

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Західноукраїнський національний університет
Вінницький навчально-науковий інститут економіки
Кафедра економіки, обліку та оподаткування

Максименко І.О.

**Підвищення ефективності використання транспортних засобів для
перевезення товарів**
Improving the efficiency of the use of transport means for transporting goods

Спеціальність 274 – Автомобільний транспорт
Кваліфікаційна робота

Виконав студент групи
АТмвн-21

Кваліфікаційна робота
Допущено до захисту
_____ 2024 р.
Завідувач кафедри
_____ В.М.Пилявець

Вінниця 2024

АНОТАЦІЯ

Максименко І.О. Підвищення ефективності використання транспортних засобів для перевезення товарів . - Рукопис.

Дослідження на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт», освітньо-професійна програма. - Західноукраїнський національний університет, Тернопіль, 2024.

У роботі дано визначення поняття вантажопідйомності автомобіля, як показника взаємодії автомобіля та середовища експлуатації в системі «автомобіль-дорога», проведено аналіз моделі розрахунку навантажень на вісь великовантажних АТЗ при перевезенні вантажів, досліджено статистичне значення коефіцієнта використання вантажопідйомності.

ANNOTATION

Maksimenko I.O. Improving the efficiency of the use of transport means for transporting goods. - Manuscript.

Continuing to obtain the master's degree in specialty 274 "Automotive transport", educational and professional program. - Western Ukrainian National University, Ternopil, 2024.

The work has given an important understanding of the vehicle's importance, as an indicator of the interaction between the vehicle and the average operation in the "vehicle-road" system, an analysis of the model of the distribution of the importance of all large-scale vehicles has been carried out. When goods were transported, the statistical significance of the coefficient of vantage value was determined.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
Розділ 1. АКТУАЛЬНІСТЬ ОПТИМІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ПОКАЗНИКІВ ВИКОРИСТАННЯ ВЕЛИКОВАНТАЖНИХ АТЗ	7
1.1. Коефіцієнт використання вантажопідйомності автомобіля, як показник взаємодії автомобіля та середовища експлуатації в системі «автомобіль- дорога».....	7
1.2. Аналіз моделі розрахунку навантажень на вісь великовантажних АТЗ при перевезенні навантажувальних вантажів.....	11
1.3. Використання автомобільного транспорту при перевезенні вантажів.....	13
Розділ 2. РОЗРОБКА МЕТОДИКИ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОЦІНКИ ПОКАЗНИКІВ ВИКОРИСТАННЯ ВЕЛИКОВАНТАЖНИХ АТЗ В АПК.....	17
2.1. Розробка багатокритеріальної системи оцінки показників використання великовантажних АТЗ.....	17
2.2. Розробка окремих критеріїв використання великовантажних АТЗ у системі «автомобіль-дорога».....	20
Розділ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛІ ОЦІНКИ ПОКАЗНИКІВ ВИКОРИСТАННЯ ВЕЛИКОВАНТАЖНИХ АТЗ.....	33
3.1. Вихідні дані для проведення дослідження.....	33
3.2. Формування матриці вибору стратегії при організації перевезення навалочних вантажів у системі «автомобіль-дорога».....	38
ВИСНОВКИ.....	45
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	47

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.

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.

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 (коефіцієнт використання вантажопідйомності (КВВ), використання вантажомісткості (КВВ), збиток, що завдається дорожньому покриттю та ін.) 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 великовантажних автомобілів з урахуванням окремих результативних показників 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 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. 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: перевезенням навалочних вантажів великовантажними АТЗ; 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 ґрунтуються 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.

Розділ 1. АКТУАЛЬНІСТЬ ОПТИМІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ПОКАЗНИКІВ ВИКОРИСТАННЯ ВЕЛИКОВАНТАЖНИХ АТЗ

1.1. 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:

$$\rho_{\Gamma} = \frac{m}{V}, \quad (1.1)$$

де m - маса вантажу, кг;

V – об'єм вантажу, м^3 .

Існує поняття відносної густини вантажу. Цей параметр визначається стосовно прийнятого стандарту: нормальний атмосферний тиск та сухе повітря при 20°C :

$$\alpha = \frac{\rho_{\Gamma}}{\rho_{\Gamma}^0}, \quad (1.2)$$

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

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

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

$$\varepsilon = \frac{m}{V}, \quad (1.3)$$

де m - маса вантажу, кг;

V – об'єм вантажу, м^3 .

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^3 :

$$\nu = \frac{V}{m}. \quad (1.4)$$

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

$$q_{уд} = \frac{q}{a \cdot b (h \pm h^*)}, \quad (1.5)$$

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

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):

$$\gamma_c = \frac{q_{\phi}}{q}, \quad (1.6)$$

де γ_c – КСВВ;

q_{ϕ} – маса фактично однорідного вантажу, т.

На рис.1.1 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:

$$\eta_v = \frac{q}{V_a \cdot \epsilon}, \quad (1.7)$$

де η_v – КВО.

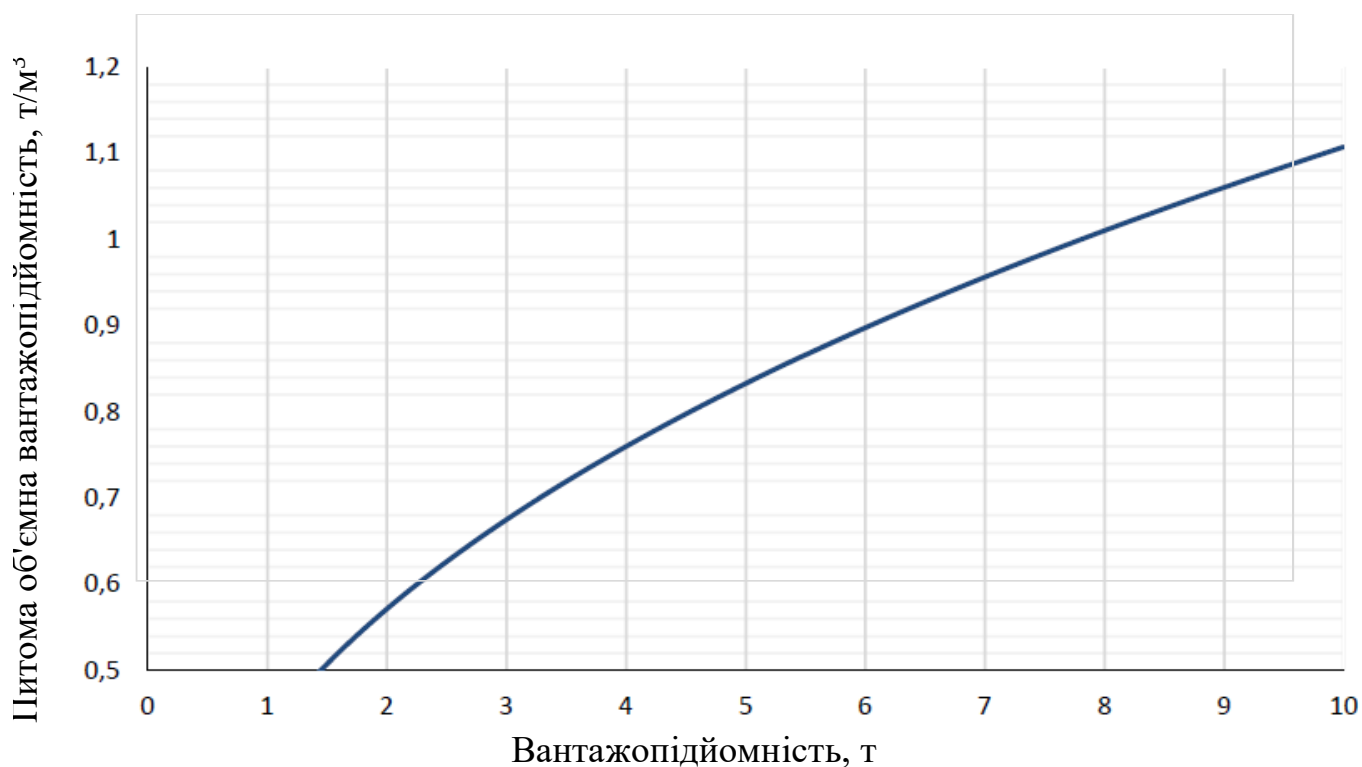


Рис. 1.1 Функція зміни $q_{уд}$ від q - номінальної вантажопідйомності АТЗ

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

Тоді фактичний обсяг вантажу визначається як:

$$V_{\Gamma} = \frac{q}{\rho_{\Gamma}} = V_p + V_{ш}, \quad (1.8)$$

де V_{Γ} - об'єм однорідного вантажу, м^3 ;

ρ_{Γ} - об'ємна маса вантажу, т/м^3 ;

V_p - робочий об'єм ємності кузова, м^3 ;

$V_{ш}$ - об'єм "шапки" вантажу, м^3 .

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

$$V_{ш} = \frac{1}{3} S \cdot h_{ш} = \frac{1}{3} S \cdot \frac{a}{2} \tan \alpha, \quad (1.9)$$

$$V_p = \frac{q}{\rho_{\Gamma}} - V_{ш}; \quad V_p = S(h - h') \quad (1.10)$$

де S – площа платформи кузова, м^2 ;

h – висота борту кузова, м ;

$h_{\text{ш}}$ – висота «шапки», м ;

a – внутрішня ширина кузова, м ;

α – кут природного укосу вантажу, град;

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

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

$$V_p = S(h - 0,1), \quad (1.11)$$

тоді

$$S \cdot h - 0,1S = \frac{q}{\rho_r} - \frac{1}{3}S \cdot \frac{a}{2} \tan \alpha \quad (1.12)$$

Або

$$S \cdot h = \frac{q}{\rho_r} - S \left(\frac{a \tan \alpha}{6} - 0,1 \right). \quad (1.13)$$

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:

$$\gamma_c = \frac{Q}{q \cdot n_e} = \frac{\sum q_{\phi}}{q \cdot n_e}, \quad (1.14)$$

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. $\text{КДВВ} = \text{КСВВ}$ тільки на одній їзді.

Коефіцієнт γ_d за одну їзду визначається як:

$$\gamma_d = \frac{q_{\phi} l_{\text{ер}}}{q l_{\text{ер}}} = \frac{q_{\phi}}{q}, \quad (1.15)$$

де $l_{\text{ер}}$ - довжина завантаженої їздки, км.

За один день роботи або за одну зміну цей коефіцієнт γ_d дорівнює:

$$\gamma_d = \frac{P}{P_{\text{возм}}} = \frac{\sum q_{\phi} l_{\text{ер}}}{q \sum l_{\text{ер}}}, \quad (1.16)$$

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

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

Коефіцієнти γ_d і γ_c можуть бути однаковими за значенням лише за таких умов:

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

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

2. $l_{\text{ер}} = \text{const}$

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

1.2. Аналіз моделі розрахунку навантажень на вісь великовантажних АТЗ при перевезенні навантажувальних вантажів

Визначимо статичне навантаження 2-вісного сідельного тягача масою 9 т (на задній осі встановлені двосхилі колеса) з 3-вісним та 4-вісним самоскидним напівприцепом масою 9 т. Вихідні дані наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

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	1,31
4-вісний напівпричіп	1,35
Умови експлуатації	асфальтове покриття
Тип вантажу	зерно
Вантажоемність напівпричепа	30 м ³
KBV	1,0
Маса вантажу, т	45

Отримаємо наступну таблицю нормативних і фактичних значень навантажень на осі автопоїзда (таблиця 1.2 та 1.3).

Таблиця 1.2

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 1.3

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 двосхилі колеса) або 3-вісний самоскид з 4-вісним напівпричепом навалочним вантажем з урахуванням закладених характеристик, це призведе до перевищення допустимих осьових нормативних обмежень за умов існуючих у системі «автомобіль-дорога» [4].

1.3. Використання автомобільного транспорту при перевезенні вантажів

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 - основний 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.

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].

Енергетичний аналіз циклу коливань, 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].

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 1.4), де P – емпіричний коефіцієнт характеристики допустимих значень швидкості коливань, у яких величина пошкоджень продукції не перевищує значень, встановлених агротехнічними вимогами, м/с; H – емпіричний коефіцієнт характеристики допустимих значень прискорення коливань, за яких величина пошкоджень продукції не перевищує значень, встановлених агротехнічними вимогами, м/с².

Таблиця 1.4

Коефіцієнти, що визначають допустиму амплітуду коливань транспортного засобу

Культура і стан її зрілості	Емпіричні коефіцієнти	
	H , м/с ²	P , 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, автотранспорт, 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.

У процесі організації сільськогосподарського 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 2. РОЗРОБКА МЕТОДИКИ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОЦІНКИ ПОКАЗНИКІВ ВИКОРИСТАННЯ ВЕЛИКОВАНТАЖНИХ АТЗ В АПК

2.1. Розробка багатокритеріальної системи оцінки показників використання великовантажних 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.

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.

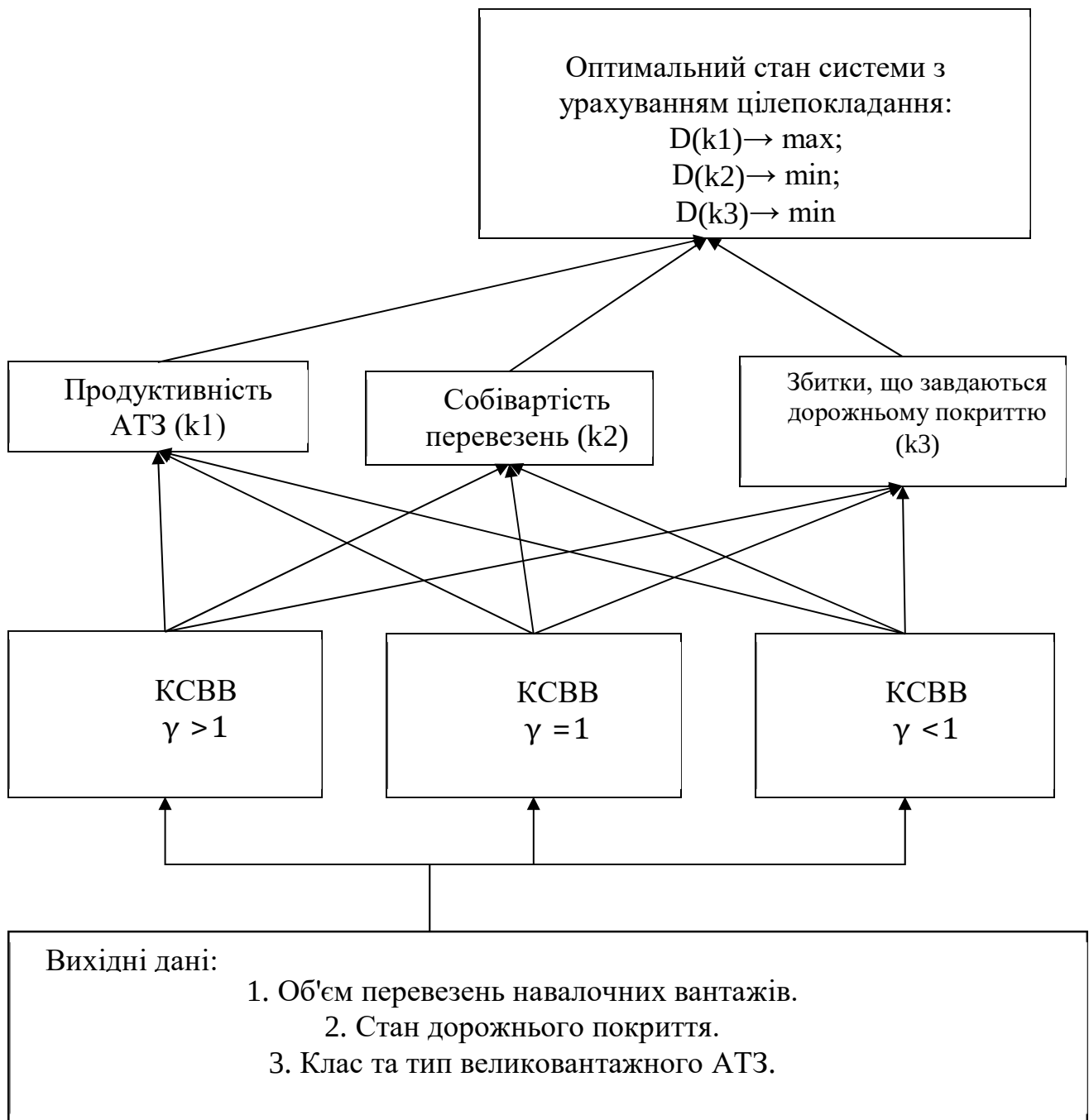


Рис. 2.1 Декомпозиція досліджуваної моделі систематизованої оцінки показників використання великовантажних АТЗ

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. 2.1.

2.2. Розробка окремих критеріїв використання великовантажних АТЗ у системі «автомобіль-дорога»

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

$$Q_e = q \cdot \gamma_c, \quad (2.1)$$

де Q_e - продуктивність великовантажних АТЗ, їзд./т.

Продуктивність великовантажних АТЗ у тоно-кілометрах за одну їздку:

$$P_e = Q_e \cdot l_{ez} = q \cdot \gamma_c \cdot l_{ez}, \quad (2.2)$$

Де P_e - продуктивність роботи рухомого складу за їздку, т·км.

Далі визначається кількість їздок великовантажних АТЗ за зміну за формулою:

$$n_e = \frac{T_n \cdot \beta \cdot V_T}{l_{eg} + t_{n-p} \cdot \beta \cdot V_T}. \quad (2.3)$$

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

$$U_{p-d} = \frac{q \cdot \gamma_c \cdot T_n \cdot \beta \cdot V_T}{l_{eg} + t_{n-p} \cdot \beta \cdot V_T}. \quad (2.4)$$

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

$$W_{p-d} = \frac{T_n \cdot \beta \cdot V_T \cdot l_{eg} \cdot q \cdot \gamma_d}{l_{eg} + t_{n-p} \cdot \beta \cdot V_m}, \quad (2.5)$$

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

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

$l_{\text{сг}}$ - довжина їздки з вантажем, км;

$V_{\text{т}}$ -швидкість технічна, км/год;

$\gamma_{\text{с}}$ -коефіцієнт використання пробігу.

Підвищення продуктивності рухомого складу може бути досягнуто всіх показників, що входять до формули (2.5) [11, 14]. Оцінка впливу цих показників на продуктивність великовантажних АТЗ виражається певними функціональними залежностями.

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

$$D_{k1} = f(\gamma_{\text{с}}) = k_1 \gamma_{\text{с}} + a_1, \quad (2.6)$$

де k_1 - коефіцієнт кута нахилу прямої на графіку функції;

a_1 – значення продуктивності при початковому значенні вимірювань $\gamma_{\text{с}}$.

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.

Структура собівартості - це склад та співвідношення статей витрат та елементів витрат у загальних експлуатаційних витратах (таблиця 2.1)

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. 2.3) [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 2.1

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		$S_{\text{пов.}}$	$S_{\text{ткм}}$	$S_{\text{зм}}$	$S_{\text{пост.}}$

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.2.3), 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.

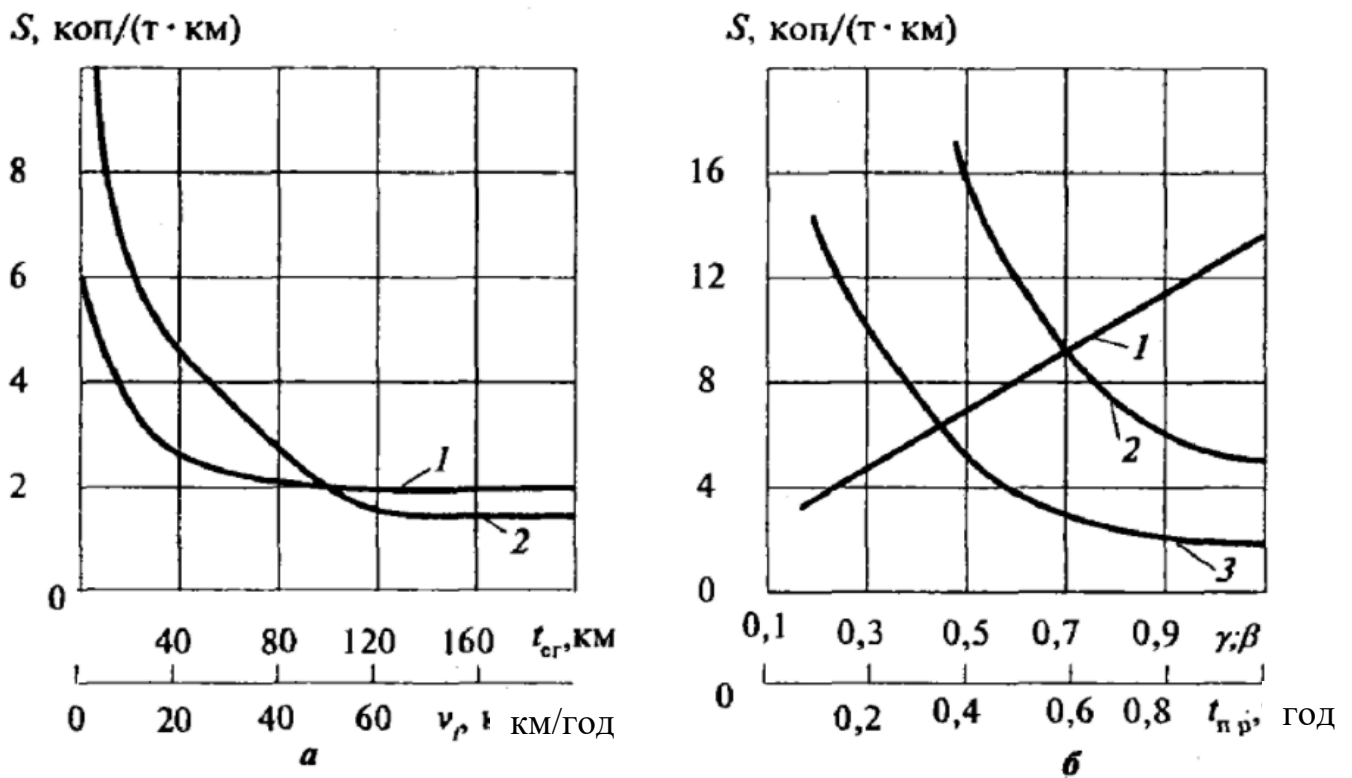


Рис. 2.3 Функція зміни собівартості перевезень залежно від різних факторів:

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.2.3) носить обернено пропорційний характер [4].

Функція залежності собівартості перевезень великовантажним АТЗ від вантажопідйомності має вигляд:

$$S_q = \frac{a_1}{q\gamma_c}, \quad (2.7)$$

$$a_1 = \frac{S_{пер}}{\beta} + \frac{S_{пост}}{V_T\beta} + \frac{S_{пост}t_{п-р}}{l_{ег}}. \quad (2.8)$$

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

$$D_{k2} = f(\gamma_c) = \frac{k_2}{\gamma_c}. \quad (2.9)$$

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.2.5).

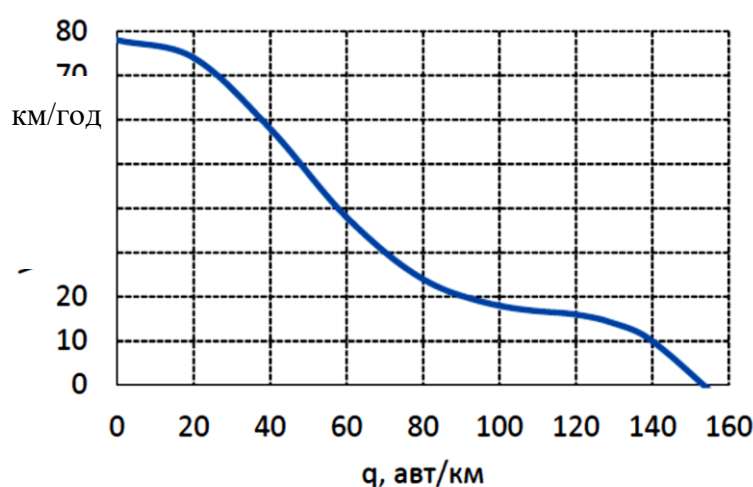


Рис. 2.4 Діаграма зміни стану транспортного потоку

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, 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:

$$\Delta T = \int_{l_1}^{l_2} \left(\frac{1}{v_{\phi}} - \frac{1}{v_0} \right) dl, \text{ ч} \quad (2.10)$$

де v_{ϕ} і v_0 – відповідно фактична та оптимальна швидкість повідомлення

(максимально дозволена швидкість).

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

Тоді втрати часу для транспортного потоку можуть бути визначені виразом:

$$\Delta T = N_a t_{\Delta} T, \text{ с} \quad (2.11)$$

де N_a - інтенсивність транспортного потоку, авт/год;

t_{Δ} - середня затримка АТЗ, с;

T - інтервал спостереження, год.

Коефіцієнт затримки обчислюється за такою формулою:

$$K_z = t_{\phi} / t_p, \quad (2.12)$$

Де t_{ϕ} - фактичне часу знаходження в дорозі;

t_p - розрахунковий час у дорозі.

Втрати часу для транспортного потоку [9, 11]:

$$T = \sum_{i=1}^n q_i K_{\text{при}} \Delta T, \text{ ч} \quad (2.13)$$

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

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

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

$$q = \frac{n_t}{T} \quad (2.14)$$

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:

$$C_{\phi} = C_0 \exp^{K_n T} \quad (2.15)$$

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.

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:

$$I_{pj} = K_c \cdot \frac{Y}{\Delta N_p}, \quad (2.16)$$

де K_c – сезонний коефіцієнт агресивності дії навантаження АТЗ;

ΔN_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_{ϕ});

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

$$Y = \frac{C_y \cdot \alpha_j}{(1+E_{\Pi\Pi})^{T_{\phi}}} + C_{\Pi} \cdot \alpha_{Cj}, \quad (2.17)$$

де α_j та α_{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:

$$C_y = 142,857 \cdot a \cdot (e^{bE_{\text{тр}}} - e^{bE_{\text{ф}}}) \cdot Z_d \cdot X_d \cdot B_{\text{ш}} \cdot K_{\text{т}} \cdot K_{\text{инф}} \cdot K_{\text{уд}}, \quad (2.18)$$

де a і b - емпіричні коефіцієнти, що диференціюють вартість 1 м² дорожнього одягу за модулем пружності конструкції ($a = 28,0$; $b = 0,0075$);

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

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

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

Z_d - емпіричний коефіцієнт, що враховує витрати по суміщенню робіт з роботами з ремонту (таблиця 2.2);

X_d - коефіцієнт обліку поточних цін (16,87);

$K_{\text{инф}}$ - коефіцієнт інфляції;

$K_{\text{уд}}$ - коефіцієнт подорожчання за додатком 1 [3].

Таблиця 2.2

Типи дорожнього покриття

Тип дорожнього одягу	Категорія доріг	Коефіцієнти	
		Z_d	Z_n
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:

$$N_{1x} = x N_1, \quad (2.19)$$

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:

$$N_1 = f \frac{N_{\text{пр}}}{q^{T_{\text{н}}-1}} \sum_1^{\omega} \alpha_j \cdot p_j, \quad (2.20)$$

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

q – коефіцієнт зростання інтенсивності руху (q_1);

ω – кількість типів АТЗ транспортному потоці;

T_H – розрахунковий міжремонтний термін [4];

F – коефіцієнт смужності;

P_j – частка окремих типів АТЗ.

Коефіцієнт (α_j) визначається за формулою:

$$\alpha_j = \left(\frac{Q_j}{Q_p} \right)^\beta, \quad (2.21)$$

де β – показник відповідно до типу дорожнього одягу (таблиця 2.3) [4].

Таблиця 2.3

Показник β

Тип дорожнього одягу, категорія доріг	$K_{пр}^*$	β
Дорожній одяг капітального типу на дорогах I-ІІ 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

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

Повторюваність на смузі великовантажних АТЗ за період t :

$$\Delta N_p = n \cdot \frac{q^t - 1}{q - 1} \cdot (N_{1x} - N_1), \quad (2.22)$$

Де n - кількість днів у році.

Модуль пружності конструкції E_t :

$$E_t = E_i \cdot K_{пр} \cdot K_{рег} \cdot K_{си} \cdot K_z \cdot \frac{1}{x_i}, \quad (2.23)$$

$$E_i = A + B \cdot \left[\lg \left(\gamma \cdot \omega \cdot N_1 \cdot \frac{q^{T_H} - q^{t_i}}{q - 1} \right) - 1 \right], \quad (2.24)$$

де A , B , γ , ω , $K_{пр}$, K_z , $K_{рег}$ – показники, що враховують кліматичні фактори;

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

X_i - параметр, що визначається надійністю дорожнього одягу.

Формула (2.24) справедлива за величиною під логарифмом ≥ 5

$$T_{\Phi} = \frac{1}{\lg q} \lg \left[\frac{10^x \cdot (q-1)}{\gamma \cdot \omega^* \cdot N_{1x}} + 1 \right], \quad (2.25)$$

$$X = \frac{E_i - A}{B} + 1, \quad (2.26)$$

$$E_i = \frac{E_p \cdot X_i}{K_{\text{пр}} \cdot K_{\text{рег}} \cdot K_{\text{си}} \cdot K_z}, \quad (2.27)$$

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

$$C_{\text{п}} = 10^3 \cdot Z_{\text{п}} \cdot C_{\text{п}}^* \cdot X_{\text{п}} \cdot \Delta C_{\text{п}} \cdot B_{\text{ш}} \cdot K_{\text{т}} \cdot K_{\text{инф}} \cdot K_{\text{уд}}, \quad (2.28)$$

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

$\Delta C_{\text{п}}$ – показники частки витрат на ремонт, пов'язані з впливом великовантажних АТЗ;

$X_{\text{п}}$ - поправочний коефіцієнт-дефлятор, що визначає вартість ремонту $C_{\text{п}}$ в t -му році по відношенню до 1991;

$K_{\text{уд}}$ - 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:

$$\Delta C_{\text{п}} = \sum_1^m \frac{1}{(1+E_{\text{НП}})^{t_{\text{фп}}}} - \sum_1^{\mu} \frac{1}{(1+E_{\text{НП}})^{t_{\text{п}}}}, \quad (2.29)$$

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

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

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

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

μ – 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:

$$T_{\text{фп}} = \frac{\alpha_{\text{ср}}}{\alpha_{\text{сj}}} \cdot T_{\text{п}}, \quad (2.30)$$

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

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

$$\alpha_{\text{сj}} = 0,324 \cdot \frac{P_j^{*+0,02}}{0,8 - P_j^*}, \quad (2.31)$$

Де P_j^* – середній питомий тиск у площині контакту колеса АТЗ (МПа), визначається залежно від осевого навантаження АТЗ за таблицею 2.4 [4].

Таблиця 2.4

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):

$$m = \frac{T_{\Phi}}{T_{\Phi\P}}. \quad (2.32)$$

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

$$K_c = 10^Y, \quad (2.33)$$

$$Y = \frac{E_p \cdot (K_j - 1)}{B \cdot K_{\text{пр}} \cdot K_{\text{рег}} \cdot K_j}, \quad (2.34)$$

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 (2.19) замінюється інтенсивність руху N_1 на допустиму

інтенсивність руху в період сезонного обмеження руху N_{d1} , наведену до розрахункового навантаження 100 кН:

$$N_{1x} = xN_{d1}. \quad (2.35)$$

2. Величину шкоди визначають на основі даних діагностики доріг ($K_{пр}$) та допустимого осьового навантаження (таблиця 2.5).

Таблиця 2.5

Допустимі осьові навантаження великовантажних АТЗ

Коефіцієнт міцності*, $K_{пр}$	Допустиме навантаження ($Q_{доп}$) на кожну 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):

$$I_j = \frac{C_K}{\Delta N_p} \cdot \alpha_j \cdot \frac{1}{(1+E_{нп})^{T_{ф1}}}, \quad (2.36)$$

$$\Delta N_p = n \cdot \frac{q^{T_{ф1}-1}}{q-1} \cdot (N_1 - N_{d1}), \quad (2.37)$$

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);

α – 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 (2.18) з урахуванням кореляційні залежності для розрахунку шкоди I_j (грн/км) за формулою (2.23):

– для асфальтобетонного покриття:

$$I_j = I_{1k} \cdot \left(1 + 0,2 \cdot \Delta Q^{1,92} \cdot \left(\frac{a}{Q} - b \right) \right), \quad (2.38)$$

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

a та b – емпіричні параметри, що залежать від категорії доріг (таблиця 2.6):

– для гравійного покриття:

$$I_j = N_{1k} \cdot \left(1 + 0,14 \cdot \Delta Q^{1,24} \cdot \left(\frac{7,3}{Q} + 0,27 \right) \right). \quad (2.39)$$

Таблиця 2.6

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 1 розраховується з урахуванням збільшення середньорічної добової інтенсивності руху, яка визначається за формулою:

$$\Delta N_p = \frac{QK}{\Delta q_{\text{ср}} \beta \gamma}, \quad (2.40)$$

де Q – вантаж напруженість 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.

$$D_{k3} = f(\gamma_c) = \frac{k_3}{\gamma_c}. \quad (2.41)$$

Таким чином, з урахуванням формул (2.30, 2.31 та 2.34) значення показника, що визначає третій критерій, визначиться обернено пропорційною залежністю від коефіцієнта використання пробігу.

Розділ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛІ ОЦІНКИ ПОКАЗНИКІВ ВИКОРИСТАННЯ ВЕЛИКОВАНТАЖНИХ АТЗ

3.1. 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 3.1.

Таблиця 3.1

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 3.2.

Характеристика великовантажного рухомого складу (рис. 3.1), що використовується для перевезення навалочних вантажів наведена в таблиці 3.3.

Таблиця 3.2

Вагогабаритні характеристики вантажу

Найменування показника	Значення показника
Пшениця	
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 ³	20
Кукурудза	
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 ³	22

Таблиця 3.3

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

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 6σ і визначається за такою формулою:

$$x - 3\sigma(x) < x < x + 3\sigma(x), \quad (3.1)$$

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 6σ , з ймовірністю 95 %.

Визначаємо обсяг вибірки:

$$n = (t^2 \cdot \sigma^2) / S^2, \quad (3.2)$$

де, t^2 – значення функції Лапласа;

σ^2 – дисперсія оцінки середньо випадкової величини;

ε^2 – густина розподілу вибіркової середньої випадкової величини.

При (ε), що виражена через величину відносної точності:

$$(\varepsilon_0) + \varepsilon_0 = \frac{\varepsilon}{x}, \quad (3.3)$$

$$n > \left[\frac{(t^2 \cdot \sigma^2)}{(\varepsilon^2 \cdot x)} \right] > \frac{(t^2 \cdot v^2)}{\varepsilon_0^2}. \quad (3.4)$$

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.

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:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^k f_i x_i}{\sum_{i=1}^k f_i}, \text{ где } i = 1, 2 \dots k, \quad (3.5)$$

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:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^k f_i (x_i - \bar{x})^2}{n-1}, \quad (3.6)$$

де n – загальний обсяг вибірки.

Тоді середнє квадратичне відхилення:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k f_i (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}. \quad (3.7)$$

Таблиця 3.4

Результати розрахунків показників кількісної оцінки експериментальних даних КВВ

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

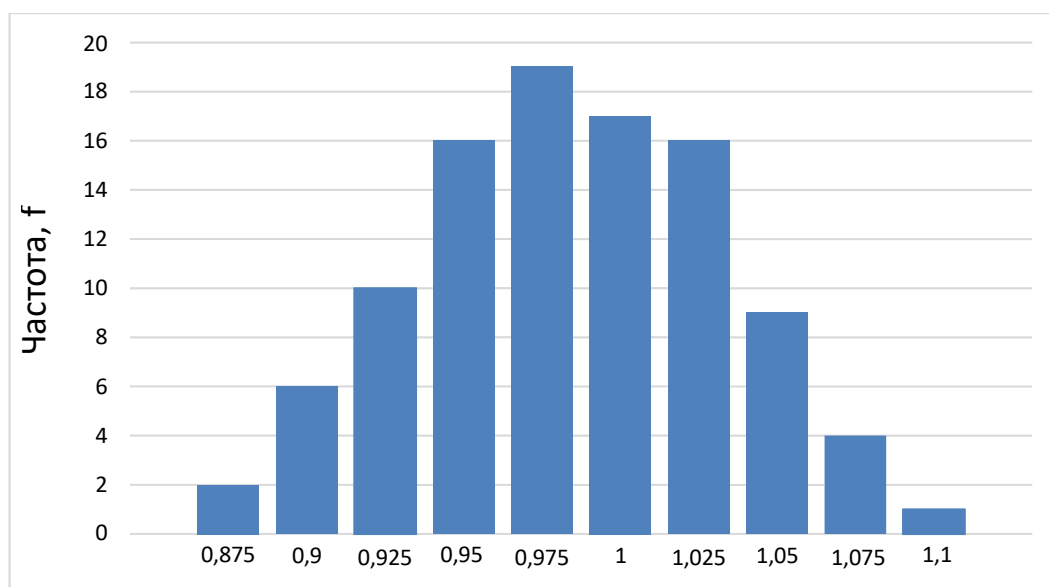


Рис. 3.3 Гістограма розподілу значень КВВ

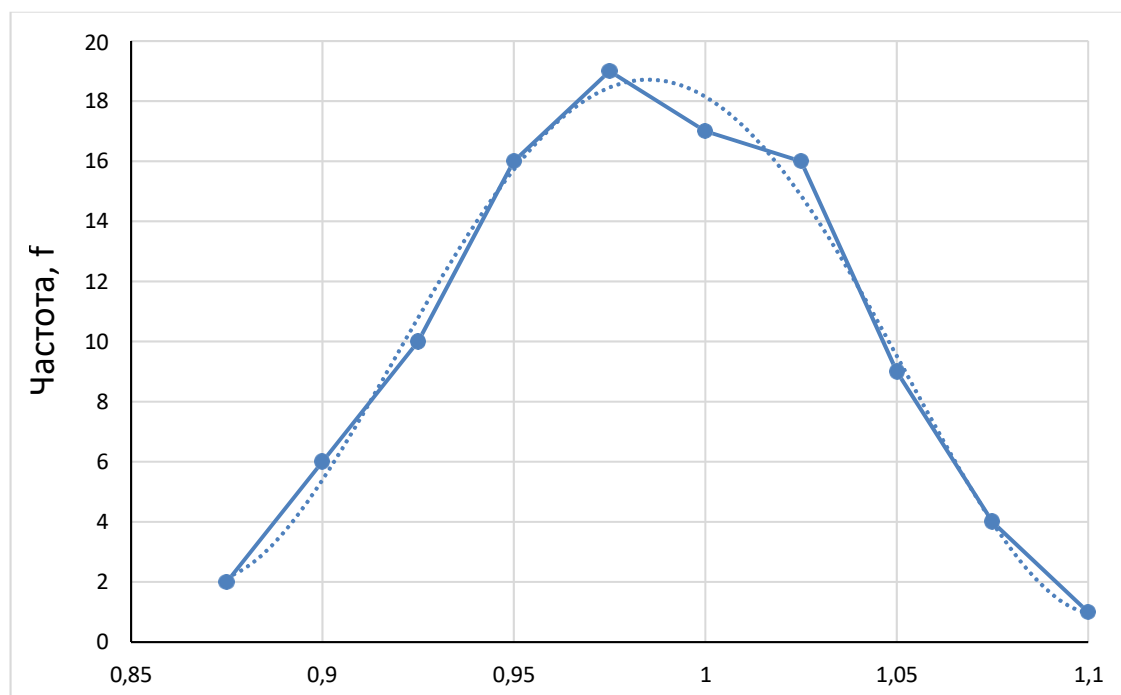


Рис. 3.4 Полігон частот розподілу КВВ

Результати розрахунків показників кількісної оцінки експериментальних даних наведено у таблиці 3.4. Гістограма розподілу коефіцієнтів використання вантажопідйомності представлена на рис.3.3. Полігон частот коефіцієнтів використання вантажопідйомності представлено на рис.3.4.

3.2. 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:

$$\begin{cases} na_0 + a_1 \sum x + a_2 \sum x^2 = \sum y \\ a_0 \sum x + a_1 \sum x^2 + a_2 \sum x^3 = \sum xy \\ a_0 \sum x^2 + a_1 \sum x^3 + a_2 \sum x^4 = \sum xy^2 \end{cases} \quad (3.8)$$

У випадку лінійної залежності розраховують лінійний коефіцієнт кореляції:

$$r = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{(\sqrt{n \sum x^2 - (\sum x)^2}) \cdot (\sqrt{n \sum y^2 - (\sum y)^2})}. \quad (3.9)$$

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

$$\eta = \sqrt{1 - \frac{\sum (y - y_x)^2}{\sum (y - y_{cp})^2}}. \quad (3.10)$$

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:

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} = t_{\text{табл}(n-k-1;p)}, \quad (3.11)$$

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:

$$U = A_{\text{сп}} D_{\text{и}} \alpha_{\text{в}} \frac{T_{\text{н}} \beta V_{\text{т}} \gamma q}{l_{\text{ер}} + t_{\text{п-р}} \beta V_{\text{т}}}, \text{ т} \quad (3.12)$$

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

$$u = \frac{U}{L}, \text{ т/км} \quad (3.13)$$

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.3.5.

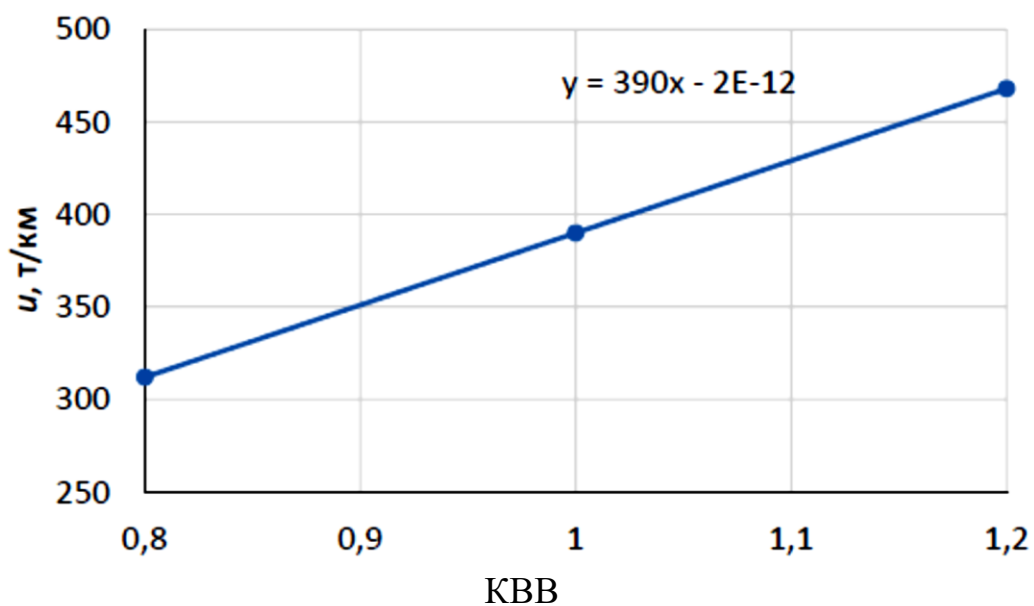


Рис.3.5 Графік залежності зміни продуктивності АТЗ залежно від зміни КВВ

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 3.5): 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 3.5

Витрати, пов'язані з перевізним процесом на досліджуваному маршруті

Стаття витрат	Порядок розрахунку
Заробітна плата водіїв із нарахуваннями	$C_{зп} = K_{вз} \times [\text{оплатана годину}]$, де $K_{вз}$ – коефіцієнт, що враховує внески до фондів та страхування віднещасних випадків
Витрати паливо	$C_{п} = K_{вг} (H_{л1} \times L_{год}) / 100$ 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./1000км; n – кількість шин на колесах а/м, од.
Витрати на ремонт АТЗ	$C_{то \text{ і } р} = (H_{то} \times L_{год}) / 1000$, 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:

$$S_{1 \text{ км}} = \frac{C_{\text{экспл.}}}{L_{\text{год}}}. \quad (3.14)$$

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. 3.6.

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

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

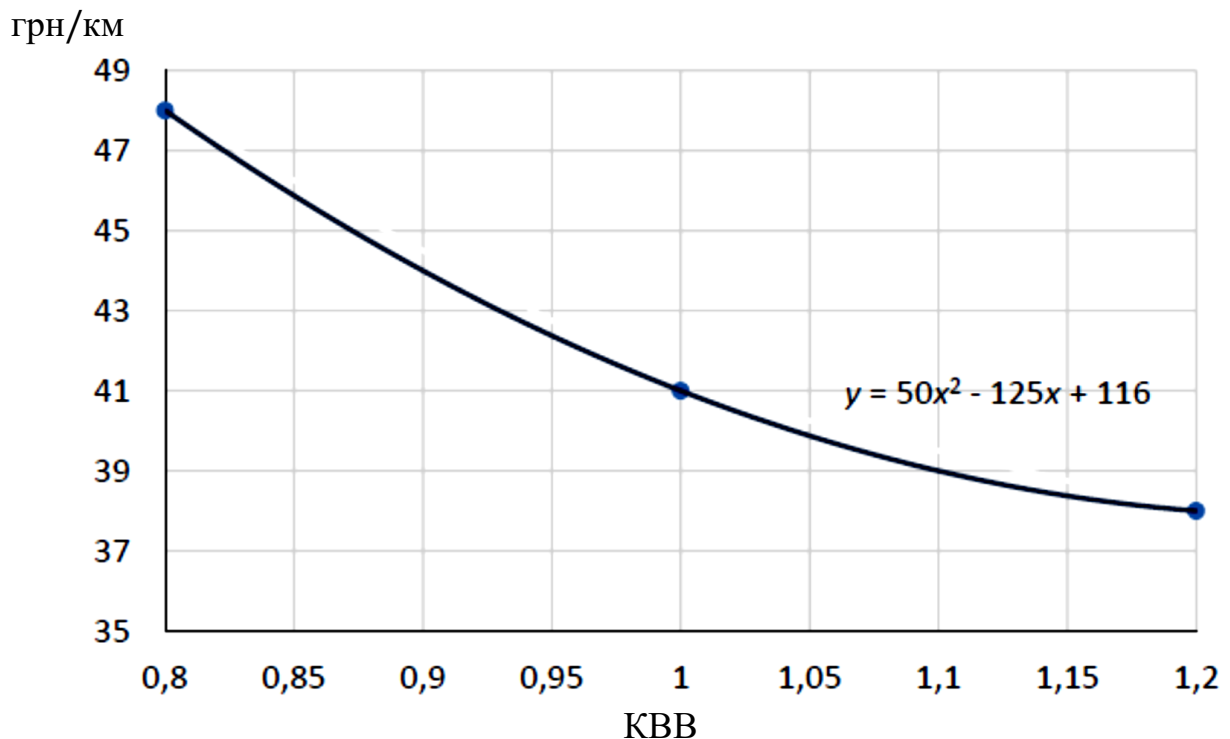


Рис. 3.6 Графік залежності зміни собівартості 1 км перевезеного вантажу залежно від зміни КВВ

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

$$И_{pj} = K_c \cdot \Delta N_p \left[\frac{42,857 \cdot a \cdot (e^{bE_{тр}} - e^{bE_{ф}}) \cdot Z_d \cdot X_d \cdot B_{ш} \cdot K_T \cdot K_{инф} \cdot K_{уд} \cdot \alpha_j}{(1 + E_{инф})^{T_{ф}}} + C_{п} \cdot \alpha_{cj} \right], \quad (3.15)$$

де

$$\Delta N_p = \frac{QK}{Dq_{\text{ср}}\beta\gamma}, \quad (3.16)$$

Де Q - вантажо 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;

β – коефіцієнт використання пробігу;

γ – 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. 3.7.

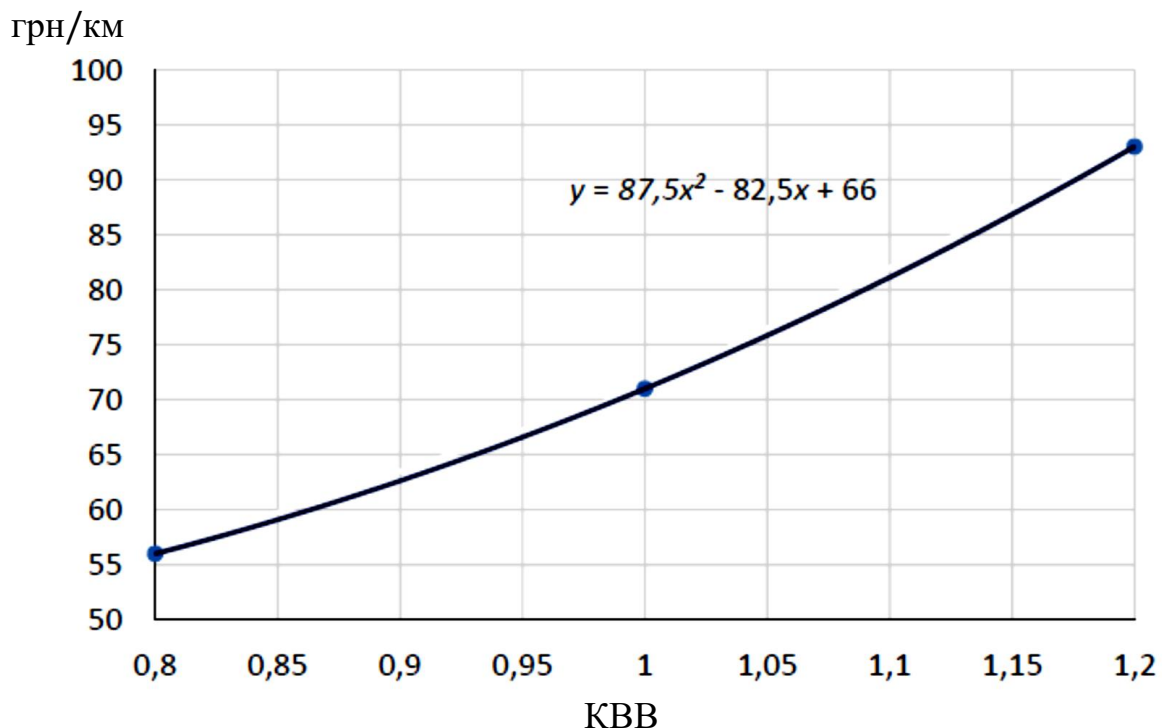


Рис. 3.7 Графік залежності зміни шкоди, заподіяної АТЗ під час перевезення навалочних вантажів залежно від зміни КВВ

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:

$$A = \begin{pmatrix} 468 & 38 & 93 \\ 390 & 41 & 71 \\ 312 & 48 & 56 \end{pmatrix}. \quad (3.17)$$

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

$$\begin{cases} K_1 = 468x_1 + 390x_2 + 312x_3 \rightarrow \max \\ K_2 = 38x_1 + 41x_2 + 48x_3 \rightarrow \min \\ K_3 = 93x_1 + 71x_2 + 56x_3 \rightarrow \min \end{cases} \quad (3.18)$$

при обмеженнях

$$x_1 + x_2 + x_3 = 1, x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0. \quad (3.19)$$

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.

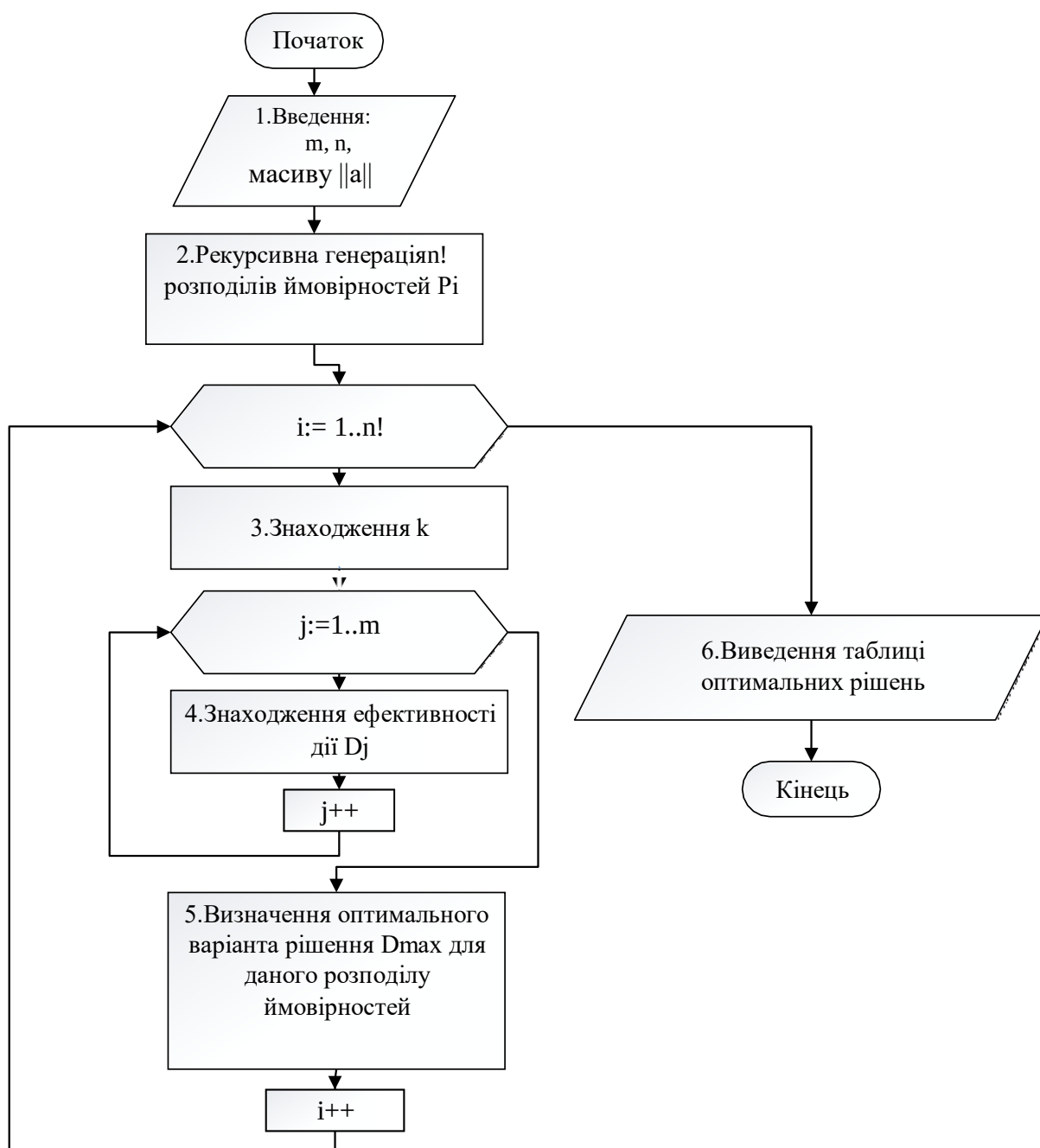


Рис. 3.8 Алгоритм вирішення багатокритеріальної задачі пошуку Парето-оптимальних розв'язків задачі щодо вибору можливих стратегій експлуатації великовантажних АТЗ

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. 3.8.

ВИСНОВКИ

На підставі аналізу роботи великовантажних 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.

Змодельована система зв'язків та обмежень, призначена оптимізувати процеси експлуатації великовантажних 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 $K_{BB} > 1$, 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.

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

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

Розроблено методику багатокритеріальної оцінки результативних показників експлуатації великовантажних 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.

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 великовантажних 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 et. 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 et. 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 Preharvest treatments to 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 модель вантажних 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. посіб. 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 LXXIX науково – практичної конференції науково-педагогічних працівників, аспірантів, студентів та структурних підрозділів НТУ*. Київ: НТУ, 2013. С. 225.

22. Волкова Т.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., Кутя О.В., Музильов Д.О., Шраменко Н.Ю. Проблеми транспортно-логістичного забезпечення в аграрній галузі. Харків: Міськдрук, 2019. 180 с.

24. Дуна Н., Матвієнко 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. 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. Долішнього НАН України». Львів, 2021. 94 с.