{k_{13}}{\gamma_c}x_1 + \frac{k_{23}}{\gamma_c}x_2 + \frac{k_{33}}{\gamma_c}x_3 \rightarrow \min \end{array} \right. \quad (3.63)$$

У цьому випадку  $n = 3$ , тому ця система набуває вигляду:

$$x_1 + x_2 + x_3 = 1, \quad x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0, \quad x_3 \geq 0. \quad (3.64)$$

Здійснено постановку багатокритеріальної задачі оптимізації в моделі, що розробляється, систематизованої оцінки показників використання великовантажних АТЗ при перевезеннях навалочних вантажів з урахуванням зупинок під час руху в пунктах вагового контролю та шкоди завданої дорожньому покриттю [5, 11].

## Розділ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛІ ОЦІНКИ ПОКАЗНИКІВ ВИКОРИСТАННЯ ВАНТАЖНИХ АТЗ

### 4.1 Вихідні дані для проведення дослідження

Досліджуваний процес перевезення вантажів великовантажними АТЗ реалізується на території України.

Маршрут перевезення навалочних вантажів – простий маятниковий із зворотним ненавантаженим пробігом.

Техніко-експлуатаційні показники (ТЕП) роботи великовантажних автомобілів на досліджуваному маршруті наведено у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Техніко-експлуатаційні показники роботи великовантажних АТЗ на досліджуваному маршруті.

Найменування показника	Значення показника
1. Довжина маршруту, км	70
2. Довжина завантаженої їздки, км	35
3. Довжина порожньої їздки, км	35
4. Середньодобовий обсяг перевезень, кг	2200
5. Технічна швидкість, км/год	35
6. Середній час простою під навантаженням та розвантаженням, хв	15
7. Середній час у наряді, год	16
8. Інтервал кількості завантажених їздок, що виконуються одним АТЗ, од.	6...8
9. Кількість автомобілів в експлуатації	20
10. Кількість робочих днів на рік	365

Вагогабаритні характеристики навалочних вантажів, що перевозяться на досліджуваному маршруті, наведені в таблиці 4.2.

Характеристика великовантажного рухомого складу (рис. 4.1), що використовується для перевезення навалочних вантажів наведена в таблиці 4.3.



Таблиця 4.2 – Вагогабаритні характеристики вантажу

Найменування показника	Значення показника
<b>Пшениця</b>	
Фракція (модуль крупності)	0,8...2,0
Коефіцієнт використання вантажовмісності	1,5
Коефіцієнт використання вантажопідйомності	1,1 ...1,2
Вага вантажу, т	30
Об'єм, зайнятий вантажем, м <sup>3</sup>	20
<b>Кукурудза</b>	
Фракція (модуль крупності)	5,0...20
Коефіцієнт використання вантажовмісності	1,36
Коефіцієнт використання вантажопідйомності	1,1 ...1,2
Вага вантажу, т	30
Об'єм, зайнятий вантажем, м <sup>3</sup>	22

Таблиця 4.3 – Характеристика рухомого складу, що використовується для перевезення навалочних вантажів

Характеристики АТЗ, кг	Значення показника
1. Споряджена маса КамАЗ-65201-21010-43	15500
– навантаження на першу та другу вісь	7250
– навантаження на задній візок	8250
2. Вантажопідйомність КамАЗ-65201-21010-43	28500
3. Повна маса КамАЗ-65201-21010-43	44000
– навантаження на першу та другу вісь	18000
– навантаження на задній візок	26000



Рисунок 4.1 – Автомобіль-самоскид КамАЗ-65201-21010-43

#### 4.2 Визначення статистичного значення коефіцієнта використання вантажопідйомності

Необхідність вибірки пояснюється необхідністю у збиранні достовірної первинної інформації про значення коефіцієнта використання вантажопідйомності реалізованих у практичній діяльності при перевезеннях навалочних вантажів для його диференційованої оцінки.

Визначаємо обсяг вибірки, робимо перевірку розподілу випадкових величин на відповідність нормальному закону:

Розмах варіації  $6\sigma$  і визначається за такою формулою:

$$x - 3\sigma(x) < x < x + 3\sigma(x), \quad (4.1)$$

де  $x$  – значення математичного очікування випадкової величини;

$\sigma(x)$  – величина середнього квадратичного відхилення досліджуваної величини.

Закон розподілу досліджуваної величини є нормальним, якщо значення генеральної сукупності випадкових величин потрапляє до заданого інтервалу  $6\sigma$ , з ймовірністю 95 %.

Визначаємо обсяг вибірки:

$$n = (t^2 \cdot \sigma^2) / S^2, \quad (4.2)$$

де,  $t^2$  – значення функції Лапласа;

$\sigma^2$  – дисперсія оцінки середньовипадкової величини;

$\varepsilon^2$  – густина розподілу вибіркової середньої випадкової величини.

При ( $\varepsilon$ ), що виражена через величину відносної точності:

$$(\varepsilon_0) + \varepsilon_0 = \frac{\varepsilon}{x'} \quad (4.3)$$

$$n > \left[ \frac{(t^2 \cdot \sigma^2)}{(\varepsilon^2 \cdot x)} \right] > \frac{(t^2 \cdot v^2)}{\varepsilon_0^2}. \quad (4.4)$$

Отримаємо, що за  $t = 1,96$ ,  $\varepsilon_0 = 0,1$  і  $\alpha = 0,05$  об'єм вибірки склав  $n = 94,5$  (95).

Отримані дані в вигляді накопиченої частоти отриманих значень коефіцієнта використання вантажопідйомності (КВВ) і згруповані за інтервалами наведені в додатку та представлені нижче у вигляді графіка полігону накопичених частот (рис.

4.2).

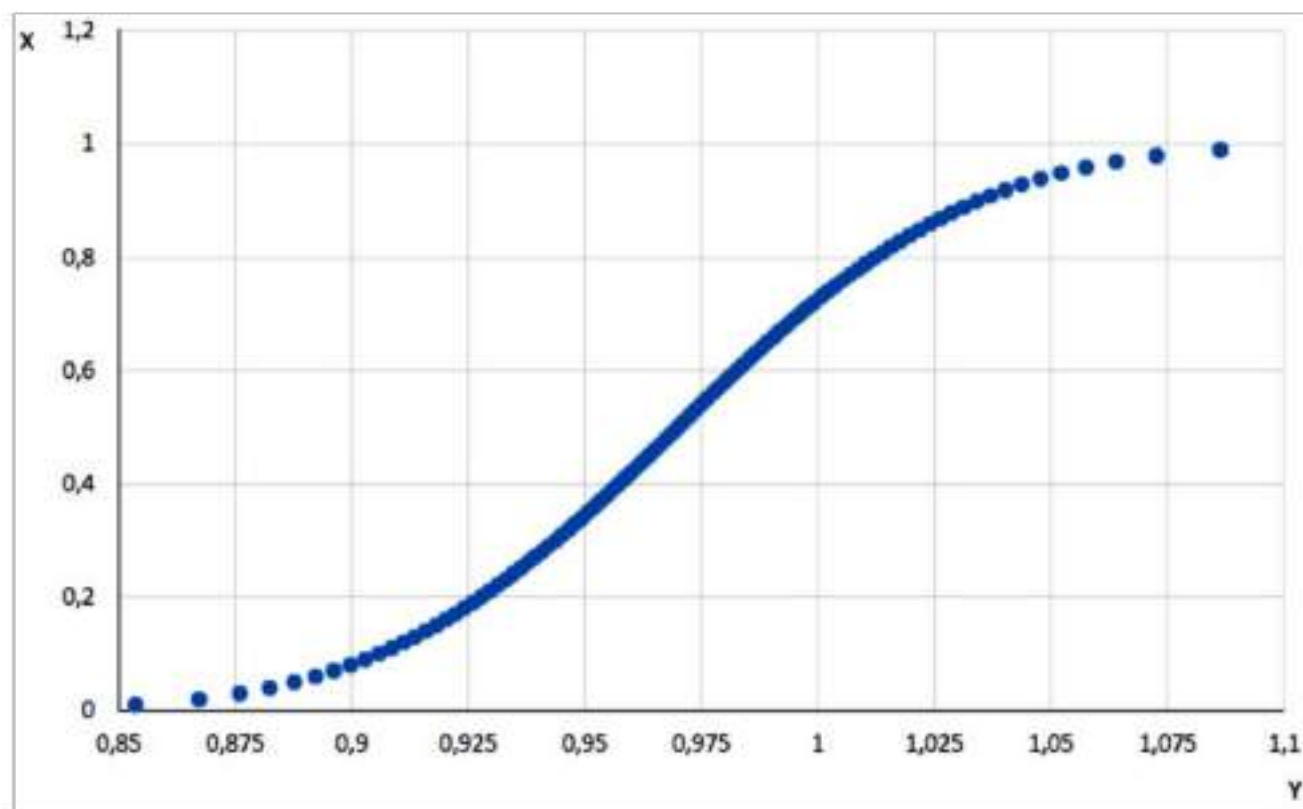


Рисунок 4.2 – Полігон накопичених частот значень КВВ

При визначенні інтервалів застосовувалися такі правила угруповання даних [7]:

1. При виборі інтервалів слід спиратися на значення 10...20 інтервалів, оскільки за дуже великої кількості інтервалів відчувається вплив навіть незначних коливань.
2. Переважно використовувати інтервали однакової ширини.
3. Необхідно використовувати всю область даних, оскільки, якщо невідомі граничні значення, то неможливо визначити вибіркові статистики.
4. Інтервали не повинні перекриватися.
5. Слід уникати відкритих інтервалів, тобто обмежених лише з одного боку.

Розглянемо показники, що характеризують кількісну оцінку експерименту. Середнє арифметичне  $\bar{x}$  при згрупованих даних визначається за такою формулою:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^k f_i x_i}{\sum_{i=1}^k f_i}, \text{ где } i = 1, 2 \dots k, \quad (4.5)$$

де,  $x_i$  – середнє значення  $i$ -го інтервалу;

$f_i$  – кількість влучень в інтервал;

$k$  – кількість інтервалів

Середнє квадратичне (стандартне) відхилення для згрупованих даних визначається як позитивний квадратний корінь дисперсії. Дисперсія визначається за такою формулою:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^k f_i (x_i - \bar{x})^2}{n-1}, \quad (4.6)$$

де  $n$  – загальний обсяг вибірки.

Тоді середнє квадратичне відхилення:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k f_i (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}. \quad (4.7)$$

Результати розрахунків показників кількісної оцінки експериментальних даних наведено у таблиці 4.4. Гістограма розподілу коефіцієнтів використання вантажопідйомності представлена на рис. 4.3. Полігон частот коефіцієнтів використання вантажопідйомності представлено на рис. 4.4.

Таблиця 4.4 – Результати розрахунків показників кількісної оцінки експериментальних даних КВВ

Показник	Значення показника
Обсяг вибірки	100
Середнє арифметичне	0,97
Кількість інтервалів угруповання даних	10
Крок інтервалу	0,025
Середнє квадратичне (стандартне) відхилення	0,05
Дисперсія	0,0025

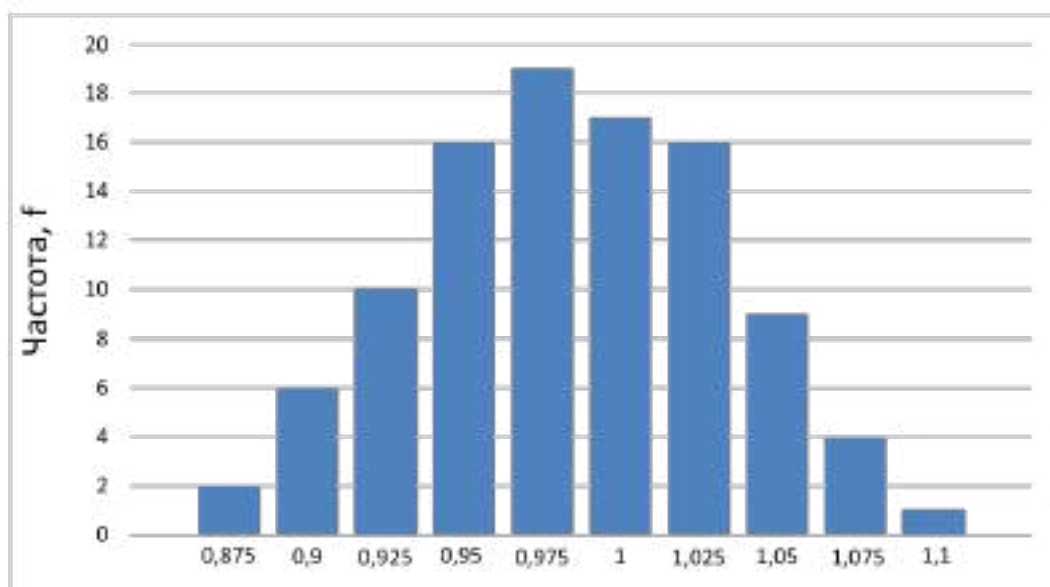


Рисунок 4.3 – Гістограма розподілу значень КВВ

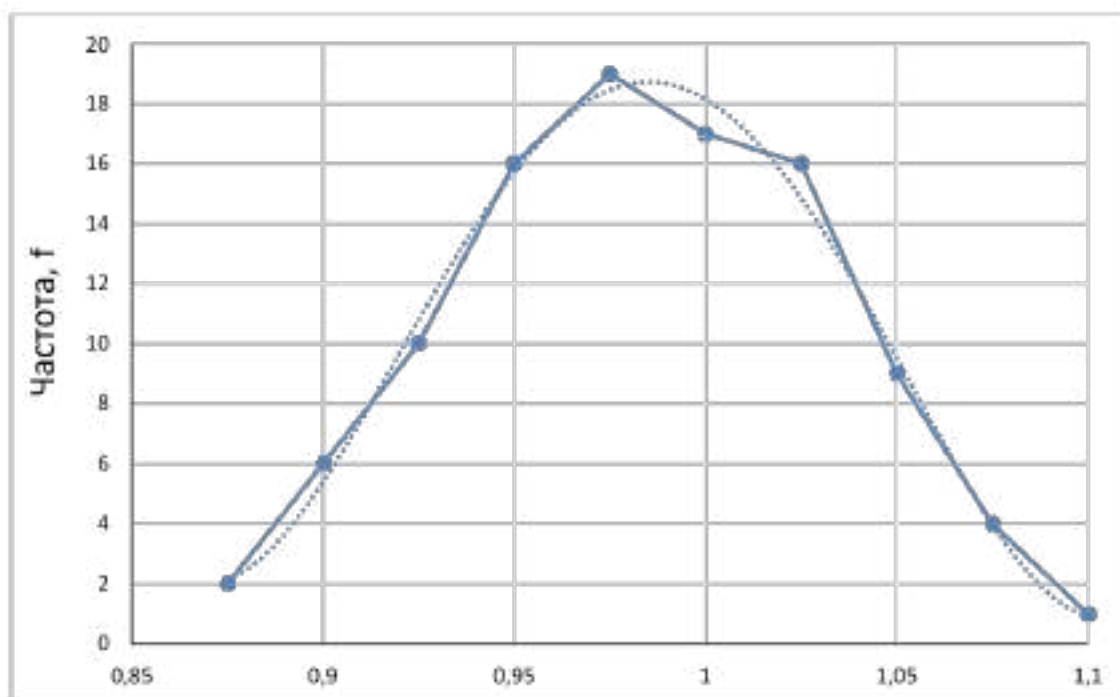


Рисунок 4.4 – Полігон частот розподілу КВВ

#### 4.3 Формування матриці вибору стратегії при організації різання навалочних вантажів у системі «автомобіль-дорога»

На наступному етапі обробки експериментальних даних для формування матриці вибору стратегії з організації перевезення навалочних вантажів у системі "автомобіль-дорога" застосовувався метод кореляційного аналізу.

Визначалася тіснота кореляційних зв'язків, що оцінювалася за значенням парної кореляції  $r$  [13].

Параметри рівнянь обчислюються розв'язком систем нормальних рівнянь:

$$\begin{cases} na_0 + a_1 \sum x + a_2 \sum x^2 = \sum y \\ a_0 \sum x + a_1 \sum x^2 + a_2 \sum x^3 = \sum xy \\ a_0 \sum x^2 + a_1 \sum x^3 + a_2 \sum x^4 = \sum xy^2 \end{cases} \quad (4.8)$$

У випадку лінійної залежності розраховують лінійний коефіцієнт кореляції:

$$r = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{(\sqrt{n \sum x^2 - (\sum x)^2}) \cdot (\sqrt{n \sum y^2 - (\sum y)^2})} \quad (4.9)$$

Значення тісноти кореляційних разі криволінійного зв'язку кореляційних зв'язків визначається за допомогою теоретичного кореляційного відношення за формулою:

$$\eta = \sqrt{1 - \frac{\sum (y - y_x)^2}{\sum (y - y_{cp})^2}} \quad (4.10)$$

Значення тісноти кореляційних зв'язків може змінюватися від 1, коли є повний функціональна зв'язок, та до 0 – коли зв'язок відсутній.

Оцінка важливості кореляційних зв'язків здійснювалася за  $t$  – критерієм Стюдента. Зв'язок вважається значимим, якщо виконується умова:

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} = t_{\text{табл}(n-k-1;p)}, \quad (4.11)$$

де  $t_{\text{табл}(n-k-1;p)}$  - відсоткові точки розподілу Стюдента.

Якщо  $t_{\text{табл}(n-k-1;p)}$ , то відповідний член рівняння визнається значущим.

Відповідно до представленого алгоритму проводилася оцінка наступних показників, що входять до матриці вибору стратегії з організації перевезення навалочних вантажів у системі «автомобіль-дорога»: продуктивності роботи АТЗ, собівартості перевезень з урахуванням зупинок руху в пунктах вагового контролю та шкоди, що завдається великовантажним АТЗ дорожнім покриттям.

Продуктивність роботи АТЗ, що вимірюється в тонах за встановлений

календарний період:

$$U = A_{\text{сп}} D_{\text{н}} \alpha_{\text{в}} \frac{T_{\text{н}} \beta V_{\text{т}} \gamma q}{t_{\text{er}} + t_{\text{н}} - \rho \beta V_{\text{т}}}, \text{ Т} \quad (4.12)$$

Для формування матриці ефективності за критерієм продуктивності роботи АТЗ, визначимо питомий показник:

$$u = \frac{U}{L}, \text{ Т/км} \quad (4.13)$$

де  $L$  - пробіг АТЗ за календарний період.

Графік залежності зміни продуктивності АТЗ при перевезеннях навалочних вантажів відповідно до вихідних даних роботи автомобілів на лінії в залежності від зміни КВВ представлений на рис. 4.5.

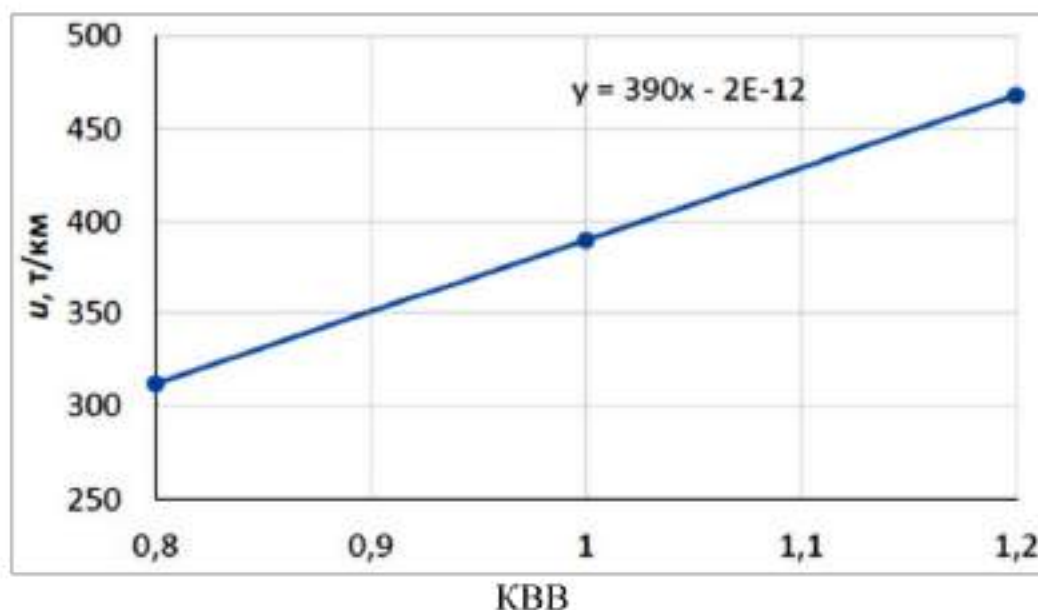


Рисунок 4.5 – Графік залежності зміни продуктивності АТЗ залежно від зміни КВВ

Вектор-стовпець матриці ефективностей за критерієм продуктивності роботи АТЗ буде виглядати так:

$$A = \begin{pmatrix} 468 \\ 390 \\ 312 \end{pmatrix}.$$

Витрати, пов'язані з перевізним процесом, групуються по наступним статтям

витрат (зведено в таблицю 4.5):

- заробітна плата водіїв із нарахуваннями;
- витрати на паливо для рухомого складу;
- витрати на мастильні, обтиральні та інші експлуатаційні матеріали;
- витрати на відновлення та ремонт шин;
- витрати на ТО та ремонт АТЗ;
- амортизаційні відрахування;
- накладні витрати;
- витрати, пов'язані із зупинками АТЗ на маршруті.

Таблиця 4.5 - Витрати, пов'язані з перевізним процесом на досліджуваному маршруті

Стаття витрат	Порядок розрахунку
Заробітна плата водіїв із нарахуваннями	$C_{зп} = K_{вз} \times [\text{оплата на годину}]$ , де $K_{вз}$ – коефіцієнт, що враховує внески до фондів та страхування від нещасних випадків
Витрати паливо	$C_{п} = K_{вг}(H_{л1} \times L_{год}) / 100) \times Ц$ , де $K_{вг}$ – коефіцієнт внутрішньогаражних витрат палива, $H_{л1}$ – л/100 км пробігу, л; $Ц$ – ціна на паливо, грн.
Витрати на мастильні та інші експлуатаційні матеріали	Приймаються у % від статті витрат на паливо ( $C_{п}$ )
Витрати на придбання та ремонт шин	$C_{ш} = H_{ш} / 1000 \times n \times L_{год}$ , де $H_{ш}$ – норма витрат на шини, грн./1000 км; $n$ – кількість шин на колесах а/м, од.
Витрати на ремонт АТЗ	$C_{то і р} = (H_{то} \times L_{год}) / 1000$ , де $H_{то}$ – питомі витрати на ТО та Р, грн./1000 км
Витрати на амортизаційні відрахування	$C_{ам} = [(C_{б} \times H_{в}) / (1000 \times 100)] \times L_{год}$ , де $C_{б}$ – початкова вартість АТЗ, грн.; $H_{в}$ – норма амортизаційних відрахувань, %
Витрати, пов'язані із зупинками АТЗ на маршруті для проведення процедур, пов'язаних з ваговим контролем	Визначається за методикою поданою у 2-у розділі
Накладні витрати	Прийнято у розмірі 50% від статті з заробітної плати



Собівартість 1 км перевезеного вантажу визначається за такою формулою:

$$S_{1 \text{ км}} = \frac{C_{\text{експл}}}{L_{\text{год}}} \quad (4.14)$$

Графік залежності зміни собівартості 1 км перевезеного вантажу при перевезеннях навалочних вантажів відповідно до вихідних даних роботи автомобілів на лінії в залежності від зміни КВВ представлений на рис. 4.6.

Вектор стовпець матриці ефективностей за критерієм собівартості перевезень матиме вигляд такий вигляд:

$$A = \begin{pmatrix} 38 \\ 41 \\ 48 \end{pmatrix}$$

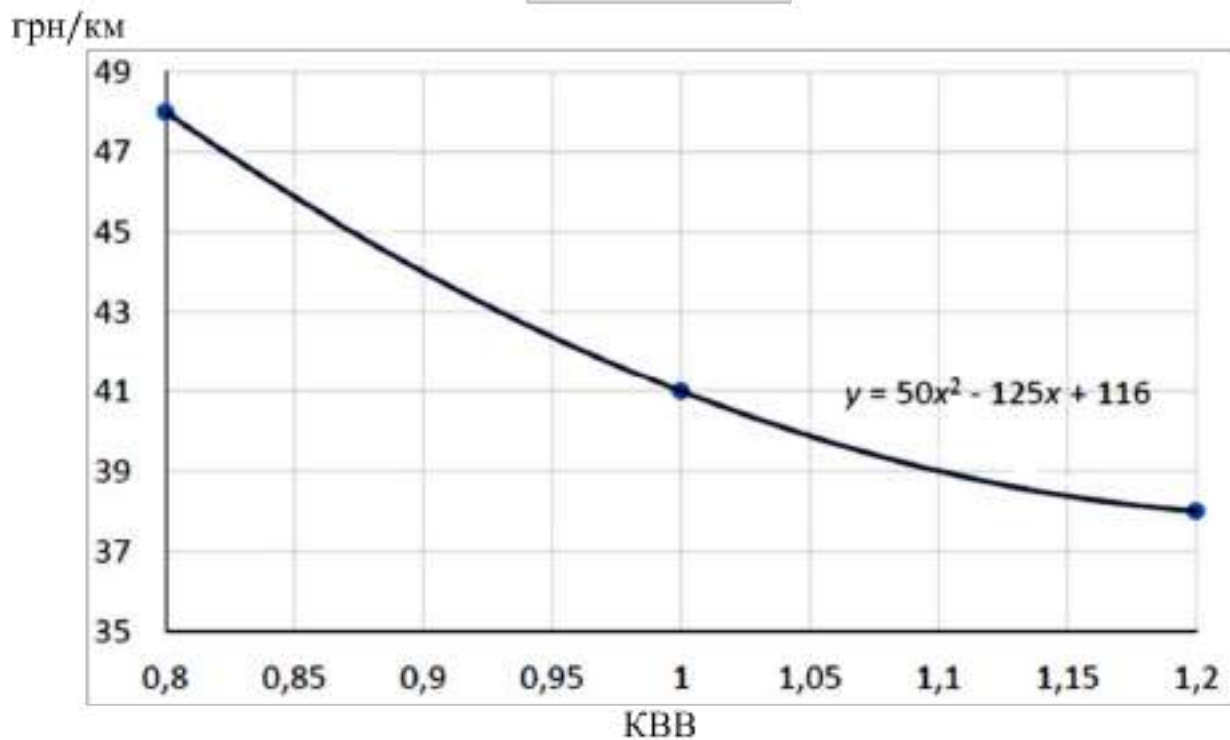


Рисунок 4.6 – Графік залежності зміни собівартості 1 км перевезеного вантажу залежно від зміни КВВ

Збитки, завдані АТЗ під час перевезення навалочних вантажів, дорожньому покриттю на досліджуваному маршруті розраховується відповідно до методики, наведеної в розділі 2 (грн./км):

$$I_{pj} = K_c \cdot \Delta N_p \left[ \frac{42,857 \cdot a \cdot (e^{bE_{\text{тр}}} - e^{bE_{\text{ф}}}) \cdot Z_d \cdot X_a \cdot B_{\text{ш}} \cdot K_r \cdot K_{\text{инф}} \cdot K_{\text{уд}} \cdot \alpha_j}{(1 + E_{\text{ин}})^T \cdot \phi} + C_{\text{п}} \cdot \alpha_{cj} \right], \quad (4.15)$$

де

$$\Delta N_p = \frac{QK}{Dq_{\text{ср}}\beta\gamma}, \quad (4.16)$$

де  $Q$  - вантажна напруженість перегону, ткм/км;

$K$  - коефіцієнт, що враховує у складі потоку автомобілі, які не перевозять вантажі, що орієнтовно приймається рівним 1,15 ... 1,25;

$D$  - число днів на рік;

$q_{\text{ср}}$  - середня вантажопідйомність автомобілів, т;

$\beta$  - коефіцієнт використання пробігу;

$\gamma$  - коефіцієнт використання вантажопідйомності;

$q_{\text{ср}}\beta\gamma$  - продуктивність автомобіля на 1 км пробігу на рік.

Графік залежності зміни шкоди, заподіяної транспортними засобами при перевезеннях навалочних вантажів відповідно до вихідних даних роботи автомобілів на лінії в залежності від зміни КВВ представлений на рис. 4.7.

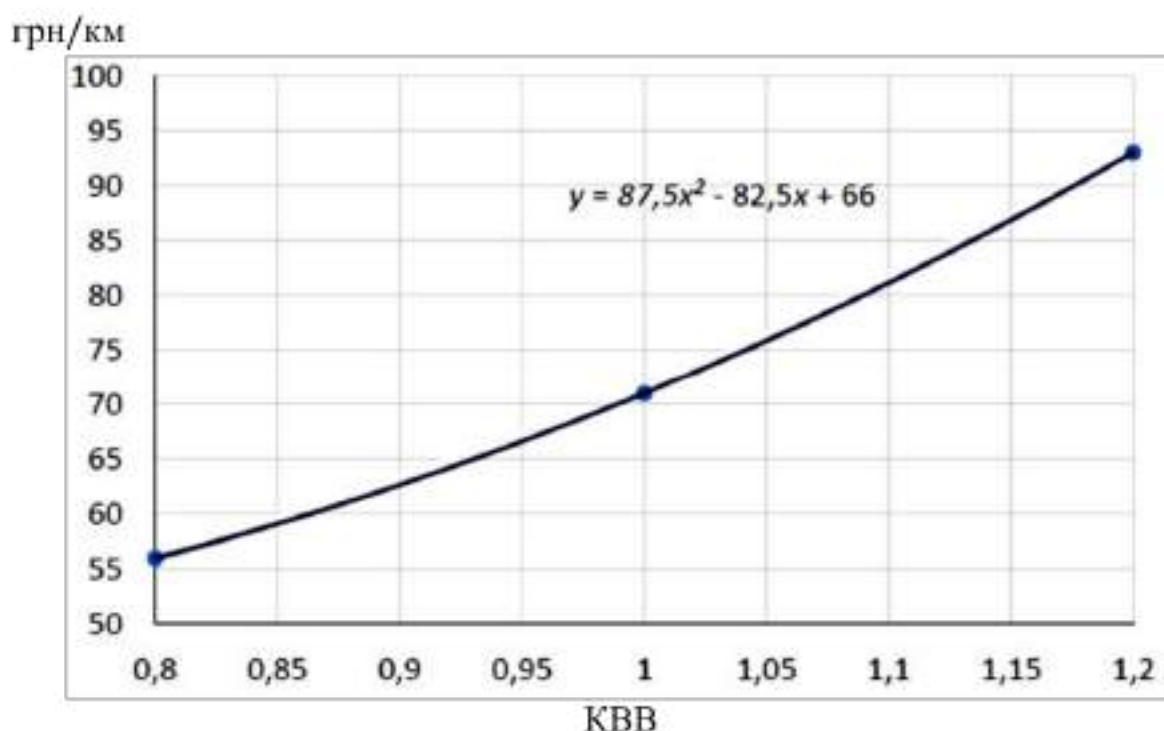


Рисунок 4.7 – Графік залежності зміни шкоди, заподіяної АТЗ під час перевезення навалочних вантажів залежно від зміни КВВ

Вектор стовпець матриці ефективностей за критерієм собівартості перевезень матиме вигляд такий вигляд:

$$A = \begin{pmatrix} 93 \\ 71 \\ 56 \end{pmatrix}.$$

Матриця можливих ефективних рішень у нашому випадку матиме вигляд:

$$A = \begin{pmatrix} 468 & 38 & 93 \\ 390 & 41 & 71 \\ 312 & 48 & 56 \end{pmatrix}. \quad (4.17)$$

Тоді для визначення стратегії експлуатації АТЗ за трьома встановленими критеріями ефективності необхідно знайти рішення наступного завдання:

$$\begin{cases} K_1 = 468x_1 + 390x_2 + 312x_3 \rightarrow \max \\ K_2 = 38x_1 + 41x_2 + 48x_3 \rightarrow \min \\ K_3 = 93x_1 + 71x_2 + 56x_3 \rightarrow \min \end{cases} \quad (4.18)$$

при обмеженнях

$$x_1 + x_2 + x_3 = 1, x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0. \quad (4.19)$$

В рамках поставленого завдання визначено методи районування, що дозволяють вирішити задачу отримання Парето-оптимальних рішень з виробленням оптимальних рішень щодо доцільності застосування з трьох можливих стратегій експлуатації великовантажних АТЗ (КамАЗ-65201-21010-43) на маршруті, що досліджується.

Сформована матриця ефективності є вихідними даними для вирішення задачі багатокритеріальної оптимізації. Для вирішення цього завдання застосовувалося спеціалізоване програмне забезпечення (ПЗ). Алгоритм послідовності рішення та алгоритм, що реалізується в ПЗ представлені на рис. 4.8 та 4.9.

На рис. 4.10 – 4.13 представлені інтерфейси розв'язання задачі (4.18).



Рисунок 4.8 – Послідовність розв'язання оптимізаційного завдання щодо вибору можливих стратегій експлуатації великовантажних на АТЗ

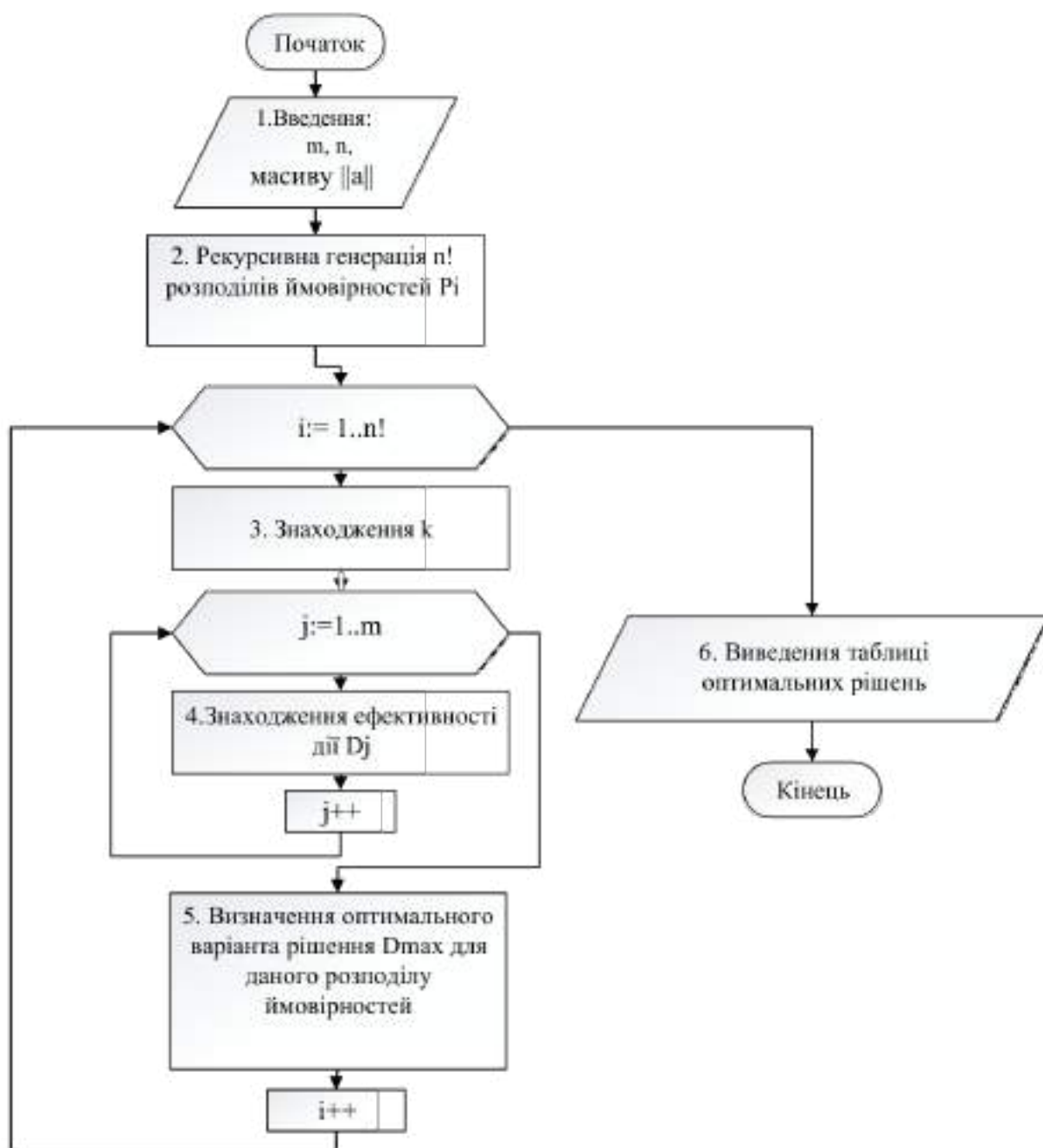


Рисунок 4.9 – Алгоритм вирішення багатокритеріальної задачі пошуку Парето-оптимальних розв'язків задачі щодо вибору можливих стратегій експлуатації великовантажних АТЗ

На рисунках 4.10 – 4.13 представлені інтерфейси розв'язання задачі 4.18.

У таблиці 4.6 наведено результати розрахунку поставленого завдання: визначено ефективність рішень у кількісних оцінках по кожному з можливих варіантів стратегії експлуатації великовантажних АТЗ.

Введіть кількість критеріїв (N)  Введіть кількість рішень (M)  Введення

	K0	K1	K2
D0	468	38	93
D1	398	41	71
D2	312	48	56
<input checked="" type="checkbox"/> min-max	max	min	min

Рисунок 4.10 – Дія перша «введення даних»

Введіть кількість критеріїв (N)  Введіть кількість рішень (M)  Введення

	K0	K1	K2
D0	0.397	0.368	0.252
D1	0.338	0.341	0.330
D2	0.265	0.291	0.418
<input type="checkbox"/> min-max	max	min	min

Рисунок 4.11 – Дія друга «нормування вихідних даних з урахуванням мети»

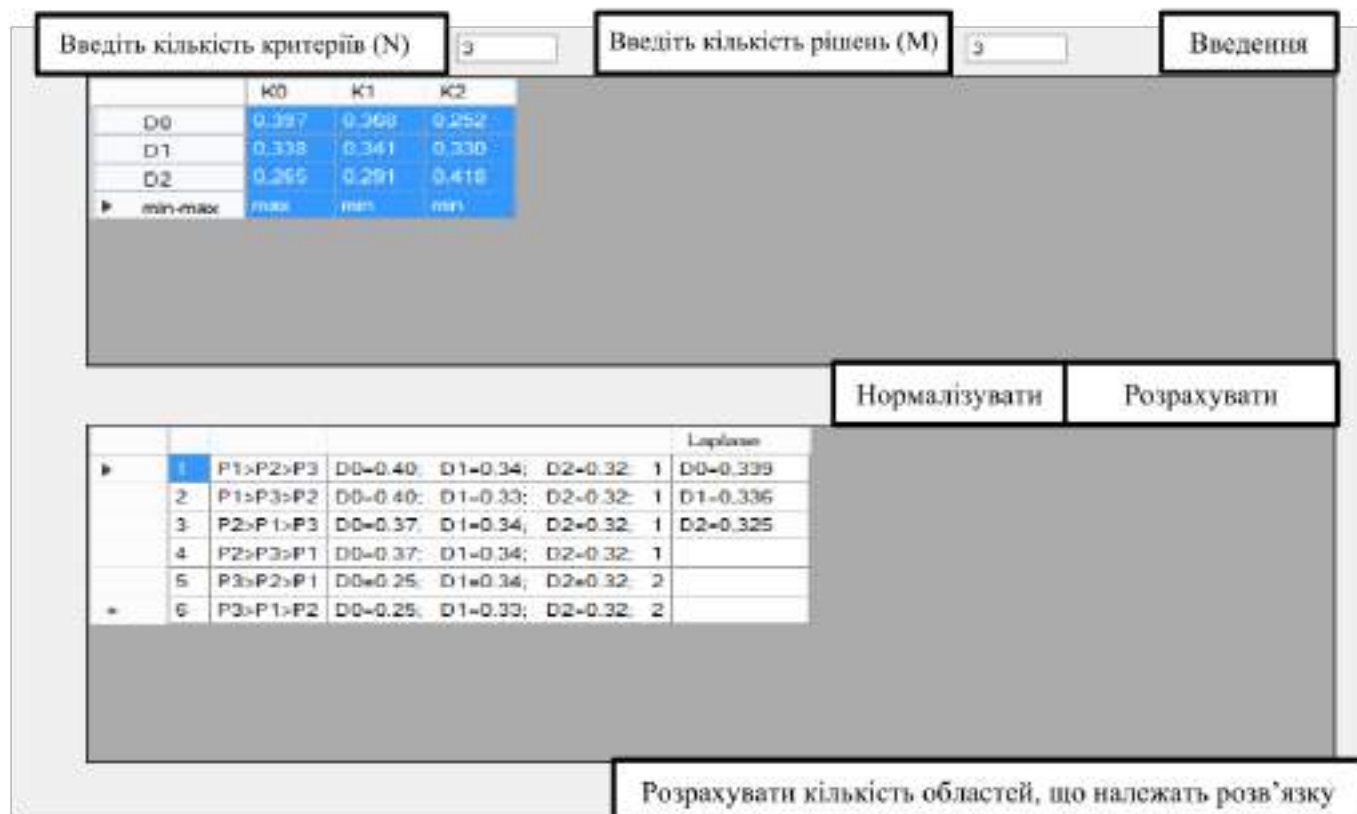


Рисунок 4.12 – Дія третя «розрахунок поставленого завдання»

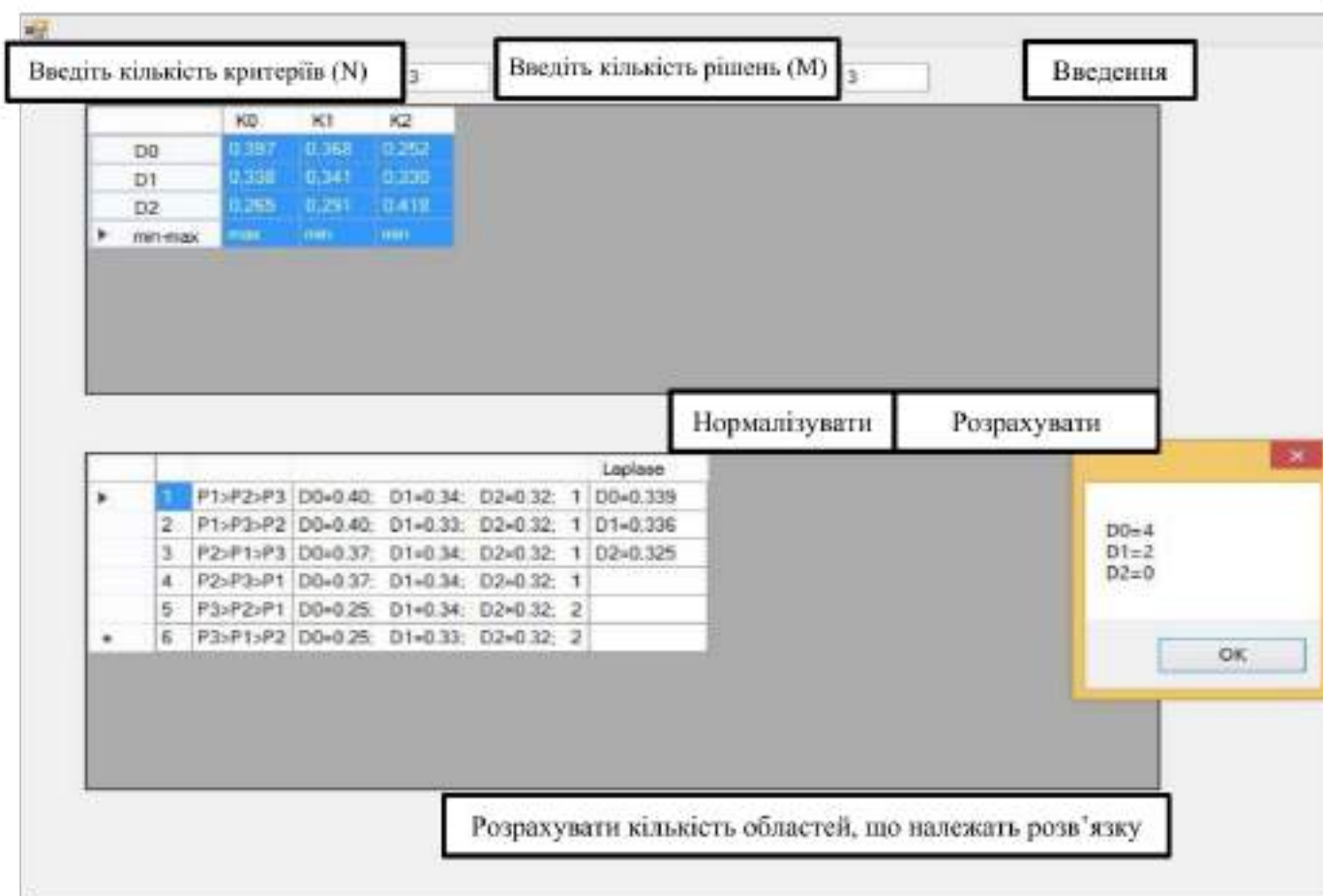


Рисунок 4.13 – Дія четверта «визначення кількості областей стійких рішень»

Позначення D0 у першому рядку рішення показує, що у вихідних даних не передбачалося застосовувати КамАЗ-65201-21010-43 з максимально закладеними технічними характеристиками вантажопідйомності, оскільки калькулятор розрахунку осьових навантажень визначив перевищення допустимих осьових навантажень.

1	P1>P2>P3	D0 = 0.40; D1 = 0.34; D2 = 0.32;	1	D0 = 0,339
2	P1>P3>P2	D0 = 0.40; D1 = 0.33; D2 = 0.32;	1	D1 = 0,336
3	P2>P1>P3	D0 = 0.37; D1 = 0.34; D2 = 0.32;	1	D2 = 0,325
4	P2>P3>P1	D0 = 0.37; D1 = 0.34; D2 = 0.32;	1	
5	P3>P2>P1	D0 = 0.25; D1 = 0.34; D2 = 0.32;	2	
6	P3>P1>P2	D0 = 0.25; D1 = 0.33; D2 = 0.32;	2	

Рисунок 4.14 – Результати розрахунку поставленого завдання: визначено ефективність рішень у кількісних оцінках по кожному з можливих варіантів стратегії експлуатації великовантажних АТЗ



## Розділ 5. АПРОБАЦІЯ МЕТОДИКИ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОЦІНКИ ПОКАЗНИКІВ ВИКОРИСТАННЯ АТЗ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ НАВАЛОЧНИХ ВАНТАЖІВ

### 5.1 Алгоритм вирішення завдання оптимізації стратегії експлуатації вантажних АТЗ із застосуванням методу районування

Для повноцінної апробації методики багатокритеріальної оцінки показників використання великовантажних автомобілів при перевезеннях навалочних вантажів зробимо дослідження з урахуванням усіх можливих стратегій експлуатації АТЗ залежними від коефіцієнта використання вантажопідйомності автомобіля-самоскида КамАЗ-65201-21010-43.

Вихідні дані: проведені дослідження дозволили сформувати матрицю для знаходження можливих ефективних рішень:

$$A = \begin{pmatrix} 468 & 38 & 93 \\ 390 & 41 & 71 \\ 312 & 48 & 56 \end{pmatrix}.$$

Вирішимо поставлене завдання аналітично як завдання лінійного програмування за трьома критеріями ефективності та однією обмежувальною умовою:

$$\left. \begin{aligned} k_1 &= \sum_{j=1}^n a_{1j}x_j \rightarrow \max \\ k_2 &= \sum_{j=1}^n a_{2j}x_j \rightarrow \min \\ k_3 &= \sum_{j=1}^n a_{3j}x_j \rightarrow \min \\ \sum_{j=1}^n x_j &= N, x_j \geq 0, j = \overline{1, n} \end{aligned} \right\} \quad (5.1)$$

$$\left. \begin{aligned} k_1 &= 468x_1 + 390x_2 + 312x_3 \rightarrow \max \\ k_2 &= 38x_1 + 41x_2 + 48x_3 \rightarrow \min \\ k_3 &= 93x_1 + 71x_2 + 56x_3 \rightarrow \min \\ \sum_{j=1}^n x_j &= N, x_j \geq 0, j = \overline{1, n} \end{aligned} \right\} \quad (5.2)$$

Показники представимо у відносних одиницях, враховуючи який із показників може прагнути максимуму, а який – до мінімуму:

$$\delta_{ij} = \begin{cases} \frac{a_{ij}}{\max_{1 \leq t \leq m} a_{it}}, & \text{якщо } i\text{-й показник максимізується;} \\ \frac{\min_{1 \leq t \leq m} a_{it}}{a_{ij}}, & \text{якщо } i\text{-й показник мінімізується;} \end{cases} \quad (5.3)$$

Тоді

$$A^* = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0,62 \\ 0,83 & 0,93 & 0,76 \\ 0,67 & 0,79 & 1 \end{pmatrix}.$$

Нормування матриці  $A^*$  за стовпцями:

$$b_{ij} = \frac{\delta_{ij}}{\sum_{k=1}^n \delta_{ik}}, \quad (5.4)$$

$$A'' = \begin{pmatrix} 0,400 & 0,368 & 0,251 \\ 0,332 & 0,342 & 0,334 \\ 0,268 & 0,290 & 0,415 \end{pmatrix}.$$

Після виконаних перетворень завдання знаходження безлічі ефективних планів представимо у вигляді умов:

$$\left. \begin{aligned} k_1 &= 0,4x_1 + 0,332x_2 + 0,268x_3 \rightarrow \max \\ k_2 &= 0,368x_1 + 0,342x_2 + 0,290x_3 \rightarrow \min \\ k_3 &= 0,251x_1 + 0,334x_2 + 0,415x_3 \rightarrow \min \\ \sum_{j=1}^n x_j &= 1, x_j \geq 0, j = \overline{1,3} \end{aligned} \right\} \quad (5.5)$$

Зробимо необхідні обчислення із застосуванням ПЗ для вирішення задачі векторної оптимізації. Інтерфейси послідовності рішення наведено на рис. 5.1 та 5.2.

Результати розрахунку. Найкращі рішення при наступних розподілах ймовірностей:

1) P1>P2>P3	D1 = 0,4000; D2 = 0,3370; D3 = 0,3253;	1
2) P1>P3>P2	D1 = 0,4000; D2 = 0,3347; D3 = 0,3425;	1
3) P2>P1>P3	D1 = 0,3840; D2 = 0,3410; D3 = 0,3253;	1
4) P2>P3>P1	D1 = 0,3400; D2 = 0,3410; D3 = 0,3545;	3
5) P3>P2>P1	D1 = 0,3400; D2 = 0,3355; D3 = 0,4180;	3
6) P3>P1>P2	D1 = 0,3260; D2 = 0,3347; D3 = 0,4180;	3

Кількість областей, що належать рішенням: D1=3 D2=0 D3=3

Введіть кількість критеріїв (N)				<input type="text" value="3"/>	Введення
Введіть кількість рішень (M)				<input type="text" value="3"/>	
	K1	K2	K3		
D1	468	38	93		
D2	390	41	71		
D3	312	48	56		
min-max	max	min	min		
Нормалізувати			Розрахувати		

Рисунок 5.1 – Введення даних

Введіть кількість критеріїв (N)				<input type="text" value="3"/>	Введення
Введіть кількість рішень (M)				<input type="text" value="3"/>	
	K1	K2	K3		
D1	0.400	0.368	0.252		
D2	0.333	0.341	0.330		
D3	0.267	0.291	0.418		
min-max	max	min	min		
Нормалізувати			Розрахувати		

Рисунок 5.2 – Перетворення змінних

Подамо графоаналітичне рішення даного прикладу на рис. 5.3.

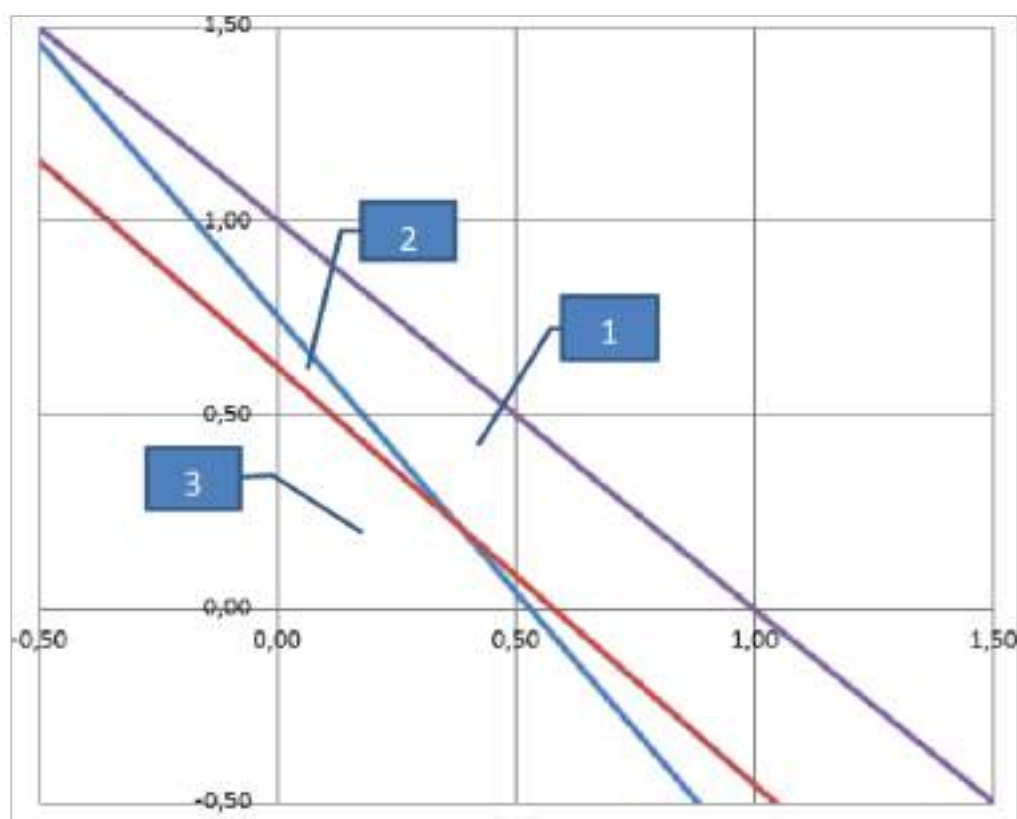


Рисунок 5.3 – Графічне рішення знаходження безлічі ефективних планів методом районування

Отримані рішення у вигляді областей розподілу ефективних рішень дозволяють зробити такі висновки:

1. Область 1 відповідає умовам, коли АТЗ експлуатується відповідно до проектних технічних характеристик, що визначаються конструкцією автомобіля, при цьому коефіцієнт використання вантажомісткості при перевезенні навалочних вантажів  $K_{ВВ} > 1$ , але з перевищенням нормативних значень осевих навантажень і повної маси автомобіля. Даний випадок експлуатації АТЗ застосовується при безконтрольній організації перевезень вантажів, при прагненні будь-якими способами підвищити продуктивність роботи рухомого складу.

2. Область 2. АТЗ експлуатується відповідно до технічних характеристик, що визначаються конструкцією автомобіля, при цьому коефіцієнт використання вантажомісткості при перевезенні навалочних вантажів  $K_{ВВ} \approx 1 = 0,97$ , але з перевищенням нормативних осевих навантажень та повної маси автомобілів.

3. Область 3. АТЗ експлуатується відповідно до документів що забезпечують нормативно-правові вимоги до безпеки автомобільних доріг в Україні, що регулюють рух великовагових та великогабаритних транспортних засобів за осьовими навантаженнями та повною масою автомобілів, що визначаються дорожніми умовами але зі зменшенням технічно допустимих конструкцією автомобіля параметрів і  $KBV < 1$ .

4. Критерій Лапласа з координатами (0.33, 0.33, 0.33) відповідає рівно ймовірному стану системи «автомобіль-середовище» у разі наявності трьох критеріїв ефективності

$$\left( \max_i \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{ij} \right)$$

Перетин трьох можливих областей рішень у цій точці свідчить про аналітичну достовірність одержаних результатів.

Розподіл значень результатів розрахунку ефективностей у кількісних оцінках за кожним варіантом експлуатації автомобіля-самоскида КамАЗ-65201-21010-43 при перевезенні навалочних вантажів (п) визначається питомою вагою площ розподілу на рис. 5.3 і наведено в таблиці 5.1:

$$S_1 + S_2 + S_3 = 1, \quad (5.6)$$

де  $S_1$  – площа області 1, при  $KBV > 1$ ;

$S_2$  – площа області 2, при  $KBV \approx 1$ ;

$S_3$  – площа області 3,  $KBV < 1$ .

Таблиця 5.1 – Розподіл частки ефективності рішень

Варіант розв'язання	$S_n$	$s_n$
$KBV > 1$	0,2132	0,4264
$KBV \approx 1$	0,0426	0,0852
$KBV < 1$	0,2442	0,4884
Разом	0,5	1,0

Так як експлуатація АТЗ за варіантом рішення №1 не відповідає вимогам, що забезпечують збереження автомобільних доріг, розподіл областей ефективних

значень КВВ визначається співвідношенням:

$$S_2 + S_3 = 1, \quad (5.7)$$

тоді розподіл частки ефективності рішень буде наступним (таблиця 5.2).

Таблиця 5.2 – Розподіл частки ефективності рішень

Варіант розв'язання	$S_n$	$s_n$	Висновок
КВВ $\approx 1$	0,0426	0,1485	Застосований варіант для результатів експериментальних досліджень
КВВ $< 1$	0,2442	0,8515	Рекомендований варіант за результатами теоретичних досліджень
Разом	0,2868	1,0	-

## 5.2 Рекомендації щодо застосування методики багатокритеріальної оцінки коефіцієнта використання вантажопідйомності вантажних самоскидних автопоїздів

Результати досліджень представлені у вигляді алгоритму методики багатокритеріальної оцінки коефіцієнта використання вантажомісткості великовантажних автомобілів-самоскидів та великовантажних автомобілів.

1. Розраховується питомий показник – об'ємна вантажопідйомність кузова автомобіля-самоскида:

$$q_{уд} = \frac{q}{a \cdot b (h \pm h^*)}, \quad (5.8)$$

де  $h^*$  - відстань від верхнього краю борту платформи до допустимого рівня завантаження вантажу в кузов, м.

2. Визначаються показники вантажомісткості автомобіля-самоскида:

$$\eta_v = \frac{q}{V_a \cdot \epsilon}, \quad (5.9)$$

де  $\epsilon$  – відношенню маси вантажу  $m$  до об'єму, що займається  $V$ .

3. Розраховується можливий об'єм вантажу, що перевозиться:

$$V_r = V_p + V_{ш}, \quad (5.10)$$

де  $V_p$  – робочий об'єм кузова,  $m^3$ ;

$V_{ш}$  – об'єм "шапки" вантажу,  $m^3$ .

4. Визначається можливий КВВ за їздку:

$$\gamma_B = \frac{V_r q_{уд} \eta_v}{q} \quad (5.11)$$

5. Визначається номінальний КВВ за їздку:

$$\gamma_o = \frac{V_r q_{уд}}{q} \quad (5.12)$$

6. Визначається нормативний КВВ за їздку з урахуванням допустимої повної маси вантажу  $k_v$ , що визначається дорожніми умовами:

$$\gamma_n = \frac{V_r q_{уд} k_v}{q} \quad (5.13)$$

7. Визначається питома продуктивність АТЗ, т/км:

$$u_{уд} = A_{сп} D_n \alpha_B \frac{T_n \beta V_r \gamma q}{(t_{ер} + t_{н-р} \beta V_r) L} \begin{pmatrix} \gamma_B \\ \gamma_o \\ \gamma_n \end{pmatrix} \quad (5.14)$$

8. Визначається питома собівартість роботи АТЗ, грн/км:

$$s_{уд} = \left[ \frac{\left( \frac{s_{пер}}{\beta} + \frac{s_{пост}}{V_r \beta} + \frac{s_{пост} t_{н-р}}{t_{ер}} \right)}{qL} \right] / \begin{pmatrix} \gamma_B \\ \gamma_o \\ \gamma_n \end{pmatrix} \quad (5.15)$$

9. Розраховується шкода дорожньому покриттю, грн/км:

$$И_{уд} = \frac{K_c \cdot \frac{QK}{L q_{ср} \beta L} \left[ \frac{42,857 \cdot a \cdot (e^{bE_{тр}} - e^{bE_{\phi}}) \cdot Z_d \cdot X_d \cdot B_{ш} \cdot K_r \cdot K_{инф} \cdot K_{уд} \cdot \alpha_l + C_{п} \cdot \alpha_c j}{(1 + E_{НП})^T \phi} \right]}{\begin{pmatrix} \gamma_n \\ \gamma_o \\ \gamma_n \end{pmatrix}} \quad (5.16)$$

10. Формується матриця моделі визначення ефективності при систематизованій оцінці показників використання великовантажних АТЗ при перевезеннях навантажувальних вантажів та ефективності взаємодії в системі «автомобіль-середовище»:

$$A = \begin{pmatrix} u_1 & s_1 & n_1 \\ u_2 & s_2 & n_2 \\ u_3 & s_3 & n_3 \end{pmatrix}. \quad (5.17)$$

11. Вирішується оптимізаційне завдання пошуку рішень у моделі систематизованої оцінки показників використання великовантажних АТЗ при перевезеннях вантажів:

$$\begin{cases} K_1 = u_1 x_1 + u_2 x_2 + u_3 x_3 \rightarrow \max \\ K_2 = s_1 x_1 + s_2 x_2 + s_3 x_3 \rightarrow \min \\ K_3 = n_1 x_1 + n_2 x_2 + n_3 x_3 \rightarrow \min \end{cases} \quad (5.18)$$

при обмеженнях, визначених кількістю критеріїв ефективності:

$$x_1 + x_2 + x_3 = 1, \quad x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0.$$

12. Визначається допустиме рішення, тобто визначення стійких областей домінування варіантів рішень з наступним вибором оптимального (рис. 5.4):

$$Y_{ci} = Y_{opt}, \text{ для } \begin{cases} k_1 f(x_1, x_2, x_3) \rightarrow \max \\ k_2 f(x_1, x_2, x_3) \rightarrow \min \\ k_3 f(x_1, x_2, x_3) \rightarrow \min \end{cases} \quad (5.19)$$

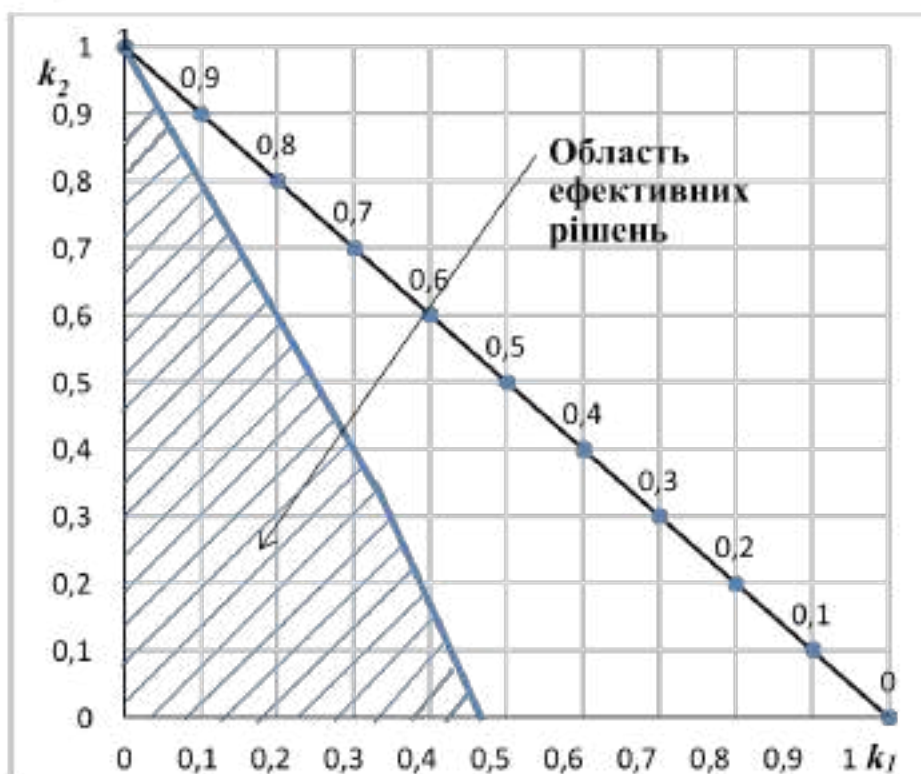


Рисунок 5.4 – Область домінування ефективних рішень



13. Визначаються вихідні значення результативних показників комерційної експлуатації великовантажних АТЗ, що залучаються до перевезення вантажів з урахуванням отриманих значень КВВ. У розробленій методиці враховувалися три вищезазначені критерії.

Ефективність функціонування системи «автомобіль-середовище» може визначатися великою кількістю критеріїв. Вибір критеріїв залежить від типу і класу АТЗ, виду вантажу, що перевозиться, необхідних обмежень за термінами доставки вантажу і т.д. Принципово розроблена методика може бути застосована у багатьох випадках багатокритеріальної оцінки ефективності системи «перевезення вантажів АТЗ - середовище перевезення». Алгоритм узагальненої методики визначення показників роботи рухомого складу з урахуванням кількох критеріїв ефективності наведено рис. 5.5.

### **5.3 Економічна ефективність застосування методики багатокритеріальної оцінки показників використання вантажопідйомності при перевезеннях навалочних вантажів**

Визначимо доходи від перевезень, виходячи з обсягів перевезень та з урахуванням тарифів підприємства. Доходи від перевезень визначаються за такою формулою:

$$D_{\text{пер}} = \frac{Q_{\text{пер}} \cdot T_{1т}}{1000}, \text{ тис. грн.} \quad (5.20)$$

де  $T_{1т}$  – тариф за одну тонну перевезеного вантажу, т.

Для оцінки фінансового результату застосування методики визначимо прибуток від перевезень вантажів, тис. грн.:

$$P_{\text{пер}} = D_{\text{пер}} - C_{\text{експл}} \quad (5.21)$$

Для сумісності оцінюваних показників за окремими критеріями ефективності перевезень визначимо питомих значення прибутку від перевезень за формулою:

$$p_{\text{пер}} = \frac{P_{\text{пер}}}{L}, \quad (5.22)$$

де  $L$  - загальний пробіг автомобілів, тис. км.

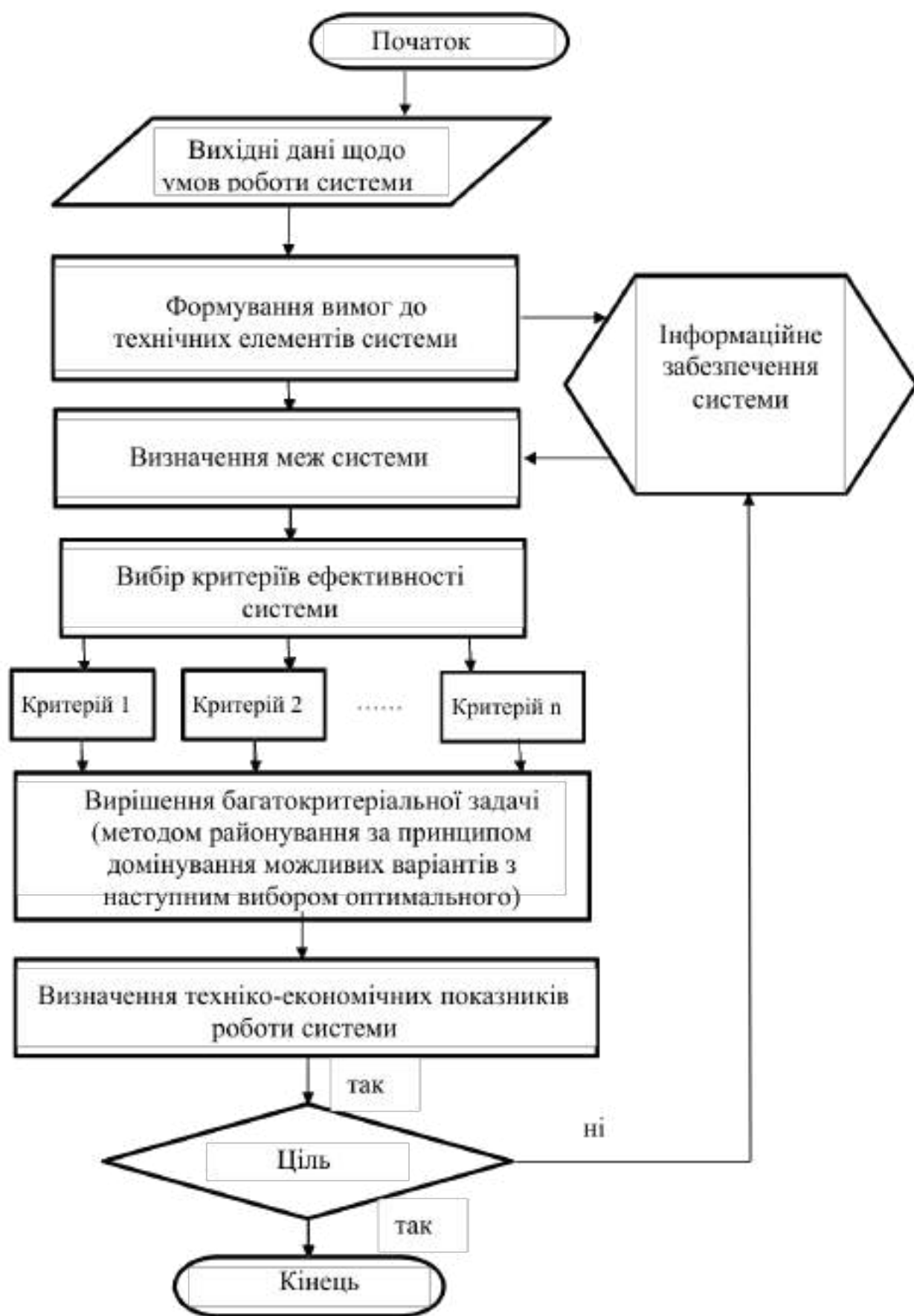


Рисунок 5.5 – Алгоритм методики визначення показників роботи рухомого складу за кількома критеріями ефективності

Для сукупної оцінки економічної ефективності методики багатокритеріальної оцінки показників використання АТЗ розглянемо систему рівнянь зміни питомих показників залежно від зміни значення КВВ:

$$\begin{cases} p_{\text{пер}}f(\gamma_c) \rightarrow \max \\ s_{\text{пер}}f(\gamma_c) \rightarrow \min \\ И_{\text{пер}}f(\gamma_c) \rightarrow \min \end{cases} \quad (5.23)$$

$$\begin{cases} p_{\text{пер}} = 448,5(\gamma_c)^2 - 737,1\gamma_c + 327,6 \\ s_{\text{пер}} = 50(\gamma_c)^2 - 125\gamma_c + 116 \\ И_{\text{пер}} = 87,5(\gamma_c)^2 - 82,5\gamma_c + 66 \end{cases} \quad (5.24)$$

Розв'яжемо послідовно графоаналітичним методом (рис. 5.6) систему рівнянь (5.19).

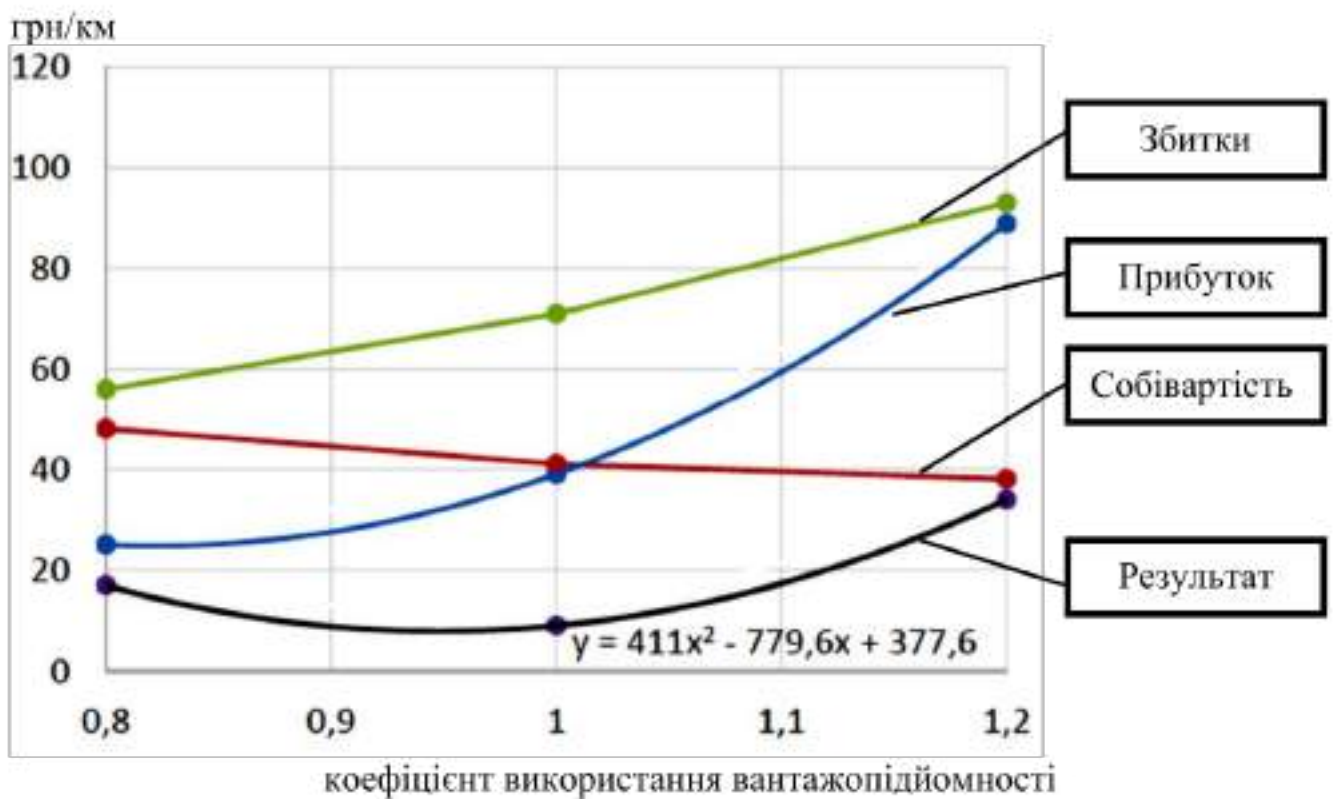


Рисунок 5.6 – Графіки зміни питомих економічних показників залежно від зміни КВВ

Для визначення мінімум витрат в заданій системі необхідно дослідити

функцію  $r(\gamma_c)$ :

$$r(\gamma_c) = 411\gamma_c^2 - 779,6\gamma_c + 377,6 \quad (5.25)$$

визначивши значення екстремуму функції.

У нашому випадку:

$$\gamma_c = 0,93.$$

Аналіз досліджуваної функції (рис. 5.6), отриманої на основі розробленої математичної моделі, дозволяє зробити висновки про режим експлуатації самоскидів дозволяє сформулювати рекомендації про оптимальні значення КВВ для системи «самоскид-дорога» в цілому:

1. Статистичні дані вказують на оціночне значення КВВ = 1,1.
2. Рекомендоване значення КВВ, отримане внаслідок застосування розробленої методики КВВ = 0,93.
3. У разі дотримання даних рекомендацій комплексний питомий показник економічної ефективності, що включає витрати на відшкодування шкоди, що завдається дорожньому покриттю і витрати пов'язані з підвищенням собівартості перевезень в результаті зниження продуктивності роботи самоскидів, знизиться на 27%: з  $C_p = 18$  грн/км до  $C_p = 13$  грн/км.

## **Розділ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

Мета впровадження системи управління охороною праці – це всестороння підтримка виконання вимог, які цілком усунуть, нейтралізують або зменшують до допустимих норм вплив на працівників шкідливих і небезпечних виробничих факторів, забезпечують безпечні санітарно-гігієнічні та ергономічні вимоги.

Неналежний стан охорони праці може стати причиною соціально-економічних проблем працівників та членів їх сімей. Тому соціально-економічна важливість охорони праці полягає у: підвищенні продуктивності праці, зростанні сукупного національного продукту, зменшенні витрат на оплату лікарняних та компенсаційних виплат за шкідливі умови праці тощо.

У даному розділі наводиться розгляд шкідливих, небезпечних та уражаючих для працівника та навколишнього довкілля чинників, що виникають під час проведення покращення ефективності використання вантажних автомобілів на базі фермерського господарства «Нива». Тут висвітлюються, в тому числі, технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії, технічні рішення з безпеки під час проведення покращення ефективності, безпека в надзвичайних ситуаціях.

В процесі покращення ефективності вказаного процесу на працюючих діють ті чи інші небезпечні і шкідливі виробничі фактори (НШВФ) фізичної та психофізіологічної груп згідно [31].

Фізичні небезпечні і шкідливі виробничі фактори: підвищена або понижена температура повітря робочої зони, підвищений рівень шуму на робочому місці, підвищений рівень статичної електрики, недостатність або відсутність природного освітлення, недостатня освітленість робочої зони, підвищена яскравість світла, пряма або відбита блискучість.

Психофізіологічні НШВФ: нервово-психічні перевантаження: розумове перенапруження, монотонність праці, перенапруження аналізаторів.

## 6.1 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

### 6.1.1 Мікроклімат та склад повітря робочої зони

Під мікрокліматом виробничих приміщень розуміють клімат внутрішнього середовища цих приміщень, що визначається діючими на організм людини поєднаннями температури, вологості та швидкості руху повітря, а також інтенсивності теплового випромінювання.

Коли з технічних чи економічних міркувань оптимальні норми не забезпечуються, то встановлюються допустимі величини показників мікроклімату.

Визначаємо для приміщення, де проводяться роботи з покращення ефективності використання вантажних автомобілів на базі фермерського господарства «Нива», категорію важкості робіт за фізичним навантаженням – легка Іб.

Згідно із [32] допустимі показники температури, відносної вологості та швидкості руху повітря у робочій зоні для теплого та холодного періодів року приведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Нормовані допустимі параметри мікроклімату в приміщенні [32]

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, °С для робочих місць		Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
		постійних	непостійних		
Холодний	Іб	20-24	17-25	75	≤0,2
Теплий	Іб	21-28	19-30	60 при 27°С	0,1-0,3

Перепад температури повітря вздовж висоти робочої зони для всіх категорій робіт дозволяється до 3°С. Для опромінення менше 25% поверхні тіла людини, нормована інтенсивність теплового опромінення складає 100 Вт/м<sup>2</sup>.

Вміст шкідливих речовин в повітрі робочої зони не повинен перевищувати гранично допустимих концентрацій (ГДК), які використовуються при проектуванні виробничих приміщень (будівель), обладнання, технологічних процесів, вентиляцій,

з метою контролю за якістю виробничого середовища. ГДК шкідливих речовин, що утворюються в даному виробничому приміщенні наведено в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – ГДК шкідливих речовин в повітрі робочої зони

Назва речовини	Параметр	Значення	Клас небезпеки
Бензин	ГДК, мг/м <sup>3</sup>	100	4
Пил нетоксичний	ГДК, мг/м <sup>3</sup>	0,15	4
Іони p <sup>+</sup> , p <sup>-</sup>	число іонів в 1 см <sup>3</sup> повітря	50000	–

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату і чистоти повітря робочої зони передбачено:

- 1) у приміщенні має бути встановлена система опалення для холодного і кондиціонування для теплого періодів року;
- 2) здійснювати вологе прибирання кожного дня;
- 3) припливно-витяжна система вентиляції, а при несприятливих погодних умовах кондиціонування.

### 6.1.2 Виробниче освітлення

Для створення гігієнічних раціональних умов на робочих місцях значні вимоги пред'являються щодо якісних та кількісних показників освітлення.

Таблиця 6.3 – Нормовані значення КПО та мінімальні освітленості при штучному освітленні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізн., мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фону	Освітленість для штучного освітлення, лк			КПО, %	
						комбіноване		загальне	Природне освітлення (бокове)	Суміщене освітлення (бокове)
						всього	у т. ч. від загального			
Високої точності	0,3-0,5	III	г	великий	середній	400	200	200	2	1,2

З точки зору задач зорової роботи в приміщенні, де проводяться роботи з покращення ефективності використання вантажних автомобілів на базі фермерського господарства «Нива», згідно [33] знаходимо, що вони відповідають III розряду зорових робіт. Приймаємо контраст об'єкта з фоном – великий та характеристику фону – середню, яким відповідає підрозряд зорових робіт  $z$ .

Нормовані значення коефіцієнта природного освітлення (КПО) та мінімальні значення освітленості при штучному освітленні приведені в таблиці 6.3.

Оскільки приміщення знаходиться в с. Ракова Томашпільського району Вінницької області (2-га група забезпеченості природним світлом), а вікна орієнтовані за азимутом  $180^\circ$ , то для таких обставин КПО розраховується за формулою [33, 34]

$$e_N = e_n m_N [\%], \quad (6.1)$$

де  $e_n$  – табличне значення КПО, %;

$m_N$  – коефіцієнт світлового клімату;

$N$  – номер групи забезпеченості природним світлом.

Підставляючи відомі значення одержимо нормовані значення КПО для бокового та суміщеного освітлення:

$$e_{N,b} = 2 \cdot 0,85 = 1,7 (\%);$$

$$e_{N,c} = 1,2 \cdot 0,85 = 1,02 (\%).$$

Для забезпечення нормативних значень показників освітлення передбачено:

1) за недостатнього природного освітлення у світлий час доби доповнення штучним завдяки використанню газорозрядних ламп з утворенням системи суміщеного освітлення;

2) використання штучного освітлення у темний час доби.

### 6.1.3 Виробничі віброакустичні коливання

Встановлено, що приміщення, в якому проводиться робота з покращення ефективності використання вантажних автомобілів на базі фермерського господарства «Нива» може містити робочі місця із шумом та вібрацією, що створюється електродвигунами системи вентиляції.



З метою попередження травмування працівників від дії шуму та вібрації вони підлягає нормуванню. Основним документом стосовно виробничого шуму, діючим на території нашої країни, є [35], у відповідності з яким допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку та еквівалентні рівні шуму на робочих місцях у промислових приміщеннях не повинні бути більшими ніж значення, які приведені в таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Допустимі рівні звукового тиску і еквівалентні рівні звуку

Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах із середньо-геометричними частотами, Гц									Рівні звуку і еквівалентні рівні звуку, дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Норми виробничих вібрацій наведені в таблиці 6.5 для 1-ї категорії (транспортна).

Таблиця 6.5 – Допустимі рівні віброприскорення [36]

Гранично допустимі рівні віброприскорення, дБ, в октавних смугах із середньо-геометричними частотами, Гц						Коректовані рівні віброприскорення, дБА
2	4	8	16	31,5	63	
68	65	65	71	77	83	62

З метою забезпечення нормованих параметрів віброакустичних коливань в приміщенні передбачено:

- 1) завчасне проведення профілактичного ремонту;
- 2) проведення контролю рівнів шуму та вібрації.

#### 6.1.4 Виробничі випромінювання

Проведений аналіз умов праці показав, що приміщення, в якому проводиться робота з покращення ефективності використання вантажних автомобілів на базі фермерського господарства «Нива» може містити електромагнітні випромінювання.

Гранично допустимі рівні електромагнітних полів показані в таблиці 6.6.

Таблиця 6.6 – Гранично допустимі рівні електромагнітних полів (безперервне випромінювання, амплітудна чи кутова модуляція)

Номер діапазону	Метричний розподіл діапазонів	Частоти	Довжина хвиль, $\lambda$	ГДР, В/м
5	Кілометрові хвилі (низькі частоти, НЧ)	30-300 кГц	10-1 км	25
6	Гептаметрові хвилі (середні частоти, СЧ)	0,3-3 МГц	1-0,1 км	15
7	Декаметрові хвилі (високі частоти, ВЧ)	3-30 МГц	100-10 м	$3 \cdot \lg \lambda$
8	Метрові хвилі (дуже високі частоти, ДВЧ)	30-300 МГц	10-1 м	3

Для забезпечення захисту і досягнення нормованих рівнів випромінювань необхідно використовувати екранування робочого місця і скорочення часу опромінення за рахунок перерв на відпочинок.

## 6.2 Технічні рішення з безпеки під час проведення покращення ефективності використання вантажних автомобілів на базі фермерського господарства «Нива»

### 6.2.1 Безпека щодо організації робочих місць

Конструкція робочого місця, взаємне розташування його елементів та його розміри мають відповідати антропометричним, психофізіологічним і фізіологічним характеристикам працівника, а також характеру праці [37].

Конструкція робочого столу повинна забезпечувати можливість оптимального розміщення на робочій поверхні обладнання, що використовується, з урахуванням його кількості, розмірів, конструктивних особливостей та характеру роботи, яка виконується.

У випадку розміщення робочих місць у приміщеннях з джерелами небезпечних та шкідливих виробничих чинників, вони повинні розміщатись у

абсолютно відокремлених кабінетах з природним освітленням та організованою вентиляцією. Площа, на якій розташовується одне робоче місце для обслуговуючого персоналу, повинна складати не менше 6,0 м<sup>2</sup>, об'єм приміщення – не менше як 20 м<sup>3</sup>, висота – не менше 3,2 м [38].

Інтер'єр приміщень потрібно оздоблювати дифузно-віддзеркалювальними матеріалами з коефіцієнтом відбиття: стелі 0,7-0,8; стін 0,4-0,5; підлоги 0,2-0,3. Поверхня підлоги повинна бути рівною, не слизькою, без вибоїн, зручною для вологого прибирання, мати антистатичні властивості. Не дозволяється використовувати під час оздоблення інтер'єру полімери, які забруднюють повітря шкідливими хімічними речовинами та сполуками.

### 6.2.2 Електробезпека

В середині приміщення, де проводиться робота з покращення ефективності використання вантажних автомобілів на базі фермерського господарства «Нива», значну увагу слід надати запобіганню загрози ураження електричним струмом. У відповідності до [39] це приміщення відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою ураження електричним струмом через наявність значної (більше 75 %) відносної вологості.

Тому безпека експлуатації електрообладнання має гарантуватись комплексом заходів, які передбачають застосування ізоляції струмовідних частин, захисних блокувань, захисного заземлення тощо [40].

### 6.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Відповідно до [41] приміщення, де проводиться робота з покращення ефективності використання вантажних автомобілів на базі фермерського господарства «Нива», відноситься до категорії пожежної небезпеки А, що характеризується наявністю легкозаймистих рідин з температурою спалаху не більше 28 °С, які застосовуються під час проведення покращення ефективності. Це приміщення відноситься до 2-го ступеня вогнестійкості, в якому приміщення знаходяться в будівлі з несучими та огорожувальними конструкціями з природних

або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону із застосуванням листових і плитних негорючих матеріалів.

Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій розглядуваного приміщення наведені в таблиці 6.7 і являють собою час, протягом якого конструкції затримують поширення вогню, оцінюється межею вогнестійкості. Межа вогнестійкості конструкції визначається часом в хвилинах від початку сприймання вогню до утворення в конструкціях наскрізних тріщин або отворів, підвищення температури на поверхні, що не обігривається вище допустимої, руйнування конструкції.

Таблиця 6.7 – Значення мінімальних меж вогнестійкості приміщення [41]

Ступінь вогнестійкості будівлі	Стіни				Колони	Східчасті майданчики	Плити та інші несучі конструкції	Елементи покриття	
	Несучі та східчасті клітки	Самонесучі	Зовнішні несучі	Перегородки				Плити, прогони	Балки, ферми
2	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	EI 15 M0	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M0	REI 15 M0	R 30 M0

Примітка. R – втрати несучої здатності; E – втрати цілісності; I – втрати теплоізолювальної спроможності; M – показник здатності будівельної конструкції поширювати вогонь (межа поширення вогню); M0 – межа поширення вогню дорівнює 0 см.

В таблиці 6.8 приведено протипожежні норми проектування будівель і споруд. Для попередження поширенню пожежі з одної споруди на іншу між ними влаштовують протипожежні розриви, які залежать від ступеня вогнестійкості будівлі. Ширина евакуаційного виходу (дверей) із приміщень визначається в залежності від загальної кількості людей, які евакуюються через цей вихід і кількості людей на 1 м ширини виходу (дверей). Максимально допустима кількість поверхів споруди, найбільша допустима площа підлоги між протипожежними

стінами приймається в залежності від категорії пожежної небезпеки і ступеня вогнестійкості.

Вибір видів та кількості первинних засобів пожежегасіння проводиться з врахуванням властивостей фізико-хімічних та пожежонебезпечних горючих речовин, їх взаємодії з вогнегасними речовинами, а також розмірів і площ виробничих приміщень, відкритих майданчиків і установок.

Таблиця 6.8 – Протипожежні норми проектування будівель і споруд [42]

Об'єм приміщення, тис. м <sup>3</sup>	Категорія пожежної небезпеки	Ступінь вогнестійкості	Відстань, м, для щільності людського потоку в загальному проході, осіб/м <sup>2</sup>			Кількість людей на 1 м ширини евакуивходу	Відстань між будівлями та спорудами, м, для ступеня їх вогнестійкості			Найбільша кількість поверхів	Площа поверху в межах пожежного відсіку, м <sup>2</sup> , для кількості поверхів		
			до 1	2-3	4-5		I,II	III	IV,V		1	2	3 і більше
до 15	A	2	40	25	15	45	9	9	12	6	н.о.	–	–

Примітка: н.о. – не обмежується

Встановлюємо, що приміщення, де проводиться робота з покращення ефективності, має бути оснащено двома вогнегасниками, пожежним щитом, ємністю з піском [43].

## ВИСНОВОК

1. На підставі аналізу роботи вантажних АТЗ з перевезення навалочних вантажів встановлено, що при використанні навантаження вантажу вище рівня бортів кузова значення коефіцієнта використання об'єму кузова може бути більше одиниці (1.2...1,6) і показано, що завантаження автомобіля навалочним вантажем відповідно до конструктивно закладених технічними масогабаритними характеристиками призводить до перевищення допустимих нормативних навантажень на вісь АТЗ. Визначено, що для того, щоб уникнути нормативних порушень, необхідно скорочувати можливі об'єми перевезення вантажу, знижуючи коефіцієнт використання вантажопідйомності, що призведе до зниження продуктивності роботи автомобіля та підвищення собівартості перевезень.

2. Змодельована система зв'язків та обмежень, призначена оптимізувати процеси експлуатації вантажних АТЗ з урахуванням трьох можливих станів:

- АТЗ експлуатується відповідно до проектних технічних характеристик, що визначаються конструкцією автомобіля, при цьому коефіцієнт використання вантажопідйомності при перевезенні навалочних вантажів  $K_{BV} > 1$ , але з перевищенням нормативних осьових навантажень і повної маси автомобіля;

- АТЗ експлуатується відповідно до проектних технічних характеристик, що визначаються конструкцією автомобіля, при цьому коефіцієнт використання вантажопідйомності при перевезенні навалочних вантажів  $K_{BV} = 1$ , але з перевищенням нормативних осьових навантажень і повної маси автомобіля;

- АТЗ експлуатується відповідно до нормативних осьових навантажень і повної маси автомобілів, що визначаються дорожніми умовами.

3. Сформовано матрицю ефективних рішень за різних варіантів значень  $K_{BV}$  залежно від стану середовища експлуатації в системі «автомобіль-середовище», необхідне для диференційованої оцінки показників роботи вантажних автомобілів при перевезенні навантажувальних вантажів.

4. Отримано рішення сформульованої багатокритеріальної задачі оптимізації значення показників  $K_{BV}$  у вигляді областей (3 області) розподілу ефективних рішень.

5. Розроблено методику багатокритеріальної оцінки результативних показників експлуатації вантажних АТЗ у рамках якої: структуровані умови середовища експлуатації АТЗ при перевезенні навалочних вантажів з метою отримання необхідного обсягу вихідних даних для проведення досліджень, визначено значення показників, що характеризують кількісну оцінку експериментальних даних КВВ.

6. Визначено економічну ефективність застосування методики багатокритеріальної оцінки показників використання роботи АТЗ у вигляді системи рівнянь зміни питомих показників залежно від зміни значення КВВ, саме: за статистично встановлених оціночних значень  $KBB = 1,1$  та рекомендованих значень  $KBB = 0,93$  комплексний питомий показник економічної ефективності, що включає витрати на відшкодування збитків, завданих дорожньому покриттю та витрати пов'язані з підвищенням собівартості перевезень внаслідок зниження продуктивності роботи самоскидів, знизиться на 27 %: із 18 грн./км до 13 грн./км.

Таким чином, сформовано новий науковий підхід вирішення проблеми експлуатації вантажних АТЗ при перевезеннях навалочних вантажів за умов нормативних обмежень дорожнього середовища. Даний підхід, що реалізує багатокритеріальну систему оцінки диференційованих показників використання АТЗ, знижує сукупні високі витрати процесу перевезень вантажів і витрат на відновлення дорожнього покриття по якому здійснюються перевезення.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. O'Brien M., Claypool L. L. and ect. Causes of fruit bruising on transport trucks. *Hilgardia*, 1963. №6, vol. 35. P.113-124.
2. Belyu L. P., Kozhaev Y. P., Tsvetkov V. Ya. and ect. Metamodelling in the information field. *Amazonia Investiga*, 2020. Vol. 9. Núm. 25, P. 395-402.
3. Teixeira G.H. de Almeida, Meakem V., C. de L. Medeiros de Moraes, K. M. Gomes de Lima, Whitehead S. R. Conventional and alternative pre-harvest treatments affect the quality of 'Golden delicious' and 'York' apple fruit. *Environmental and Experimental Botany*, 2020. Vol. 173. Article 104005.
4. Beyaz A. Harvest glove and LabView based mechanical damage determination on apples. *Scientia Horticulturae*, 2018. Vol. 228. P. 49-55.
5. Stopa R., Szyjewicz D., Komarnicki P., Kuta Ł. Determining the resistance to mechanical damage of apples under impact loads. *Postharvest Biology and Technology*, 2018. Vol. 146. P. 79-89.
6. Stopa R., Szyjewicz D., Komarnicki P., Kuta Ł. Limit values of impact energy determined from contours and surface pressure distribution of apples under impact loads. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2018. Vol. 154. P. 1-9.
7. F. Xu, F. Lu, Z. Xiao, Z. Li. Influence of drop shock on physiological responses and genes expression of apple fruit. *Food Chemistry*, 2020. Vol. 30315. Article 125424.
8. Борисюк Д. В., Зелінський В. Й., Равицький С. В. Економіко-математична модельвантажних перевезень автомобільним транспортом. *Матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 25-27 жовтня 2021 року: збірник наукових праць*, 2021. С. 41-43.
9. Біліченко В. В. Виробничі системи на транспорті: стратегії розвитку : монографія. Вінниця: ВНТУ, 2016. 268 с.
10. Гунько І. В., Гуцаленко О. В. Транспорт – актуальні проблеми та сьогодення. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*, 2015. Випуск 2 (90). С. 98-103.



11. Огневий В.О., Смирнов Є. В., Борисюк Д.В. Вдосконалення методики оперативного планування міських вантажних перевезень. *Вісник машинобудування та транспорту*, Вінниця. 2022. №2(16). С. 81-87.

12. Дмитро Борисюк. Методика оперативного планування міських вантажних перевезень. *V Всеукраїнська науково-теоретична конференція «Проблеми з транспортними потоками і напрями їх розв'язання»: тези доповідей*, 23–24 березня 2023 року. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2023. С. 98-101.

13. Дмитриченко М.Ф., Яцківський Л.Ю., Ширяєва С.В., Докуніхін В.З. Основи теорії транспортних процесів і систем. Київ: Видавничий Дім «Слово», 2009. 336 с.

14. Хара М. В., Ніколаєнко І. В. Управління ланцюгами постачання та мережами / Інжиніринг криз та ризиків транспортних послуг: колективна монографія / В. М. Самсонкін [та ін.]. Київ, 2021. Розділ 3. С. 74–100.

15. Чухрай Н., Гірна О. Формування ланцюга поставок: питання теорії та практики: монографія. Львів: “Інтелект-Захід”, 2007. 232 с.

16. Маселко Т.Є., Шевченко С.Г. Проблеми управління транспортно-логістичними системами України та перспективи розвитку в контексті європейської інтеграції. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*. 2017. Вип. 12. С. 301-305.

17. Білоус В. А. Досконала дорожня мережа - основа економічного розвитку держави. *Науковий вісник Укр. держ. лісотехн. ун-ту*. Львів, 2005. Вип. 9.11: Сучасна екологія і проблеми сталого розвитку суспільства. С. 159–163.

18. Неізнаний С.В., Пальчик А.М. Аналіз методів, які використовуються при обґрунтуванні реконструкції автомобільних доріг. *Дороги і мости*. 2020. Вип. 21. С. 70-76.

19. Галкін А.С. Логістичне управління автотранспортним обслуговуванням : навч. посібник. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. 212 с.

20. Герзель В.М., Марчук М.М., Фабрицький М.А., Рижий О.П.. Організація автомобільних перевезень, дорожні умови та безпека руху: Навч. посіб. Рівне: НУВГП, 2008. 199 с.

21. Лебідь В.В. Підвищення ефективності управління міжнародними автомобільними перевезеннями на маршрутах МТК з використанням результатів експериментальних досліджень. *Збірка тез доповідей LXIX науково – практичної конференції науково-педагогічних працівників, аспірантів, студентів та структурних підрозділів НТУ*. Київ: НТУ, 2013. С. 225.

22. ВолковаТ.В., Павленко О.В. Удосконалення управління якістю доставки зерна автомобільним транспортом на території України. *Комунальне господарство міст*. 2020. 154 (1). С. 216-222.

23. Бережна Н.Г., Біляєва О.С., Войтов В.А., Горяїнов О.М., Карнаух М.В., Кравцов А.Г., Кутья О.В., Музильов Д.О., Шраменко Н.Ю. Проблеми транспортно-логістичного забезпечення в аграрній галузі. Харків: Міськдрук, 2019. 180 с.

24. Дуна Н., Матвісіко А. Перспективи розвитку українського ринку автомобільних вантажоперевезень: євроінтеграційний аспект. *Науковий вісник Ужгородського національного університету*. 2022. Випуск 44. С. 21–29.

25. Стасюк О., Чмирьова Л., Федяй Н. Ринки вантажних та пасажирських перевезень в Україні: проблеми та тенденції. *Ефективна економіка*. 2020. № 9. С. 1–19.

26. Швець В., Бойченко М. Аутсорсинг в логістиці автомобільних вантажоперевезень в Україні: стан, проблеми та перспективи. *Економічний вісник Донбасу*. 2019. № 3(57). С. 103–109.

27. Функціонування ринку вантажних перевезень в Україні: фактори впливу та пріоритети розвитку: науково-аналітична доповідь (електронне видання) / наук. ред. Х. М. Притула; ДУ «Інститут регіональних досліджень імені М. І. Долишнього НАН України». Львів, 2021. 94 с.

28. В.О. Огневий, Є.В. Смирнов, В.П. Кужель, Д.В. Борисюк. Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни «Вантажознавство» для студентів спеціальності 275 – «Транспортні технології». Вінниця : ВНТУ, 2023. 86 с.

29. Д.В. Борисюк, Є.В. Смирнов. Дослідження операцій в транспортних системах. Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт (студентам

спеціальності 275 «Транспортні технології»). Частина 1. Вінниця: ІРВЦ ВНТУ, 2022. 52 с.

30. Д.В. Борисюк., В.О. Огневий. Дослідження операцій в транспортних системах. Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт (студентам спеціальності 275 «Транспортні технології»). Частина 2. Вінниця: ІРВЦ ВНТУ, 2022. 57 с.

31. ДСТ 12.0.003-74\*. ССБТ. Небезпечні і шкідливі виробничі фактори  
Класифікація.

32. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

33. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.

34. Бондаренко Є.А., Дрончак В.О. Освітлення виробничих приміщень :  
довідник. Вінниця : ВНТУ, 2011. 61 с.

35. ДСН 3.3.6-037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та  
інфразвуку.

36. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої та загальної  
вібрацій.

37. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у  
положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги.

38. Методичні вказівки до опрацювання розділу "Охорона праці та безпека в  
надзвичайних ситуаціях" в дипломних проектах і роботах студентів спеціальностей,  
що пов'язані з функціональною електронікою, автоматизацією та управлінням /  
Уклад. О. В. Березюк, М. С. Лемешев. Вінниця : ВНТУ, 2012. 64 с.

39. Правила улаштування електроустановок. 2-е вид., перероб. і доп. Харків:  
"Форт", 2009. 736 с.

40. ДБН В.2.5-27-2006. Захисні заходи електробезпеки в електро-установках  
будинків і споруд.

41. ДБН В.1.1.7-2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва.

42. СНиП 2.09.02-85. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва.

Загальні вимоги.

43. НАПБ Б.03.001-2004. Типові норми належності вогнегасників.

--

## СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

АТ – автомобільна дорога

АТГ – автомобілі з великоваговими вантажами

АТО – автотранспортна організація

АТЗ – автотранспортний засіб

ДТП – дорожньо-транспортна пригода

КВВ - коефіцієнт використання вантажопідйомності

КР - капітальний ремонт

СЗС - стан зовнішнього середовища

СМО – система масового обслуговування

СУР – стратегія ухвалення рішення

ТО – технічне обслуговування

ТОР – технічне обслуговування та ремонт

ПР – поточний ремонт

ТЕА – технічна експлуатація автомобілів

**Додаток А (обов'язковий).**  
**СТАТИСТИЧНІ ДАНІ НАКОПИЧЕННЯ ЧАСТОТИ ОТРИМАНИХ**  
**ЗНАЧЕНЬ КВВ**



**Додаток Б (обов'язковий).**

**ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ  
РОБОТИ**



Вінницький національний технічний університет  
Факультет машинобудування та транспорту  
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

# Покращення ефективності використання вантажних автомобілів на базі фермерського господарства «Нива» село Ракова Томашпільського району Вінницької області

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

*масштабської кваліфікаційної роботи*

Галузь знань 27 – «Транспорт»

Спеціальність 275 – «Транспортні технології (за видами)»

Спеціалізація 275.03 – «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)»

Виконав студент гр. 2ТТ-22м

Ширмівський О.Ю.

Керівник к.т.н., ст. викладач кафедри АТМ

Борисук Д.В.

Вінниця – 2023

Вінницький національний технічний університет  
Факультет машинобудування та транспорту  
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

# **Покращення ефективності використання вантажних автомобілів на базі фермерського господарства «Нива» село Ракова Томашпільського району Вінницької області**

**ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА**

*магістерської кваліфікаційної роботи*

**Галузь знань 27 – «Транспорт»**

**Спеціальність 275 – «Транспортні технології (за видами)»**

**Спеціалізація 275.03 – «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)»**

**Виконав студент гр. 2ГТ-22м**

**Ширмівський О.Ю.**

**Керівник к.т.н., ст. викладач кафедри АТМ**

**Борисюк Д.В.**

**Вінниця – 2023**

## Покращення ефективності використання вантажних автомобілів на базі фермерського господарства «Нива» село Ракова Томашпільського району Вінницької області

**Метою дослідження** є розробка методики багатокритеріальної оцінки з урахуванням окремих результативних показників ефективності експлуатації самоскидних автопоїздів при перевезеннях сільськогосподарських вантажів.

**Для досягнення мети** поставлено такі **завдання**:

- Обґрунтувати необхідність багатокритеріальної оцінки параметрів ефективності при перевезеннях вантажів з урахуванням обмежень, що визначаються дорожніми умовами.
- Визначити аналітичні моделі, що відбивають залежність показників ефективності: збитки дорожньому покриттю, продуктивність роботи АТЗ, витрати на перевезення вантажів від зміни показників використання.
- Визначити умови докільця на вирішення завдання багатокритеріальної оцінки показників взаємовпливу елементів у системі «автомобіль-дорога» під час перевезення вантажів першого класу та обґрунтувати математичний метод реалізації зазначених цілей.
- Розробити аналітичну модель, що дозволяє побудувати алгоритм розв'язання задачі багатокритеріальної оцінки ефективності експлуатації вантажних автомобілів з урахуванням окремих результативних показників під час перевезення сільськогосподарських вантажів.
- Розробити методику багатокритеріальної оцінки з урахуванням окремих результативних показників ефективності експлуатації вантажних АТЗ під час перевезення сільськогосподарських вантажів.

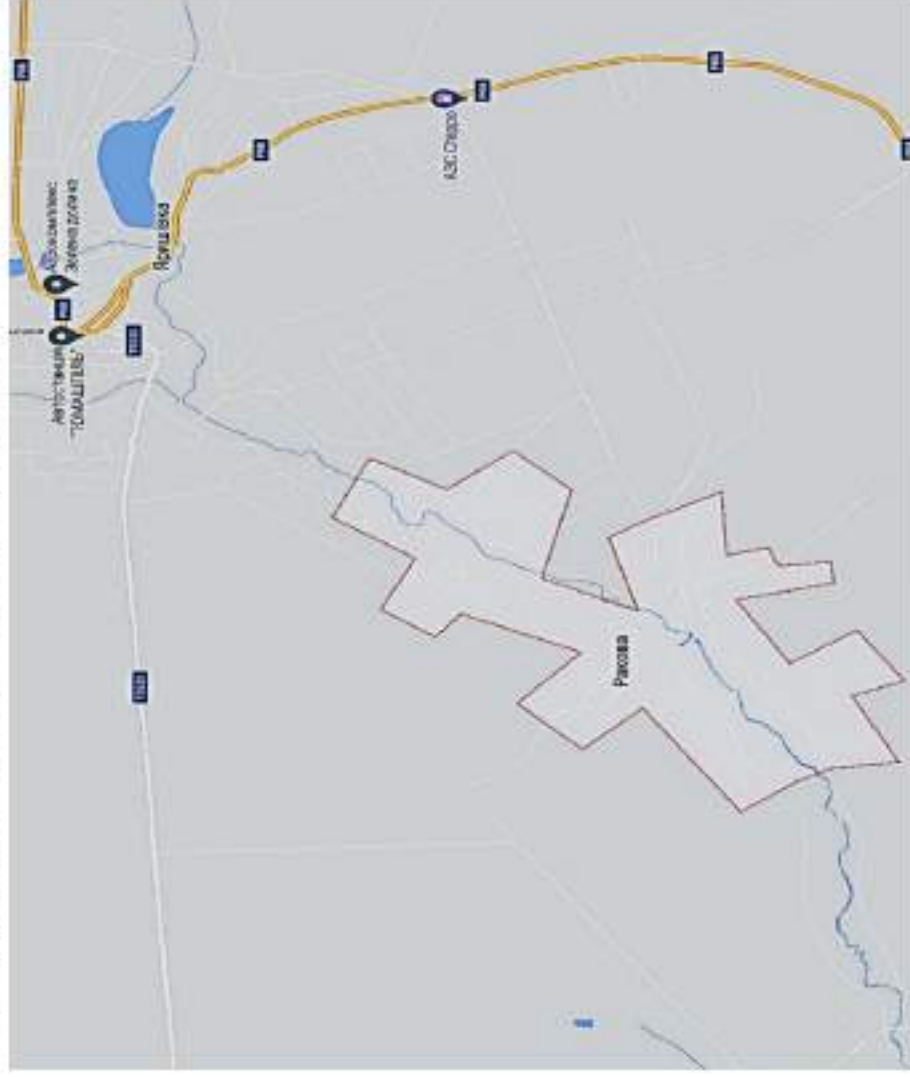
**Публікації.** Основні положення роботи опубліковані в збірнику наукових праць «Матеріали XVI-ї міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 23-25 жовтня 2023 року»: **Д.В. Борисюк, О.Ю. Ширмівський.** Багатокритеріальна система оцінки показників використання вантажних автомобілів. *Матеріали XVI-ї міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 23-25 жовтня 2023 року: збірник наукових праць, 2023. С. 79-81.*



# Загальна характеристика фермерського господарства "Нива"

3

Фермерське господарство "Нива" зареєстровано 18.07.1997 за юридичною адресою – Вінницька обл., Томашпільський р-н, село Ракова, вул. Центральна, будинок 73.  
Фермерське господарство "Нива" розташоване за 3 км від районного центру і за 25 км від залізничної станції Вапнярка.



## Види діяльності фермерського господарства "Нива":

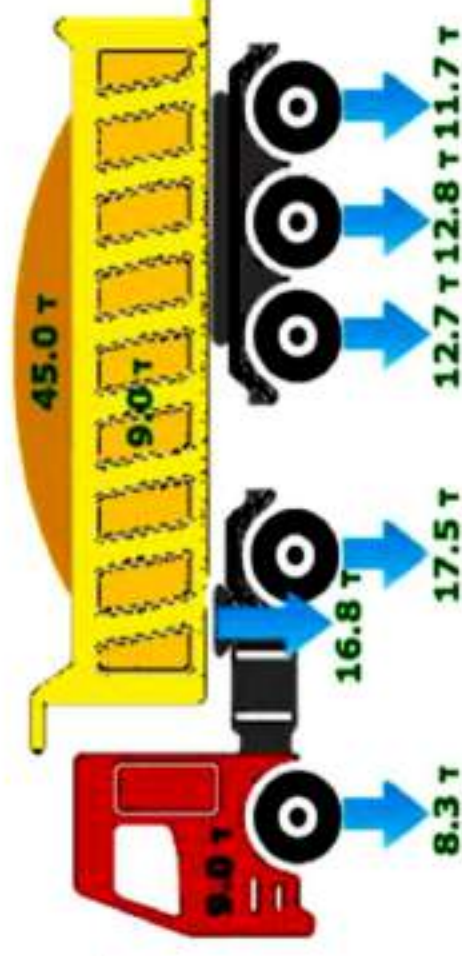
- 01.11 Вирощування зернових культур (крім рису), бобових культур і насіння олійних культур;
- 01.42 Розведення іншої великої рогатої худоби та буйволів;
- 01.61 Допоміжна діяльність у рослинництві;
- 10.41 Виробництво олії та тваринних жирів;
- 10.81 Виробництво цукру;
- 47.81 Роздрібна торгівля з лотків і на ринках харчовими продуктами, напоями та тютюновими виробами;
- 49.41 Вантажний автомобільний транспорт.

*Розташування фермерського господарства "Нива"*

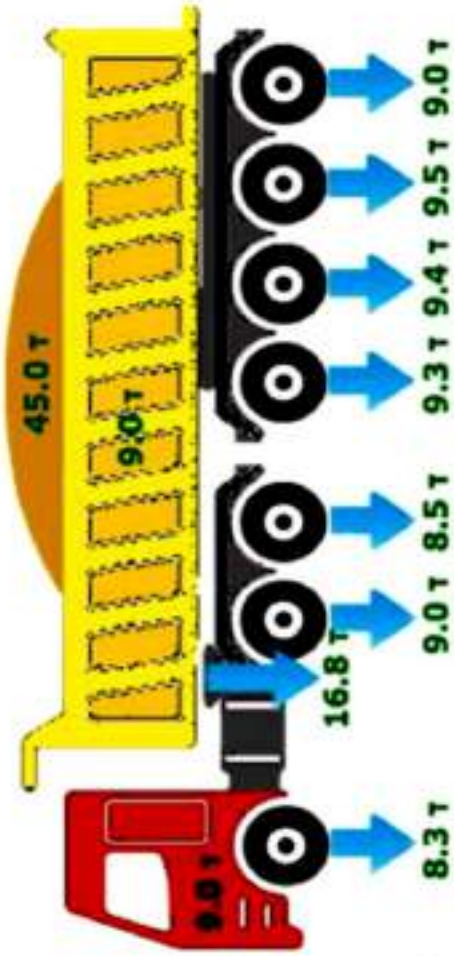
# Аналіз моделі розрахунку навантажень на вісь вантажних АТЗ при перевезенні вантажів

## Вихідні дані визначення осьових навантажень

Показник	Значення показника
Споряджена маса автопоїзда, т	18
Тип коліс тягача	односхильні
- передні осі	двосхилі
- задні осі	двосхилі
Тип коліс напівпричепа	двосхилі
Відстань між осями напівпричепа, м	1,31
3-вісний напівпричіп	1,35
4-вісний напівпричіп	зерно
Тип вантажу	30 м <sup>3</sup>
Вантажоємність напівпричепа	1,0
КВВ	45
Маса вантажу, т	



Розподіл навантажень на вісь 5-вісного автопоїзда



Розподіл навантажень на вісь 7-вісного автопоїзда

# Нормативні та фактичні значення навантажень на осі

**5**

## 5-вісного автопоїзда

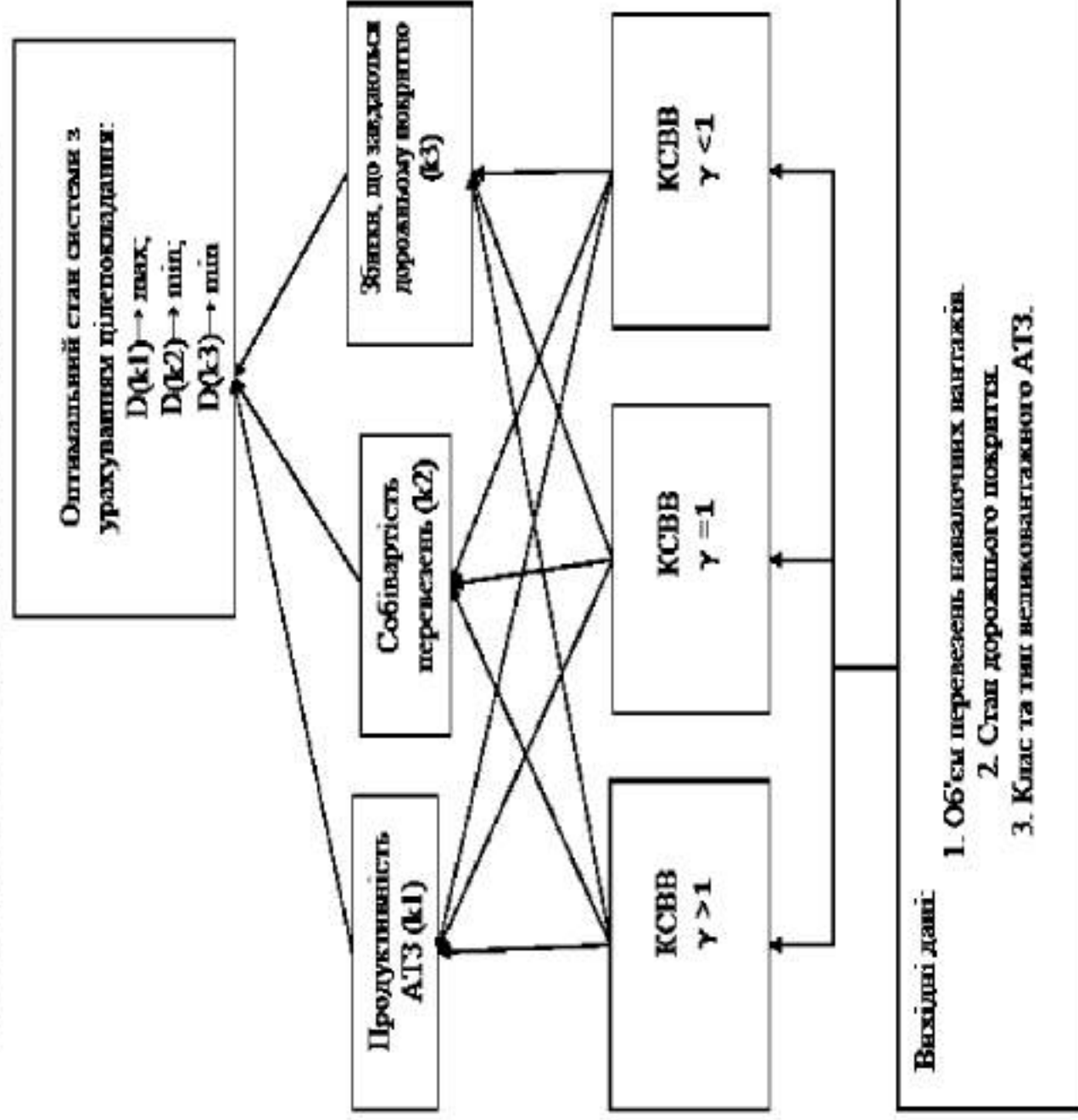
Вид показника	Передня вісь тягача	Задня вісь тягача	Напівпричіп		
			1-а вісь	2-а вісь	3-я вісь
Навантаження на вісь (нормативне значення)	10,5 т	11,5 т	8,0 т	8,0 т	8,0 т
Навантаження на вісь (фактичне значення)	8,3 т	17,5 т	12,7 т	12,8 т	11,7 т
Перевантаження по осях	-	6,0 т (52%)	4,7 т (59%)	4,8 т (60%)	3,7 т (46%)

## Нормативні та фактичні значення навантажень на осі

### 7-вісного автопоїзда

Вид показника	Передня вісь тягача	1-а задня вісь тягача	2-а задня вісь тягача	Напівпричіп			
				1-а вісь	2-а вісь	3-я вісь	4-та вісь
Навантаження на вісь (нормативне значення)	10,5 т	9,0 т	9,0 т	9,0 т	8,0 т	8,0 т	8,0 т
Навантаження на вісь (фактичне значення)	8,3 т	9,0 т	8,5 т	8,5 т	9,3 т	9,4 т	9,5 т
Перевантаження по осях	-	-	-	-	1,3 т (16%)	1,4 т (18%)	1,5 т (19%)

# Декомпозиція досліджуваної моделі систематизованої оцінки показників використання вантажних АТЗ





## Оцінка критерію продуктивності роботи

7

### вантажних АТЗ

Продуктивність роботи вантажних АТЗ у тонах за одну їздку визначається за такою формулою:

$$Q_e = q \cdot \gamma_c$$

Продуктивність вантажних АТЗ у тоно-кілометрах за одну їздку:

$$P_e = Q_e \cdot l_{ee} = q \cdot \gamma_c \cdot l_{ee}$$

Далі визначається кількість їздок вантажних АТЗ за зміну за формулою:

$$n_e = \frac{T_H \cdot \beta \cdot V_T}{l_{er} + t_{n-p} \cdot \beta \cdot V_T}$$

Продуктивність вантажних АТЗ, яка обчислюється в тонах за один робочий день або за зміну:

$$U_{p-d} = \frac{q \cdot \gamma_c \cdot T_H \cdot \beta \cdot V_T}{l_{er} + t_{n-p} \cdot \beta \cdot V_T}$$

# Структура собівартості перевезень на автомобільному транспорті

8

№ п/п	Стаття витрат	Повна собівартість, тис. грн.	Калькуляція собівартості		
			1 ткм	1 км	
1	Заробітна плата водіїв	+	+	(Умовно) +	
Змінні витрати					
2	Паливо	+	+	-	
3	Масильні та обтиральні матеріали	+	+	-	
4	Технічне обслуговування та ремонт рухомого складу	+	+	-	
5	Відновлення та ремонт шин	+	+	-	
6	Амортизація рухомого складу (у частині, призначеній на капітальний ремонт)	+	+	-	
Постійні витрати					
7	Накладні витрати	+	+	+	
8	Амортизаційні відрахування (у частині, що призначена на повне відновлення)	+	+	+	
Разом		$S_{\text{пов.}}$	$S_{\text{ткм}}$	$S_{\text{км}}$	$S_{\text{пост.}}$

## 9 Постановка задачі оптимізації в системі перевезень вантажів вантажними АТЗ у системі «автомобіль-дорога»

Матриця вибору стратегії з організації перевезення навалочних вантажів у системі «автомобіль-дорога» матиме вигляд:

$$\|a_{ij}\| = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix}.$$

Постановка задачі із завданням з урахуванням розробленої моделі оптимізації перевезень с/г вантажів:

$$K_1 = a_{11}x_1 + a_{21}x_2 + a_{31}x_3 \rightarrow \max,$$

$$K_2 = a_{12}x_1 + a_{22}x_2 + a_{32}x_3 \rightarrow \min,$$

$$K_3 = a_{13}x_1 + a_{23}x_2 + a_{33}x_3 \rightarrow \min, \\ x_1 + x_2 + x_3 = N.$$

Визначимо обмеження:

$$x_i = \begin{cases} N, i = j \\ 0, i \neq j \end{cases}.$$

Тоді матриця вибору стратегії з організації перевезення навалочних вантажів у системі «автомобіль-дорога» набуде наступного вигляду:

$$A = \begin{pmatrix} k_{11}\gamma_c + b_1 & \frac{k_{12}}{\gamma_c} & \frac{k_{13}}{\gamma_c} \\ k_{21}\gamma_c + b_2 & \frac{k_{22}}{\gamma_c} & \frac{k_{23}}{\gamma_c} \\ k_{31}\gamma_c + b_3 & \frac{k_{33}}{\gamma_c} & \frac{k_{33}}{\gamma_c} \end{pmatrix}.$$

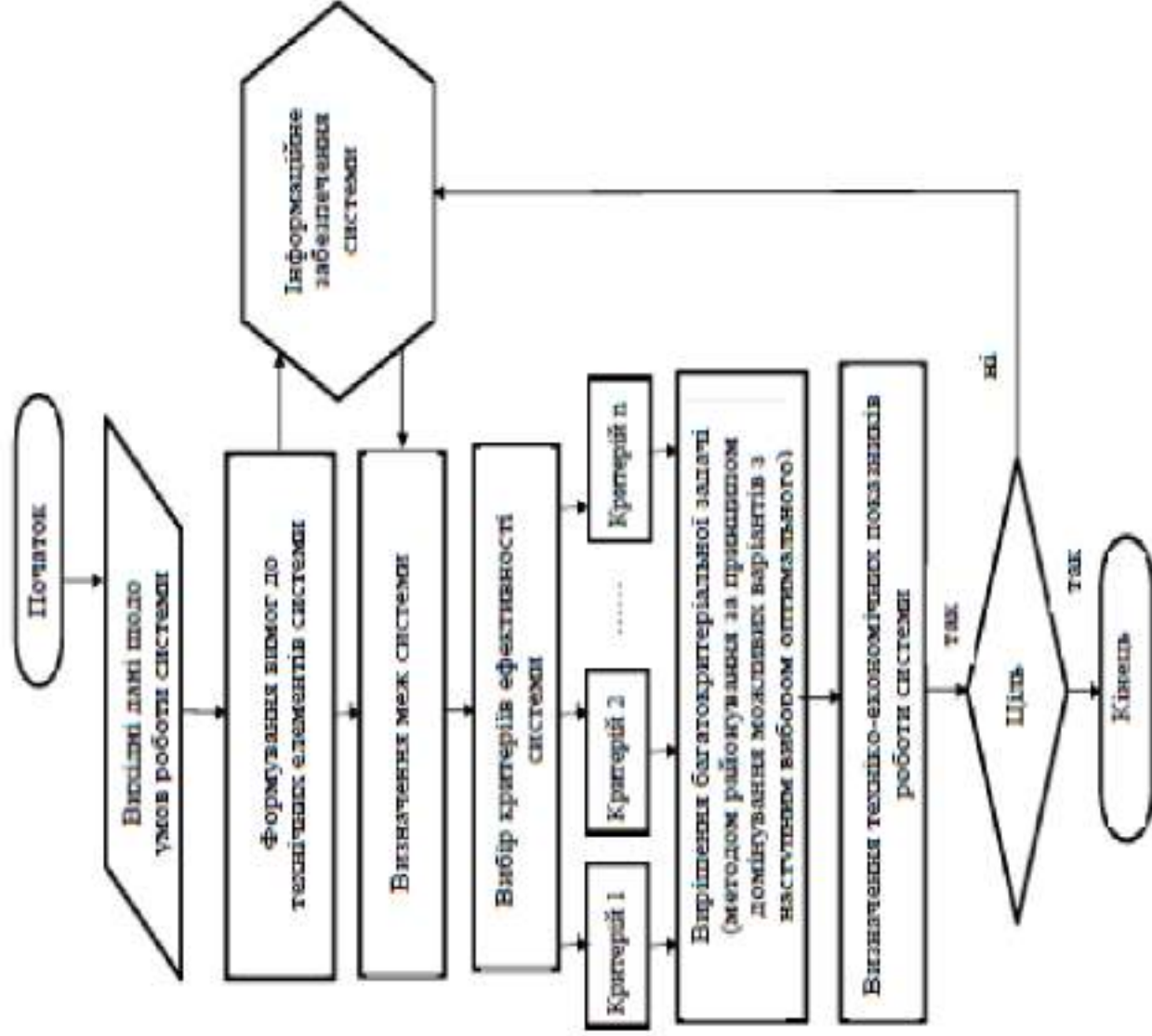
## Техніко-експлуатаційні показники роботи вантажних АТЗ

Найменування показника	Значення показника
1. Довжина маршруту, км	70
2. Довжина завантаженої їздки, км	35
3. Довжина порожньої їздки, км	35
4. Середньодобовий обсяг перевезень, кг	2200
5. Технічна швидкість, км/год	35
6. Середній час простою під навантаженням та розвантаженням, хв	15
7. Середній час у наряді, год	16
8. Інтервал кількості завантажених їздок, що виконуються одним АТЗ, од.	6...8
9. Кількість автомобілів в експлуатації	20

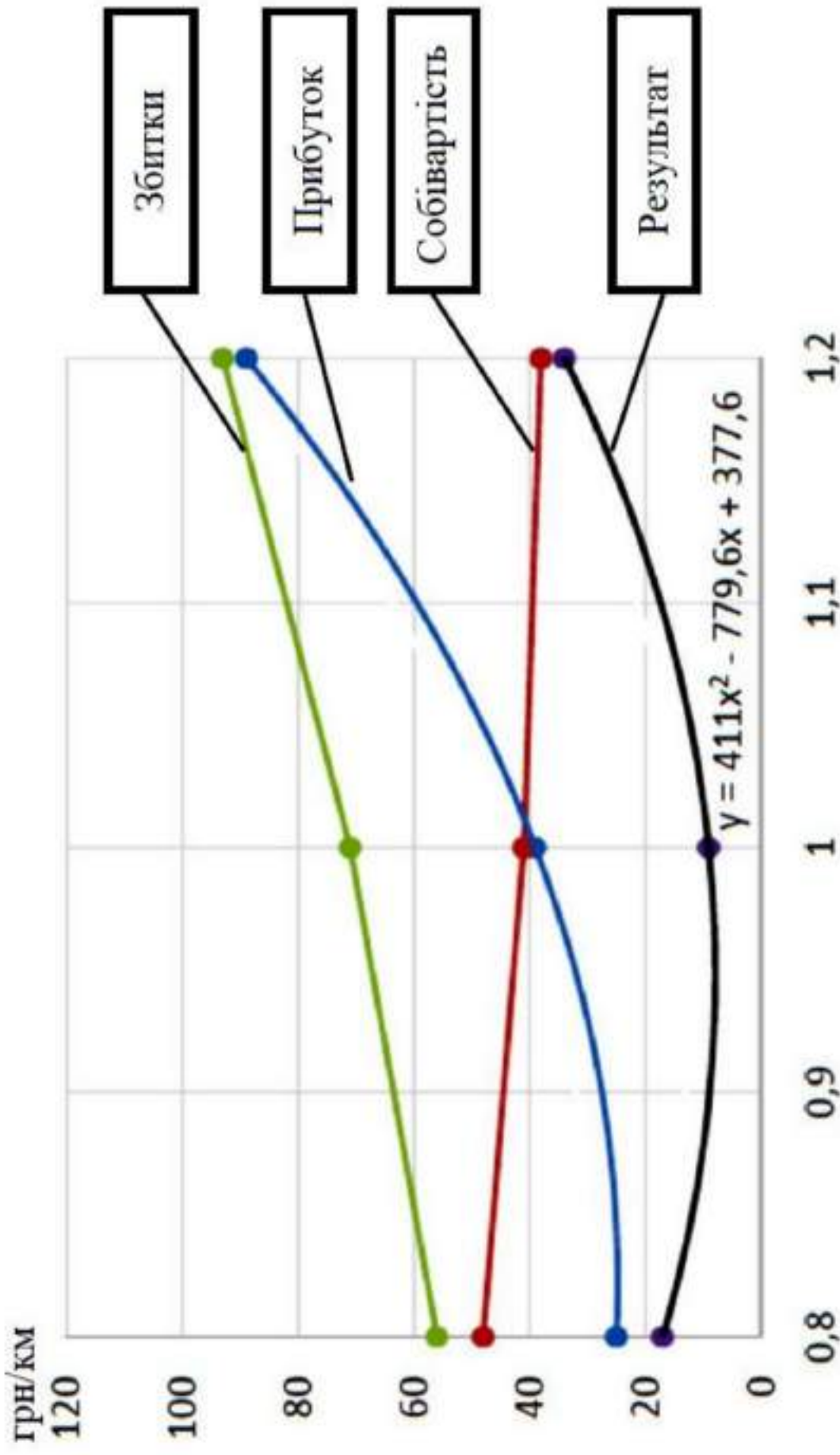
## Характеристика рухомого складу, що використовується для перевезення навалочних вантажів

Характеристики АТЗ, кг	Значення показника
1. Споряджена маса	15500
2. КамАЗ-65201-21010-43 — навантаження на першу та другу вісь	7250
— навантаження на задній візок	8250
2. Вантажопідйомність КамАЗ-65201-21010-43	28500
3. Повна маса КамАЗ-65201-21010-43 — навантаження на першу та другу вісь	44000
— навантаження на задній візок	18000
— навантаження на задній візок	26000

# Алгоритм методики визначення показників роботи рухомого складу за кількома критеріями ефективності



# Графіки зміни питомих економічних показників залежно від зміни КВВ



коефіцієнт використання вантажопідйомності

## ВИСНОВОК

1. На підставі аналізу роботи вантажних АТЗ з перевезення навалочних вантажів встановлено, що при використанні навантаження вантажу вище рівня бортів кузова значення коефіцієнта використання об'єму кузова може бути більше одиниці (1.2...1.6) і показано, що завантаження автомобіля навалочним вантажем відповідно до конструктивно закладених технічними масогабаритними характеристиками призводить до перевищення допустимих нормативних навантажень на вісь АТЗ. Визначено, що для того, щоб уникнути нормативних порушень, необхідно скорочувати можливі об'єми перевезення вантажу, знижуючи коефіцієнт використання вантажопідйомності, що призведе до зниження продуктивності роботи автомобіля та підвищення собівартості перевезень.
2. Змодельована система зв'язків та обмежень, призначена оптимізувати процеси експлуатації вантажних АТЗ з урахуванням трьох можливих станів:
  - АТЗ експлуатується відповідно до проектних технічних характеристик, що визначаються конструкцією автомобіля, при цьому коефіцієнт використання вантажопідйомності при перевезенні навалочних вантажів  $K_{BV} > 1$ , але з перевищенням нормативних осьових навантажень і повної маси автомобіля;
  - АТЗ експлуатується відповідно до проектних технічних характеристик, що визначаються конструкцією автомобіля, при цьому коефіцієнт використання вантажопідйомності при перевезенні навалочних вантажів  $K_{BV} = 1$ , але з перевищенням нормативних осьових навантажень і повної маси автомобіля;
  - АТЗ експлуатується відповідно до нормативних осьових навантажень і повної маси автомобілів, що визначаються дорожніми умовами.
3. Сформовано матрицю ефективних рішень за різних варіантів значень  $K_{BV}$  залежно від стану середовища експлуатації в системі «автомобіль-середовище», необхідне для диференційованої оцінки показників роботи вантажних автомобілів при перевезенні навантажувальних вантажів.

4. Отримано рішення сформульованої багатокритеріальної задачі оптимізації значення показників КВВ у вигляді областей (3 області) розподілу ефективних рішень.
5. Розроблено методику багатокритеріальної оцінки результативних показників експлуатації вантажних АТЗ у рамках якої: структуровані умови середовища експлуатації АТЗ при перевезенні навалочних вантажів з метою отримання необхідного обсягу вихідних даних для проведення досліджень, визначено значення показників, що характеризують кількісну оцінку експериментальних даних КВВ.
6. Визначено економічну ефективність застосування методики багатокритеріальної оцінки показників використання роботи АТЗ у вигляді системи рівнянь зміни питомих показників залежно від зміни значення КВВ, саме: за статистично встановлених оціночних значень  $KVB = 1,1$  та рекомендованих значень  $KVB = 0,93$  комплексний питомий показник економічної ефективності, що включає витрати на відшкодування збитків, завданих дорожньому покриттю та витрати пов'язані з підвищенням собівартості перевезень внаслідок зниження продуктивності роботи самоскидів, знизиться на 27%: із 18 грн./км до 13 грн./км.

Таким чином, сформовано новий науковий підхід вирішення проблеми експлуатації вантажних АТЗ при перевезеннях навалочних вантажів за умов нормативних обмежень дорожнього середовища. Даний підхід, що реалізує багатокритеріальну систему оцінки диференційованих показників використання АТЗ, знижує сукупні високі витрати процесу перевезень вантажів і витрат на відновлення дорожнього покриття по якому здійснюються перевезення.



**Додаток В (обов'язковий).**  
**ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ**  
**ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ**

ПРОТОКОЛ  
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Покращення ефективності використання вантажних автомобілів на базі фермерського господарства «Нива» село Ракова Томашпільського району Вінницької області

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота  
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра автомобілів та транспортного менеджменту  
(кафедра, факультет)

**Показники звіту подібності Unicheck**

Оригінальність 97,5 % Схожість 2,5 %

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

- 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
- 3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку Цимбал О.В.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи Ширмівський О.Ю.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи Борисюк Д.В.  
(підпис) (прізвище, ініціали)