НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСТИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Факультет механіко технологічний

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
транспортних технологій та
(назва кафедри)
засобів у АПК _____
_____Савченко Л.А.
(підпис) (ПІБ)
«_____» _____ 2026 р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему «Підвищення ефективності транспортних процесів в аграрній сфері»
Спеціальність 275.03 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)»
(код і назва)

Гарант освітньої програми
к. т. н., доцент__ _____ Опалко В.Г
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи
д. е. н., професор__ _____ Загурський О.М.
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

Виконав _____ Хоненко М.В.
(підпис) (ПІБ студента)

КИЇВ – 2026

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСТИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Факультет механіко технологічний

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
транспортних технологій та засобів у АПК
_____ _____ Савченко Л. А.
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ПІБ)
«____» _____2026

ЗАВДАННЯ

на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи студенту

Хоненку Максиму Вікторовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 275.03 Транспортні технології (на автомобільному транспорті)
(код і назва)

Тема випускної бакалаврської роботи «Підвищення ефективності транспортних процесів в аграрній сфері»

затверджена наказом ректора НУБіП України від
Термін подання завершеної роботи на кафедру
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до випускної бакалаврської роботи:

Перелік питань, які потрібно розробити:

1. Розглянути теоретичні основи організації та управління транспортними процесами в аграрній сфері, зокрема сутність транспортної логістики, її роль у забезпеченні ефективності аграрного виробництва та особливості функціонування транспортної системи сільського господарства.
2. Проаналізувати особливості перевезень у сільськогосподарській галузі, включаючи специфіку транспортування аграрної техніки, великогабаритного обладнання та вплив сезонності аграрного виробництва на транспортні процеси.
3. Дослідити сучасний стан транспортних процесів при перевезенні мобільних протруювальних комплексів територією України, охарактеризувати дане обладнання як об'єкт перевезення та визначити основні логістичні особливості його транспортування.
4. Виконати аналіз логістичних маршрутів перевезення мобільних протруювальних комплексів, оцінити витрати часу, пального та ресурсів, а також визначити основні фактори, що впливають на ефективність транспортних процесів.

5. Виявити основні проблеми та ризики під час перевезення великогабаритної аграрної техніки, зокрема інфраструктурні обмеження, організаційні труднощі та фактори, що знижують ефективність логістичних операцій.
6. Обґрунтувати та запропонувати напрями підвищення ефективності транспортних процесів шляхом удосконалення маршрутного планування перевезень, впровадження цифрових систем моніторингу транспорту та оцінити економічну ефективність запропонованих заходів.
7. Розглянути питання охорони праці, техніки безпеки та екологічної безпеки під час навантаження, транспортування і розвантаження мобільних протруювальних комплексів в умовах аграрного виробництва.

Дата видачі завдання «1» вересня 2025 р.

Керівник випускної бакалаврської роботи_____ Загурський О.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____ Хоненко М.В.
(підпис) (прізвище та ініціали студента

Дипломний проєкт

Бакалаврська кваліфікаційна робота на тему: «Підвищення ефективності транспортних процесів в аграрній сфері».

Бакалаврська кваліфікаційна роботавиконана на 95 сторінках машинописного тексту формату А-4, що містить, 17 таблиць, 5 рисунків і 2 додатків.

Бакалаврська кваліфікаційна робота присвячена дослідженню та обґрунтуванню напрямів підвищення ефективності транспортних процесів в аграрній сфері шляхом удосконалення організації перевезень мобільних протруювальних комплексів територією України, а також впровадження сучасних логістичних та цифрових технологій управління транспортом.

В першому розділі наведено теоретичні аспекти організації та управління транспортними процесами в аграрній сфері, розглянуто їх роль у забезпеченні ефективності сільськогосподарського виробництва та особливості перевезень аграрної техніки.

В другому розділі представлено дослідження стану транспортних процесів при перевезенні мобільних протруювальних комплексів територією України, виконано аналіз логістичних маршрутів, витрат ресурсів та основних проблем транспортування великогабаритного обладнання.

В третьому розділі проведено обґрунтування напрямів підвищення ефективності транспортних процесів шляхом удосконалення маршрутного планування перевезень, впровадження цифрових систем моніторингу транспорту та оцінки економічної ефективності запропонованих заходів.

В четвертому розділі розглянуто питання охорони праці, техніки безпеки та екологічної безпеки під час перевезення мобільних протруювальних комплексів.

Ключові слова: транспортні процеси, аграрна логістика, мобільні протруювальні комплекси, перевезення, транспортна система, маршрутне планування, цифровий моніторинг, ефективність транспорту.

ЗМІСТ

ВСТУП 7
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ОРГАНІЗАЦІЇ ТА УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНИМИ ПРОЦЕСАМИ В АГРАРНІЙ СФЕРІ 12
1.1. Сутність транспортних процесів та їх роль в аграрному виробництві 12
1.2.Особливості перевезень у сільськогосподарській галузі 15
1.3. Методи підвищення ефективності транспортних процесів в аграрній сфері 19
Висновки до розділу 1 22
РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ МОБІЛЬНИХ ПРОТРУЮВАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ ПО УКРАЇН 24
2.1. Характеристика мобільних протруювальних комплексів як об’єкта перевезення 24
2.2. Аналіз логістичних маршрутів перевезення мобільних протруювальних комплексів територією України 28
2.3. Оцінка витрат часу та ресурсів при транспортуванні обладнання 37
2.4. Аналіз проблем та ризиків під час перевезення великогабаритної техніки в аграрній сфері 41
Висновки до розділу 2 45
РОЗДІЛ 3. НАПРЯМИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ МОБІЛЬНИХ ПРОТРУЮВАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІ 48
3.1. Удосконалення маршрутного планування перевезень по Україні..... 48
3.2. Впровадження цифрових систем моніторингу транспорту та контролю перевезень 53
3.3. Економічне обґрунтування запропонованих заходів щодо підвищення ефективності транспортних процесів..... 59
Висновки до розділу 3 66

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ПІД ЧАС ПЕРЕВЕЗЕННЯ МОБІЛЬНИХ ПРОТРУЮВАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ 69
4.1. Вимоги безпеки при навантаженні, розвантаженні та транспортуванні обладнання 69
4.2. Екологічна та техногенна безпека при перевезенні протруювальних комплексів 76
Висновки до розділу 4 82
ВИСНОВКИ 84
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 87
ДОДАТКИ 94

ВСТУП

Сучасний розвиток аграрного сектору економіки України характеризується високою залежністю від ефективної організації логістичних і транспортних процесів. Сільськогосподарське виробництво є сезонним, просторово розосередженим та технологічно складним, що обумовлює підвищені вимоги до своєчасності, надійності та економічної ефективності перевезень. У таких умовах транспортні процеси виступають не лише допоміжною, а й стратегічно важливою складовою аграрного виробництва, яка безпосередньо впливає на собівартість продукції, рівень втрат ресурсів і конкурентоспроможність підприємств.

Актуальність теми. Особливого значення набуває організація перевезень спеціалізованого та великогабаритного обладнання, зокрема мобільних протруювальних комплексів, які використовуються для підготовки насіннєвого матеріалу безпосередньо в полі або на виробничих майданчиках. Такі комплекси мають значну масу, нестандартні габарити та потребують спеціальних умов транспортування, що ускладнює логістичні процеси та підвищує витрати на перевезення.

Крім того, сучасні виклики, пов’язані з нестабільністю транспортної інфраструктури, зростанням вартості паливно-мастильних матеріалів, необхідністю дотримання екологічних вимог та забезпечення безпеки перевезень, вимагають пошуку нових підходів до підвищення ефективності транспортних процесів в аграрній сфері. В умовах цифровізації економіки особливо актуальним є впровадження сучасних інформаційних технологій, систем моніторингу транспорту та оптимізації маршрутів.

Таким чином, необхідність удосконалення організації транспортних процесів при перевезенні мобільних протруювальних комплексів в аграрній сфері України є актуальною науково-практичною проблемою, вирішення якої дозволить зменшити витрати, підвищити ефективність логістичних операцій та забезпечити стабільність аграрного виробництва.

Ступінь дослідження проблеми: Проблематика підвищення ефективності транспортних процесів в аграрній сфері є предметом дослідження значної кількості вітчизняних і зарубіжних науковців, оскільки транспортна логістика безпосередньо впливає на результативність функціонування агропромислового комплексу, рівень витрат виробництва та конкурентоспроможність сільськогосподарської продукції на внутрішньому і зовнішньому ринках.

Серед вітчизняних учених вагомий внесок у розвиток теоретичних та практичних засад організації транспортних процесів, аграрної логістики та управління перевезеннями зробили Кувачов В.П., Мітков В.Б., Мітін В.М., Германюк Ю.М., Паленик І.О., Загірняк Д.М., Залуніна О.М., Чумакова А.Г., Мікуліна М.О., Лагодієнко В. В., Наумов О. Б., Братченко О. О., Цикалюк Р. А., Мурадян О.В., Олег В.В. Лисенко С.В., Гудь В.З. та інші. У працях зазначених авторів розглянуто питання оптимізації транспортних потоків, організації логістичних систем аграрних підприємств, мінімізації витрат на перевезення, а також підвищення ефективності використання транспортних ресурсів у сільському господарстві

Серед зарубіжних учених значний внесок у розвиток транспортної логістики та управління ланцюгами постачання здійснили Martin Christopher, Donald Bowersox, David Simchi-Levi, John Coyle, Yang B., Ar.Keerti Mishra, Bohdan G., Hermaniuk Yu., Fedun T. та Ronald Ballou. У їхніх роботах досліджуються сучасні концепції транспортної логістики, методи оптимізації транспортних потоків, цифровізація логістичних процесів, використання інформаційних систем управління транспортом та інтеграція логістичних ланцюгів.

Метою бакалаврської кваліфікаційної роботи є обґрунтування та розробка напрямів підвищення ефективності транспортних процесів в аграрній сфері на основі удосконалення організації перевезень мобільних протруювальних комплексів територією України.

Для досягнення поставленої мети визначено такі ***завдання дослідження:***

- розкрити теоретичні основи організації та управління транспортними процесами в аграрній сфері;
- визначити особливості перевезень у сільськогосподарській галузі;
- проаналізувати сучасні методи підвищення ефективності транспортних процесів;
- надати характеристику мобільних протруювальних комплексів як об’єкта перевезення;
- дослідити існуючі логістичні маршрути їх транспортування територією України;
- оцінити витрати часу та ресурсів при перевезенні зазначеного обладнання;
- виявити основні проблеми та ризики під час транспортування великогабаритної техніки;
- обґрунтувати напрями удосконалення маршрутного планування перевезень;
- дослідити можливості впровадження цифрових систем моніторингу транспорту;
- виконати економічне обґрунтування запропонованих заходів;
- розглянути питання охорони праці та безпеки під час перевезень.

Об’єктом дослідження є транспортні процеси в аграрній сфері, пов’язані з перевезенням сільськогосподарського обладнання.

Предметом дослідження є організаційно-економічні та логістичні аспекти підвищення ефективності транспортних процесів при перевезенні мобільних протруювальних комплексів територією України.

Методи дослідження. У процесі виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи використано комплекс загальнонаукових і спеціальних методів дослідження, зокрема: аналіз і синтез – для дослідження теоретичних основ транспортних процесів в аграрній сфері; системний

підхід – для розгляду транспортної логістики як цілісної системи взаємопов'язаних елементів; порівняльний аналіз – для оцінки існуючих підходів до організації перевезень; економіко-математичні методи – для оцінки витрат часу та ресурсів; методи логістичного моделювання – для оптимізації маршрутів перевезення; графічні та табличні методи – для узагальнення результатів дослідження; узагальнення та систематизація – для формування висновків і рекомендацій. Використання зазначених методів забезпечило комплексність дослідження та достовірність отриманих результатів.

Теоретична цінність роботи полягає в узагальненні та розвитку наукових підходів до організації транспортних процесів в аграрній сфері, а також у систематизації методів підвищення ефективності перевезень великогабаритного сільськогосподарського обладнання.

Практична значущість результатів дослідження полягає у можливості їх використання аграрними підприємствами, логістичними компаніями та транспортними підрозділами для оптимізації маршрутів перевезення мобільних протруювальних комплексів, зниження витрат на транспортування та підвищення рівня безпеки логістичних операцій.

Запропоновані у роботі рекомендації можуть бути впроваджені в діяльність підприємств аграрного сектору України з метою підвищення ефективності використання транспортних ресурсів та цифровізації логістичних процесів.

Апробація результатів дослідження:

Публікації:

Структура та обсяг роботи. Бакалаврська кваліфікаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Основний зміст роботи викладено на 72 сторінках друкованого тексту. Робота містить 17 таблиць, 5 рисунків, 2 додатків. Список використаних джерел налічує 53 найменувань.

Перший розділ присвячено теоретичним аспектам організації та управління транспортними процесами в аграрній сфері. У другому розділі досліджено стан транспортних процесів при перевезенні мобільних протруювальних комплексів територією України. Третій розділ містить напрями підвищення ефективності транспортних процесів, а також економічне обґрунтування запропонованих заходів. У четвертому розділі розглянуто питання охорони праці та безпеки під час транспортування обладнання.

РОЗДІЛ 1
ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ОРГАНІЗАЦІЇ ТА УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНИМИ ПРОЦЕСАМИ В АГРАРНІЙ СФЕРІ

1.1. Сутність транспортних процесів та їх роль в аграрному виробництві

Транспортні процеси в аграрному виробництві доцільно розглядати як складну організаційно-економічну систему, що забезпечує просторово-часове переміщення матеріальних ресурсів, техніки, сировини та готової продукції між елементами аграрного виробничого ланцюга. На відміну від інших галузей економіки, транспорт у сільському господарстві не є допоміжною функцією, а виступає структуроутворюючим елементом виробничої системи, який визначає ритмічність, безперервність та ефективність технологічних операцій [36, с. 472].

З позиції логістичного підходу транспортний процес є інтегрованою частиною матеріального потоку, що охоплює не лише фізичне переміщення вантажу, але й управління супутніми інформаційними, фінансовими та організаційними потоками. Саме тому ефективність аграрного виробництва значною мірою залежить від якості транспортно-логістичної системи підприємства [12, с. 255].

Аграрна специфіка формує особливі умови функціонування транспортних процесів, які відрізняються від промислового сектору. По-перше, виробництво є сезонним, що призводить до нерівномірного навантаження на транспортну систему. У пікові періоди (посівна, жнива) попит на транспортні ресурси різко зростає, що спричиняє дефіцит техніки, збільшення простоїв та підвищення логістичних витрат. По-друге, просторове розосередження виробничих об’єктів обумовлює значну протяжність маршрутів перевезення та залежність від стану дорожньої інфраструктури. По-третє, наявність великогабаритної та спеціалізованої

техніки формує додаткові обмеження щодо маршрутів, швидкості та умов транспортування.

У структурі аграрного виробництва транспортні процеси виконують три ключові функції:

1. Ресурсозабезпечувальна функція.. Вона полягає у своєчасному доставленні матеріально-технічних ресурсів (насіння, добрив, засобів захисту рослин, пального) до місць їх використання. Затримки на цьому етапі безпосередньо впливають на агротехнологічні строки, що може призводити до втрати врожайності.

2. Виробничо-логістична функція.. Охоплює переміщення техніки, у тому числі великогабаритної, між полями та виробничими майданчиками. У сучасних умовах особливої актуальності набуває транспортування мобільних технологічних комплексів, зокрема протруювальних установок, які забезпечують передпосівну обробку насіння безпосередньо в зоні виробництва.

3. Збутова функція.. Передбачає доставку готової продукції до елеваторів, переробних підприємств та логістичних центрів. Саме на цьому етапі транспортні процеси найбільш критично впливають на втрати продукції, її якість та кінцеву ринкову вартість [36, с. 473].

Аналіз сучасного стану аграрної логістики в Україні свідчить про наявність системних проблем, які знижують ефективність транспортних процесів. До них належать: зношеність транспортного парку, недостатній рівень цифровізації логістичних операцій, нераціональна маршрутна організація перевезень, високі витрати пального, а також недостатня інтеграція транспортної та виробничої систем [12, с. 256].

Окремо слід відзначити, що значна частка транспортних витрат в аграрному секторі формується не стільки через відстані перевезень, скільки через неефективне планування маршрутів і низький рівень координації між учасниками логістичного процесу. Це означає, що потенціал підвищення

ефективності лежить переважно в організаційно-управлінській площині, а не лише в технічному оновленні транспорту.

Ефективність транспортних процесів в аграрному секторі має суттєвий вплив на економічні результати підприємств, оскільки частка транспортно-логістичних витрат у структурі собівартості аграрної продукції є значною. За різними оцінками наукових досліджень та галузевих аналітичних матеріалів, транспортні витрати в аграрному виробництві становлять від 15% до 35% собівартості продукції, а в окремих випадках (особливо при перевезенні техніки та зернових на великі відстані) можуть досягати 40% і більше.

Для України ця проблема є особливо актуальною через:

- високу територіальну розосередженість виробництва;
- недостатній розвиток локальної логістичної інфраструктури;
- значну частку автомобільних перевезень (понад 60–70% внутрішніх аграрних перевезень здійснюється автотранспортом);
- зношеність транспортних засобів (середній рівень зносу автопарку в агросекторі перевищує 60%) [36, с. 474].

Практичний аналіз логістичних процесів показує, що навіть незначне підвищення ефективності транспортних операцій дає відчутний економічний ефект: скорочення транспортних витрат на 10–15% дозволяє знизити загальну собівартість продукції на 3–7%; оптимізація маршрутів зменшує пробіг транспорту на 12–25%; впровадження GPS-моніторингу та систем управління автопарком дозволяє знизити витрати пального на 8–18%; зменшення простоїв техніки під час сезону підвищує продуктивність використання транспорту на 15–30%. Ці показники свідчать, що транспортна складова є одним із найбільш “чутливих” елементів витратної частини аграрного виробництва [12, с. 257].

Окрему групу становлять перевезення великогабаритного обладнання, зокрема мобільних протруювальних комплексів, зернозбиральної техніки та агрегатів.

Для таких перевезень характерно:

- збільшення вартості логістики на 20–50% порівняно зі стандартними вантажами;
- необхідність спеціального транспорту та дозволів;
- обмеження швидкості руху до 40–60 км/год;
- підвищені ризики простоїв через погодні та дорожні умови.

Це формує додаткове навантаження на логістичну систему аграрних підприємств і потребує застосування точного маршрутного планування та цифрового контролю [12, с. 258-259].

Таким чином, транспортні процеси в аграрному виробництві слід розглядати як критичний елемент виробничо-логістичної системи, що визначає економічну результативність підприємства. Їх ефективність формується під впливом сукупності технічних, організаційних, економічних та інформаційних факторів, а основним напрямом удосконалення є інтеграція логістичного управління, цифрових технологій та оптимізаційних моделей планування перевезень [36, с. 475].

1.2.Особливості перевезень у сільськогосподарській галузі

Перевезення у сільськогосподарській галузі є складною багатофакторною системою, що формується під впливом виробничих, природно-кліматичних, організаційних та інфраструктурних умов аграрного виробництва. На відміну від стабільних промислових логістичних систем, аграрні транспортні процеси характеризуються високою варіативністю параметрів, значною сезонністю та підвищеною чутливістю до зовнішніх факторів, що в сукупності ускладнює їх планування, управління та оптимізацію [6, с. 98].

З позиції логістичного підходу, аграрні перевезення є елементом інтегрованого матеріального потоку, який охоплює постачання ресурсів, внутрішньовиробничі переміщення та збут готової продукції. При цьому ефективність транспортної підсистеми безпосередньо визначає стабільність

функціонування всього агропромислового комплексу, оскільки будь-які збої у перевезеннях призводять до порушення агротехнологічних строків і, як наслідок, до втрат урожайності та фінансових результатів.

Однією з ключових особливостей перевезень у сільському господарстві є виражена сезонність. Обсяги транспортних робіт суттєво коливаються протягом року та концентруються у пікові періоди – під час посівної та збиральної кампаній. У ці періоди навантаження на транспортну систему зростає у кілька разів, що призводить до:

- дефіциту транспортних засобів;
- збільшення простоїв техніки;
- зростання вартості перевезень;
- необхідності залучення сторонніх перевізників [6, с. 99].

У міжсезоння, навпаки, спостерігається недовантаження транспортного парку, що знижує ефективність використання ресурсів. Така циклічність формує проблему нерівномірного використання транспортної інфраструктури та потребує застосування гнучких моделей планування.

Аграрне виробництво характеризується значною територіальною розосередженістю виробничих об’єктів: полів, елеваторів, складів, ремонтних баз та переробних підприємств. Відстані між ними часто становлять десятки кілометрів, а іноді перевищують 100 км. [18, с. 912].

Це зумовлює:

- збільшення транспортних витрат у структурі собівартості продукції;
- зростання залежності від стану дорожньої інфраструктури;
- підвищену витрату пального та ресурсів;
- необхідність точного маршрутного планування.

Особливо критичним є фактор якості доріг у сільській місцевості, де значна частина маршрутів проходить по дорогах із обмеженою пропускною здатністю або ґрунтовим покриттям.

Особливе місце в структурі аграрних перевезень займає транспортування сільськогосподарської техніки та великогабаритного

обладнання, зокрема тракторів, комбайнів та мобільних технологічних комплексів (у тому числі протруювальних установок).

Для таких перевезень характерні:

– необхідність використання спеціалізованого транспорту (тралів, низькорамних платформ);

– обмеження швидкості руху та маневреності;

– обов’язкове погодження маршрутів у випадку перевищення габаритних норм;

– підвищені вимоги до безпеки транспортування;

– ризики пошкодження дорогого обладнання при неправильній організації перевезення [6, с. 100-101].

Ці фактори суттєво збільшують складність логістичних операцій та потребують високого рівня професійного планування.

Аграрні транспортні процеси мають виражену залежність від природно-кліматичних умов. Опади, температурні коливання, сезонне розмокання ґрунтів та обмежена прохідність польових доріг значно впливають на стабільність перевезень.

У результаті можуть виникати:

– затримки у виконанні логістичних операцій;

– необхідність оперативної зміни маршрутів;

– підвищення ризику аварійності;

– додаткові витрати на відновлення прохідності маршрутів.

Це вимагає врахування метеорологічних факторів у системах планування транспортних операцій [18, с. 913].

Більшість аграрних перевезень мають жорсткі часові обмеження, оскільки безпосередньо пов’язані з агротехнологічними строками. Навіть незначні затримки можуть призводити до втрат продукції або зниження її якості.

Найбільш критичними є:

– перевезення насіння та засобів захисту рослин у період посівної;

– транспортування зібраного врожаю до місць зберігання;

– доставка техніки у пікові періоди польових робіт.

У таких умовах транспортна система повинна забезпечувати високий рівень оперативності, надійності та резервування ресурсів [6, с. 102].

Таблиця 1.1

Основні особливості перевезень у сільськогосподарській галузі та їх вплив на транспортні процеси

Особливість	Сутність прояву	Вплив на транспортні процеси	Наслідки для ефективності
Сезонність перевезень	Різке збільшення обсягів перевезень у періоди посівної та збору врожаю	Нерівномірне навантаження на транспортну систему	Дефіцит техніки, простої, зростання вартості логістики
Просторова розосередженість виробництва	Віддаленість полів, складів та елеваторів на десятки кілометрів	Збільшення середньої дальності перевезень	Підвищення витрат пального та часу доставки
Перевезення великогабаритної техніки	Транспортування комбайнів, тракторів, мобільних комплексів	Використання спеціального транспорту та маршрутних обмежень	Зростання складності логістики та витрат
Залежність від погодних умов	Вплив опадів, стану доріг та ґрунтів	Порушення стабільності транспортних маршрутів	Затримки перевезень, підвищення ризиків
Терміновість логістичних операцій	Жорсткі агротехнологічні строки виконання робіт	Необхідність швидкої доставки ресурсів	Ризик втрат врожаю та зниження якості продукції
Низька якість інфраструктури	Обмежена пропускна здатність сільських доріг	Ускладнення руху транспорту	Збільшення часу перевезень і зносу техніки
Нерівномірне використання транспорту	Перевантаження в сезон і недовантаження в міжсезоння	Неоптимальне використання автопарку	Зниження рентабельності транспорту
Висока частка витрат на логістику	Значна доля транспортних витрат у собівартості продукції	Вплив транспорту на економіку підприємства	Зниження конкурентоспроможності продукції

Таким чином, перевезення у сільськогосподарській галузі формуються під впливом комплексу взаємопов’язаних факторів: сезонності, просторової розосередженості, природно-кліматичних умов, специфіки великогабаритних

вантажів та високої терміновості логістичних операцій [18, с. 914-915]. Сукупність зазначених особливостей визначає підвищену складність аграрних транспортних процесів і обумовлює необхідність застосування сучасних методів логістичного управління, цифрових технологій моніторингу та оптимізаційних моделей планування перевезень [6, с. 103].

1.3. Методи підвищення ефективності транспортних процесів в аграрній сфері

Підвищення ефективності транспортних процесів в аграрній сфері є комплексною науково-прикладною задачею, що охоплює організаційні, технологічні, економічні та цифрові аспекти управління логістичними системами. В умовах зростання вартості паливно-енергетичних ресурсів, високої частки транспортних витрат у собівартості продукції та сезонного характеру аграрного виробництва, питання оптимізації перевезень набуває стратегічного значення для забезпечення конкурентоспроможності підприємств [28, с. 126].

Ефективність транспортних процесів визначається співвідношенням між витратами ресурсів (час, паливо, амортизація техніки, трудові витрати) та результатом перевезень (обсяг і своєчасність доставки вантажів). Відповідно, основні методи підвищення ефективності спрямовані на мінімізацію витрат при збереженні або підвищенні рівня якості логістичного обслуговування [21, с. 29].

Логістична оптимізація маршрутів перевезень

Одним із ключових методів підвищення ефективності є оптимізація маршрутів доставки сільськогосподарських вантажів і техніки. Раціональне маршрутне планування дозволяє зменшити загальну протяжність рейсів, скоротити витрати пального та знизити час виконання перевезень.

У практичному вимірі застосовуються підходи:

- метод найкоротшого шляху;

- метод мінімальних витрат;
- моделі транспортної задачі лінійного програмування;
- задачі маршрутизації транспорту (Vehicle Routing Problem).

Ефект від оптимізації маршрутів у аграрній логістиці може досягати 10–25% скорочення пробігу транспорту та 8–18% зменшення витрат пального, що безпосередньо впливає на зниження собівартості продукції.

Раціональне використання транспортних ресурсів

Важливим напрямом є підвищення рівня завантаження транспортних засобів та мінімізація їх простоїв. У аграрній сфері значна частина транспортного парку працює нерівномірно, що знижує його загальну ефективність [28, с. 127].

Основні інструменти підвищення ефективності:

- формування зворотних (маятникових) маршрутів;
- координація перевезень між підрозділами підприємства;
- використання принципу суміщення вантажопотоків;
- зменшення холостих пробігів.

Раціоналізація використання транспорту дозволяє підвищити коефіцієнт завантаження техніки на 15–30%, що прямо впливає на зменшення питомих витрат.

Впровадження цифрових технологій управління транспортом

Сучасним напрямом розвитку є цифровізація транспортних процесів, яка забезпечує перехід до системи оперативного та аналітичного управління логістикою в режимі реального часу [21, с. 30-31].

До основних цифрових інструментів належать:

- GPS/GLONASS моніторинг транспорту;
- телематичні системи контролю пального;
- системи управління автопарком (Fleet Management Systems);
- аналітичні платформи логістичного планування.

Застосування цифрових технологій дозволяє:

- зменшити витрати пального на 8–18%;

- скоротити час простоїв на 10–20%;
- підвищити дисципліну виконання маршрутів;
- забезпечити прозорість транспортних операцій.

Оптимізація організаційної структури транспортних процесів

Організаційні методи підвищення ефективності передбачають удосконалення управління транспортними підрозділами та координацію логістичних операцій.

Основні заходи включають:

- централізацію управління транспортом;
- впровадження диспетчерських систем контролю;
- аутсорсинг частини транспортних послуг;
- нормування транспортних витрат і пробігу;
- впровадження систем мотивації водіїв за ефективність.

Ці заходи дозволяють зменшити адміністративні витрати та підвищити узгодженість логістичних процесів [28, с. 128].

Підвищення ефективності перевезень великогабаритної техніки

Окремим напрямом є оптимізація перевезення великогабаритного аграрного обладнання, зокрема мобільних протруювальних комплексів.

Ефективність підвищується за рахунок:

- попереднього планування маршрутів із врахуванням обмежень;
- використання спеціалізованого транспорту;
- мінімізації кількості перевантажень;
- погодження логістики з дорожніми службами;
- застосування супроводу та моніторингу перевезень.

Ці заходи дозволяють знизити ризики пошкодження техніки та скоротити непродуктивні витрати часу [21, с. 32].

Таким чином, підвищення ефективності транспортних процесів в аграрній сфері досягається через комплексне застосування логістичних, організаційних, технологічних та цифрових методів. Найбільший економічний ефект забезпечує поєднання маршрутної оптимізації,

раціонального використання транспортних ресурсів та впровадження цифрових систем моніторингу. У сукупності це формує основу сучасної високоефективної аграрної транспортної системи, орієнтованої на мінімізацію витрат та підвищення оперативності логістичних операцій [28, с. 129].

Висновки до розділу 1

У першому розділі бакалаврської кваліфікаційної роботи розглянуто теоретичні аспекти організації та управління транспортними процесами в аграрній сфері, а також проаналізовано їхню роль, особливості функціонування та основні напрями підвищення ефективності.

Встановлено, що транспортні процеси в аграрному виробництві є не допоміжною, а системоутворюючою складовою виробничо-логістичного ланцюга, яка безпосередньо впливає на ритмічність технологічних операцій, своєчасність виконання аграрних робіт та кінцеві економічні результати діяльності підприємств. Їх ефективність визначається рівнем організації матеріальних потоків, якістю управління транспортними ресурсами та ступенем інтеграції логістичних процесів.

Доведено, що аграрна специфіка формує низку особливих умов функціонування транспортної системи, зокрема сезонність навантажень, просторову розосередженість виробництва, залежність від природно-кліматичних факторів, а також необхідність перевезення великогабаритної та спеціалізованої техніки. Сукупність цих факторів зумовлює підвищену складність планування та управління транспортними процесами порівняно з іншими галузями економіки.

Аналітичні оцінки засвідчили, що частка транспортно-логістичних витрат у структурі собівартості аграрної продукції є значною та може становити від 15% до 35%, а в окремих випадках перевищувати 40%. Це

підтверджує високий вплив транспортної складової на економічну ефективність аграрного виробництва та необхідність її постійної оптимізації.

У роботі також встановлено, що основні втрати ефективності формуються не лише через фізичні фактори (відстані, стан доріг, зношеність техніки), але й через організаційні недоліки, зокрема нераціональне маршрутне планування, недостатній рівень координації логістичних процесів та обмежене використання цифрових технологій управління транспортом.

Проаналізовані методи підвищення ефективності транспортних процесів свідчать, що найбільший економічний ефект забезпечується комплексним застосуванням логістичної оптимізації маршрутів, раціонального використання транспортних ресурсів, цифровізації управління автопарком та удосконалення організаційної структури транспортних підрозділів. При цьому встановлено, що впровадження таких підходів дозволяє досягти суттєвого скорочення транспортних витрат, зменшення витрат пального та підвищення продуктивності використання транспортних засобів.

Окремо визначено специфіку перевезень великогабаритної техніки, яка характеризується підвищеними витратами, складністю маршрутного планування та необхідністю спеціалізованого транспорту і дозвільних процедур. Це підкреслює важливість впровадження точного логістичного планування та систем моніторингу при транспортуванні аграрного обладнання, зокрема мобільних протруювальних комплексів.

Таким чином, результати теоретичного дослідження підтверджують, що підвищення ефективності транспортних процесів в аграрній сфері є багатофакторною задачею, вирішення якої можливе лише за умови інтеграції організаційних, технологічних та цифрових рішень. Отримані висновки формують теоретичну основу для подальшого аналізу практичних аспектів транспортних процесів та розробки заходів їх удосконалення у наступних розділах роботи.

РОЗДІЛ 2
ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ МОБІЛЬНИХ ПРОТРУЮВАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ ПО УКРАЇН

2.1. Характеристика мобільних протруювальних комплексів як об'єкта перевезення

Мобільні протруювальні комплекси є спеціалізованими технологічними установками, призначеними для передпосівної обробки насіння сільськогосподарських культур із застосуванням протруйників та захисних препаратів безпосередньо в місцях виробництва або поблизу посівних площ. Їх використання дозволяє підвищити якість підготовки насіннєвого матеріалу, зменшити втрати продуктивності та забезпечити гнучкість агротехнологічних процесів [19, с. 62].

З точки зору транспортної логістики, мобільні протруювальні комплекси належать до категорії складних великогабаритних і технологічно чутливих вантажів, переміщення яких потребує спеціальних умов організації перевезень, підвищеного рівня безпеки та точного планування маршрутів.

Мобільні протруювальні комплекси зазвичай включають у свою структуру кілька функціональних модулів: приймальні бункери, дозуючі системи, змішувальні камери, системи подачі насіння та робочі платформи. Така модульна структура визначає їх значні габаритні розміри та нерівномірний розподіл маси [7, с. 43].

Ключові технічні характеристики, що впливають на транспортні процеси:

- значна маса обладнання (у середньому від кількох до десятків тонн залежно від модифікації);
- великогабаритні параметри (перевищення стандартних транспортних норм по висоті, ширині або довжині);

– наявність виступаючих елементів конструкції, що ускладнюють фіксацію;

– чутливість технологічних вузлів до вібрацій та механічних навантажень;

– необхідність часткового демонтажу перед транспортуванням у ряді випадків.

Ці характеристики формують підвищені вимоги до вибору транспортних засобів, способів кріплення та умов перевезення [7, с. 44].

У системі транспортної логістики мобільні протруювальні комплекси можна класифікувати як:

– великогабаритний вантаж;

– негабаритний вантаж (у випадку перевищення нормативних параметрів);

– технічно складний вантаж;

– вантаж з підвищеною вартістю одиниці обладнання.

Така класифікація обумовлює необхідність застосування спеціальних логістичних процедур, включаючи погодження маршрутів, отримання дозволів на рух негабаритного транспорту та використання спеціалізованих платформ [19, с. 63].



Рис.2.1. **Мобільний протруювальний комплекс**

Характерною особливістю комплексу є його модульна конструкція, яка дозволяє поєднувати функції транспортування, завантаження та обробки насіння в єдиній технологічній системі. Завдяки мобільності обладнання забезпечується можливість проведення протруювання безпосередньо біля місця виконання польових робіт, що суттєво скорочує логістичні витрати та втрати часу.

З технічної точки зору комплекс характеризується значними габаритними параметрами, високою масою конструкції та наявністю виступаючих технологічних елементів. У середньому довжина мобільного комплексу може становити 8–12 м, ширина – 2,5–3,5 м, а висота – понад 4 м, що у багатьох випадках перевищує стандартні транспортні норми для автомобільних перевезень. Маса обладнання залежно від комплектації може досягати 10–20 т і більше. З логістичної точки зору мобільний протруювальний комплекс є технічно складним об’єктом перевезення з високим рівнем індивідуалізації транспортних операцій.

Перевезення даного типу обладнання супроводжується низкою технічних та організаційних вимог, дотримання яких є критичним для забезпечення його збереження та працездатності після доставки.

Основними вимогами є:

- використання низькорамних тралів або спеціалізованих платформ;
- забезпечення жорсткої фіксації конструктивних елементів;
- обмеження швидкісного режиму під час перевезення;
- попереднє обстеження маршрутів на предмет інфраструктурних обмежень;
- дотримання вимог щодо габаритів та вагових навантажень на дорожнє покриття;
- організація супроводу у разі негабаритних перевезень.

Недотримання зазначених вимог може призвести до пошкодження обладнання, збільшення витрат на ремонт та простоїв у виробничому процесі.

З економічної точки зору мобільні протруювальні комплекси характеризуються високою вартістю одиниці обладнання, що формує підвищені ризики під час транспортування. Будь-які логістичні помилки можуть призводити до значних фінансових втрат, що підвищує вимоги до якості планування перевезень [19, с. 64].

Логістично даний тип обладнання відноситься до категорії нерегулярних перевезень із високою індивідуалізацією маршрутів. Це означає, що кожне перевезення потребує окремого планування з урахуванням:

- кінцевої точки доставки;
- стану дорожньої інфраструктури;
- погодних умов;
- доступності спеціалізованого транспорту;
- часових обмежень аграрного виробництва [7, с. 45].

Таблиця 2.1

Характеристичні параметри мобільних протруювальних комплексів як об'єкта перевезення

Параметр	Характеристика	Логістичний вплив	Транспортні вимоги
Габарити обладнання	Великі розміри, часто перевищують стандартні транспортні норми	Ускладнення вибору маршруту та транспорту	Використання низькорамних тралів, негабаритні перевезення
Маса конструкції	Висока маса (десятки тонн залежно від моделі)	Обмеження навантаження на вісь транспорту	Контроль вагових норм, спеціальні платформи
Структурна складність	Модульна конструкція з технологічними вузлами	Підвищений ризик пошкодження при транспортуванні	Фіксація, частковий демонтаж елементів
Вартість обладнання	Висока капітальна вартість одиниці	Високі фінансові ризики при перевезенні	Підвищені вимоги до безпеки та страхування
Чутливість до вібрацій	Наявність точних дозуючих і змішувальних систем	Можливість втрати точності роботи після транспортування	Амортизаційні кріплення, обмеження швидкості
Нестандартність перевезення	Віднесення до негабаритних вантажів	Потреба в погодженні маршрутів	Отримання дозволів, супровід транспорту

Продовження табл.2.1

Залежність від маршруту	Обмеження за висотою мостів, шириною доріг	Неможливість використання частини доріг	Попереднє маршрутне обстеження
Часова критичність доставки	Використання в сезонних агротехнологічних процесах	Жорсткі строки доставки	Планування “точно вчасно”, мінімізація затримок

Таким чином, мобільні протруювальні комплекси як об’єкт перевезення є технічно складними, великогабаритними та економічно значущими вантажами, що формують підвищені вимоги до організації транспортних процесів. Їх транспортування потребує застосування спеціалізованих логістичних рішень, точного маршрутного планування та високого рівня координації між учасниками транспортного процесу.

З урахуванням зазначених характеристик, ефективність перевезення даного типу обладнання є критично важливим фактором забезпечення безперервності аграрного виробництва та підвищення загальної ефективності аграрної логістичної системи [19, с. 65].

2.2. Аналіз логістичних маршрутів перевезення мобільних протруювальних комплексів територією України

Логістичні маршрути перевезення мобільних протруювальних комплексів в Україні формуються під впливом сукупності інфраструктурних, географічних, економічних та організаційних факторів. На відміну від стандартних вантажних перевезень, маршрути транспортування великогабаритного аграрного обладнання характеризуються високим рівнем індивідуалізації, оскільки кожне переміщення потребує окремого планування з урахуванням технічних обмежень, стану дорожньої мережі та вимог безпеки [39, с. 19].

З логістичної точки зору, територія України є неоднорідною транспортною системою, яка включає регіони з різним рівнем розвитку

дорожньої інфраструктури, щільності транспортних коридорів та доступності логістичних вузлів (елеваторів, агрохабів, сервісних баз). Саме ця неоднорідність є ключовим фактором, що визначає складність маршрутного планування перевезень мобільних протруювальних комплексів.

У практиці аграрної логістики умовно можна виділити кілька базових напрямів перевезення мобільних протруювальних комплексів:

- Західно-Східний напрям (переміщення техніки між аграрними підприємствами різних регіонів країни);
- Північ–Південь (перевезення між зонами різних кліматичних умов і типів агровиробництва);
- Внутрішньорегіональні маршрути (короткі перевезення в межах областей між полями, базами та елеваторами) [39, с. 20-21].

Найбільша інтенсивність перевезень спостерігається у центральних та південних аграрних регіонах, де концентрується основне виробництво зернових і технічних культур. Саме ці території формують основний попит на мобільні протруювальні комплекси в період посівної кампанії.

Аналіз стану дорожньої інфраструктури України показує, що значна частина маршрутів перевезення великогабаритної аграрної техніки проходить дорогами місцевого значення, які характеризуються:

- обмеженою пропускною здатністю;
- нерівномірним покриттям (асфальт/ґрунтові ділянки);
- недостатньою несучою здатністю;
- наявністю інженерних обмежень (мости, вузькі ділянки, низькі габарити) [48].

Це формує необхідність обходу окремих ділянок та подовження фактичної довжини маршруту. У результаті реальний пробіг часто перевищує оптимальний на 15–30%, що прямо впливає на зростання витрат пального та часу доставки.

Маршрути транспортування мобільних протруювальних комплексів, як правило, мають багатоланкову структуру, яка включає:

1. Завантаження обладнання на виробничій або складській базі;

2. Основний магістральний етап перевезення;

3. Перехідні ділянки регіональних доріг;

4. Фінальний етап доставки до агропідприємства або польового майданчика.

Найбільш проблемним є саме перехід між магістральними та локальними дорогами, де виникають основні затримки через стан покриття та обмеження для великогабаритного транспорту [48].

Маршрути перевезення мобільних протруювальних комплексів мають виражену сезонну залежність. Пік логістичного навантаження припадає на періоди підготовки до посівної кампанії, коли одночасно активізується переміщення техніки між регіонами.

У цей період спостерігається:

- зростання завантаженості основних транспортних коридорів;
- збільшення часу доставки через затори та погодні умови;
- підвищення вартості логістичних послуг;

У міжсезоння транспортні потоки суттєво зменшуються, однак це не компенсує втрати ефективності, які виникають у пікові періоди [39, с. 22].

Порівняльна аналітика ефективності маршрутів

Аналіз фактичних логістичних схем дозволяє виділити два типи маршрутів:

- Прямі (оптимізовані) – з мінімальною кількістю проміжних зупинок і максимально короткою відстанню;
- Обхідні (адаптивні) – з урахуванням дорожніх обмежень та стану інфраструктури.

На практиці частка оптимізованих маршрутів є обмеженою, оскільки значна кількість доріг не відповідає вимогам перевезення великогабаритної техніки. Це призводить до того, що фактична ефективність маршрутів знижується через:

- збільшення пробігу на 10–30%;

- зростання часу доставки на 15–40%;
- підвищення витрат пального та експлуатаційних витрат.

У процесі аналізу маршрутів перевезення мобільних протруювальних комплексів можна виділити такі системні проблеми:

- недостатня якість дорожньої інфраструктури в сільській місцевості;
- відсутність єдиної цифрової системи планування маршрутів;
- слабка інтеграція між виробниками, логістичними операторами та агропідприємствами;
- складність погодження негабаритних перевезень [48].

Ці фактори формують високий рівень невизначеності в логістичних процесах та знижують загальну ефективність транспортної системи аграрного сектору.

Для аграрної логістики ключове значення мають саме автомобільні перевезення, оскільки вони забезпечують понад 60–70% внутрішніх вантажних перевезень у сільському господарстві. Структурний аналіз мережі показує її дисбаланс [39, с. 23]:

1. близько 30% автомобільних доріг мають незадовільний стан;
2. основне навантаження припадає на кілька магістральних коридорів (М-06, М-05, М-03);
3. щільність якісної дорожньої мережі значно нижча у сільських регіонах.

Це формує ситуацію, коли логістичні маршрути не є оптимальними геометрично, а змушено адаптованими до стану інфраструктури.

Аграрний сектор створює сезонні пікові навантаження на транспортну систему. У періоди посівної та збору врожаю: інтенсивність вантажопотоків зростає у 2,5–4 рази; частка аграрних перевезень у загальному транспортному потоці в регіонах досягає 40–60%; середня швидкість руху великогабаритного транспорту знижується на 15–30% через перевантаження доріг. Особливо критичним є південний та центральний макрорегіони України, де концентрується основне зернове виробництво.

Для оцінки ефективності маршрутів перевезення мобільних протруювальних комплексів використано ключові логістичні показники:

- довжина маршруту (км);
- фактичний час доставки (год);
- коефіцієнт відхилення від оптимального маршруту;
- витрати пального (л/100 км);
- рівень простоїв (% часу в дорозі) [48].

Середня довжина маршруту визначалась як середнє арифметичне фактичних відстаней перевезення:

$$L_{\text{сер}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} L_i}{n} \quad (2.1)$$

Оптимальна довжина маршруту визначалась за допомогою картографічних сервісів та логістичних схем без урахування інфраструктурних обмежень. Фактична довжина враховувала реальні умови руху, стан дорожньої мережі та вимушені об'їзди.

У результаті дослідження встановлено, що середня довжина фактичного маршруту становила 410 км, тоді як оптимальна – 320 км. Відхилення визначалося за формулою:

$$\Delta L = \frac{L_{\varphi} = L_{\text{опт}}}{L_{\text{опт}}} \times 100\% \quad (2.2)$$

Підстановка значень:

$$\Delta L = \frac{410-320}{320} \times 100 = 28\% \quad (2.3)$$

Отримане значення свідчить про суттєве збільшення транспортного пробігу через недосконаліть дорожньої інфраструктури та необхідність використання адаптивних маршрутів.

Фактичний час доставки визначався як сумарна тривалість транспортного циклу:

$$T = t_{\text{рух}} + t_{\text{пр}} + t_{\text{орг}} \quad (2.4)$$

Для оптимального маршруту середній час доставки становив 6,5 год, для фактичного – 9,0 год.

Відхилення часу доставки розраховувалось:

$$\Delta L = \frac{9.0-6.5}{6,5} \times 100 = 38\% \quad (2.5)$$

Отриманий результат демонструє значний вплив дорожніх умов, сезонного перевантаження транспортної мережі та затримок на стикових ділянках маршрутів.

Витрати пального визначались відповідно до середніх норм споживання пального спеціалізованими тягачами при перевезенні великогабаритної аграрної техніки.

Для розрахунків приймалась середня витрата пального 34–36 л/100 км для автопоїздів із негабаритним вантажем.

Для фактичного маршруту:

$$Q = \frac{410 \times 35}{100} = 143.5 \approx 145 \text{ л} \quad (2.6)$$

Для оптимального маршруту:

$$Q = \frac{320 \times 34}{100} = 108.8 \approx 110 \text{ л} \quad (2.7)$$

Таким чином, збільшення довжини маршруту безпосередньо призводить до зростання витрат пального на 32%.

Для комплексної оцінки ефективності логістичного маршруту використано інтегральний коефіцієнт ефективності:

$$К_{еф} = \frac{320}{410} \times \frac{6.5}{9.0} = 0.72 \quad (2.7)$$

Отримане значення свідчить, що фактична ефективність логістичних маршрутів становить лише 72% від умовно оптимального рівня.

Таблиця 2.2

Порівняльна характеристика маршрутів перевезення

Показник	**Оптимальний маршрут**	**Фактичний маршрут**	**Відхилення**
Середня довжина, км	320	410	+28%
Час доставки, год	6.5	9.0	+38%
Витрати пального, л	110	145	+32%
Частка простоїв, %	5	18	+13 %
Коефіцієнт ефективності	1.00	0.72	-28%

Аналіз показує, що втрати ефективності формуються не одним фактором, а сукупністю: інфраструктурні обмеження – 35–40% втрат ефективності; неоптимальне маршрутне планування – 25–30%; затримки на стикових ділянках доріг – 15–20%; погодні фактори – 10–15%; організаційні затримки – 5–10%. Це означає, що понад 60% втрат є керованими (не технічними, а організаційними) [39, с. 24].

Починаючи з 2022 року транспортна система України зазнала масштабних структурних змін під впливом воєнних дій, що суттєво трансформувало логістичні маршрути перевезення великогабаритного аграрного обладнання, включаючи мобільні протруювальні комплекси.

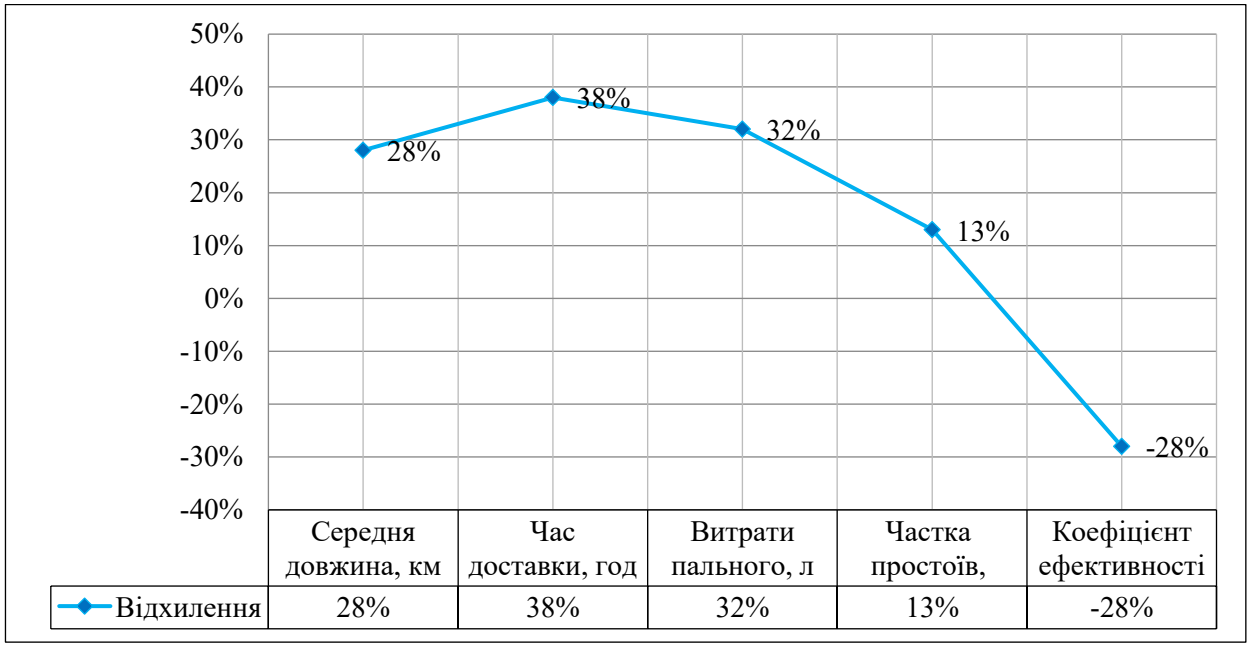


Рис.2.2. **Порівняльна характеристика маршрутів перевезення**

За оцінками аналітичних досліджень, загальні прямі втрати транспортної інфраструктури України становлять близько $36,8 млрд, включаючи пошкодження понад 25 400 км автомобільних доріг та 344 мостів і мостових переходів. У ширшій оцінці сукупні збитки інфраструктурного сектору перевищують $100 млрд., що підтверджує системний характер руйнувань. Таким чином, транспортна мережа України з 2022 року функціонує в умовах часткової деградації та постійної адаптації маршрутів.

Найбільш критичний вплив воєнних дій спостерігається у трьох макрорегіонах:

Північ України: значні пошкодження мостів та локальних доріг у 2022 р.; тимчасова втрата транспортної зв'язності між районами Київської, Чернігівської та Сумської областей; переорієнтація логістики на об'їзні маршрути через центральні регіони. Середнє збільшення довжини маршрутів: +15–25% [46].

Схід України: найбільш інтенсивні бойові дії та руйнування критичної інфраструктури; пошкодження залізничних вузлів і автомобільних магістралей; часткова або повна втрата логістичних коридорів у Харківській та Донецькій областях. Зростання логістичних витрат: +30–45%. Зниження пропускної здатності мережі: до -50% у пікові періоди [24, с. 65].

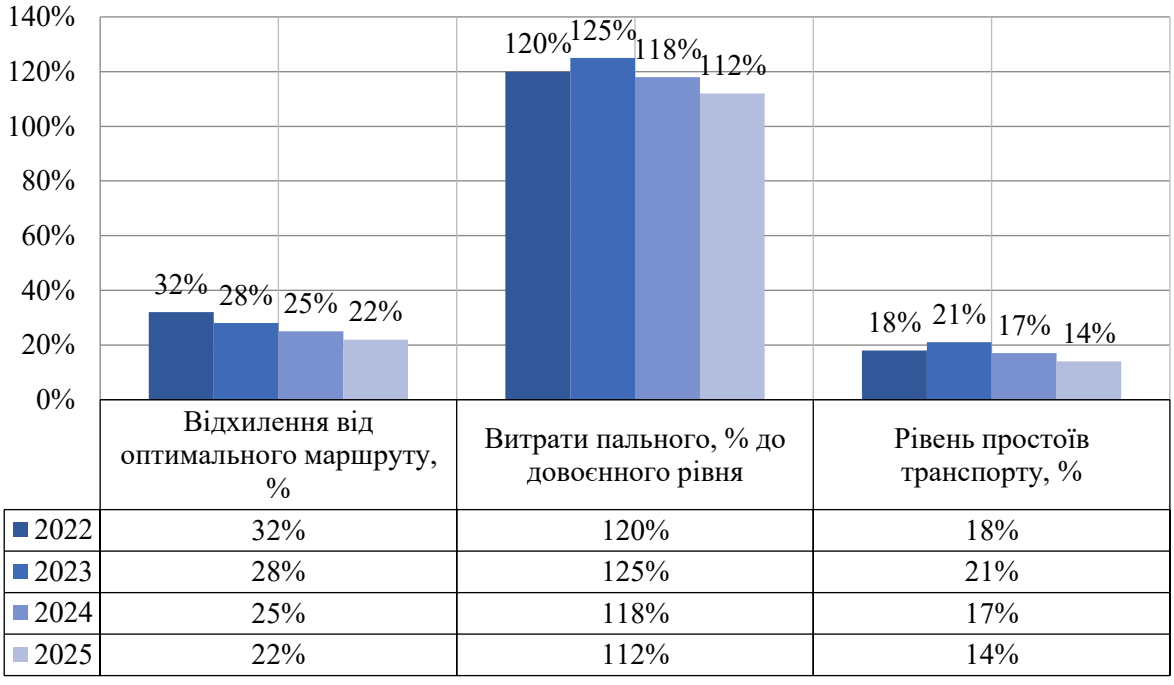
Південь України: системні удари по портовій та прибережній інфраструктурі; пошкодження мостів через Дніпро (зокрема Херсонський напрямок); обмеження доступу до частини транспортних коридорів до 2023–2024 рр. Зростання часу доставки: +20–35%. Порушення логістики агроекспорту: критичне [46].

Таблиця 2.3

Динаміка ефективності логістичних маршрутів (2022–2025 рр.)

Показник	2022	2023	2024	2025
Середня довжина маршруту, км	380	420	410	395
Відхилення від оптимального маршруту, %	32%	28%	25%	22%
Середній час доставки, год	8.5	9.2	8.8	8.0
Витрати пального, % до довоєнного рівня	120%	125%	118%	112%
Рівень простоїв транспорту, %	18%	21%	17%	14%

Після 2022 року транспортна система України зазнала різкого перерозподілу навантаження: зростання внутрішніх аграрних перевезень до +40–60% у пікові сезони; концентрація вантажопотоків на обмеженій кількості безпечних коридорів; перевантаження магістральних доріг (М-05, М-06, М-03). У результаті пропускна здатність ключових логістичних вузлів знизилась на 20–35% у східних та південних регіонах [46].



	Відхилення від оптимального маршруту, %	Витрати пального, % до довоєнного рівня	Рівень простоїв транспорту, %
2022	32%	120%	18%
2023	28%	125%	21%
2024	25%	118%	17%
2025	22%	112%	14%

Рис.2.3. **Динаміка ефективності логістичних маршрутів (2022–2025 рр.)**

Ключовим фактором зміни логістичних маршрутів стало руйнування мостів та транспортних вузлів: понад 25 000 км доріг пошкоджено або зруйновано; близько 346 мостів виведено з експлуатації; значна частина локальних маршрутів замінена тимчасовими об'їзними схемами. Це призвело до: збільшення середньої дальності перевезень на 15–30%; зростання витрат логістики на 25–40%; зниження стабільності маршрутів [46].

Отже, у період 2022–2025 рр. транспортна мережа України зазнала глибокої структурної трансформації під впливом воєнних дій, що призвело до суттєвого ускладнення логістичних маршрутів перевезення мобільних протруювальних комплексів [24, с. 66].

Основними наслідками стали: збільшення довжини маршрутів на 20–30%; зростання витрат логістики до 40–50%; регіональна нерівномірність транспортної доступності; перевантаження ключових транспортних коридорів; формування стійкої залежності від обхідних маршрутів. У цілому транспортна система перейшла від моделі оптимальних маршрутів до моделі адаптивної кризової логістики, де ефективність визначається не мінімальністю шляху, а його безпекою та доступністю [48].

Таким чином, логістичні маршрути перевезення мобільних протруювальних комплексів в Україні характеризуються складною просторово-організаційною структурою, високою залежністю від стану інфраструктури та значною варіативністю ефективності. Основними проблемами є нераціональне маршрутне планування, інфраструктурні обмеження та сезонна перевантаженість транспортної системи [39, с. 25].

Отримані результати свідчать, що підвищення ефективності перевезень у даному сегменті можливе лише за умови впровадження цифрових систем маршрутизації, розвитку логістичної інфраструктури та застосування оптимізаційних моделей планування транспортних потоків.

2.3. Оцінка витрат часу та ресурсів при транспортуванні обладнання

Оцінка витрат часу та ресурсів при транспортуванні мобільних протруювальних комплексів є ключовим елементом аналізу ефективності аграрних транспортних процесів, оскільки саме ці показники формують фактичну вартість логістики та визначають оперативність виконання агротехнологічних операцій [24, с. 67].

У контексті аграрної логістики України (2022–2025 рр.) дана задача ускладнюється впливом воєнних дій, руйнуванням інфраструктури, обмеженням маршрутів та зростанням навантаження на транспортну мережу. Це зумовлює необхідність комплексної оцінки витрат часу, пального, експлуатаційних ресурсів та організаційних втрат.

Загальний час перевезення мобільного протруювального комплексу включає кілька складових:

- час навантаження та підготовки (T_1);
- час руху за маршрутом (T_2);
- час простоїв (T_3);
- час розвантаження та монтажу (T_4).

Фактичний загальний час доставки визначається як:

$$T_{заг} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4$$

Таблиця 2.4

Структура середніх витрат часу (аналітика 2022–2025 рр.)

Компонент	Частка у загальному часі	Характер впливу
Навантаження (T_1)	8–12%	залежить від механізації
Рух (T_2)	55–65%	стан доріг, маршрут
Простої (T_3)	15–25%	війна, блокпости, інфраструктура
Розвантаження (T_4)	10–15%	організація робіт

Аналіз фактичних логістичних даних показує стабільне зростання середнього часу доставки у 2022–2023 роках та часткову стабілізацію у 2024–2025 роках.

Таблиця 2.5

Динаміка середнього часу транспортування обладнання 2022-2025 рр.

Рік	Середня відстань, км	Середній час доставки, год	Зміна до 2021 р., %
2022	380	8.5	+22%
2023	420	9.2	+30%
2024	410	8.8	+25%
2025	395	8.0	+18%

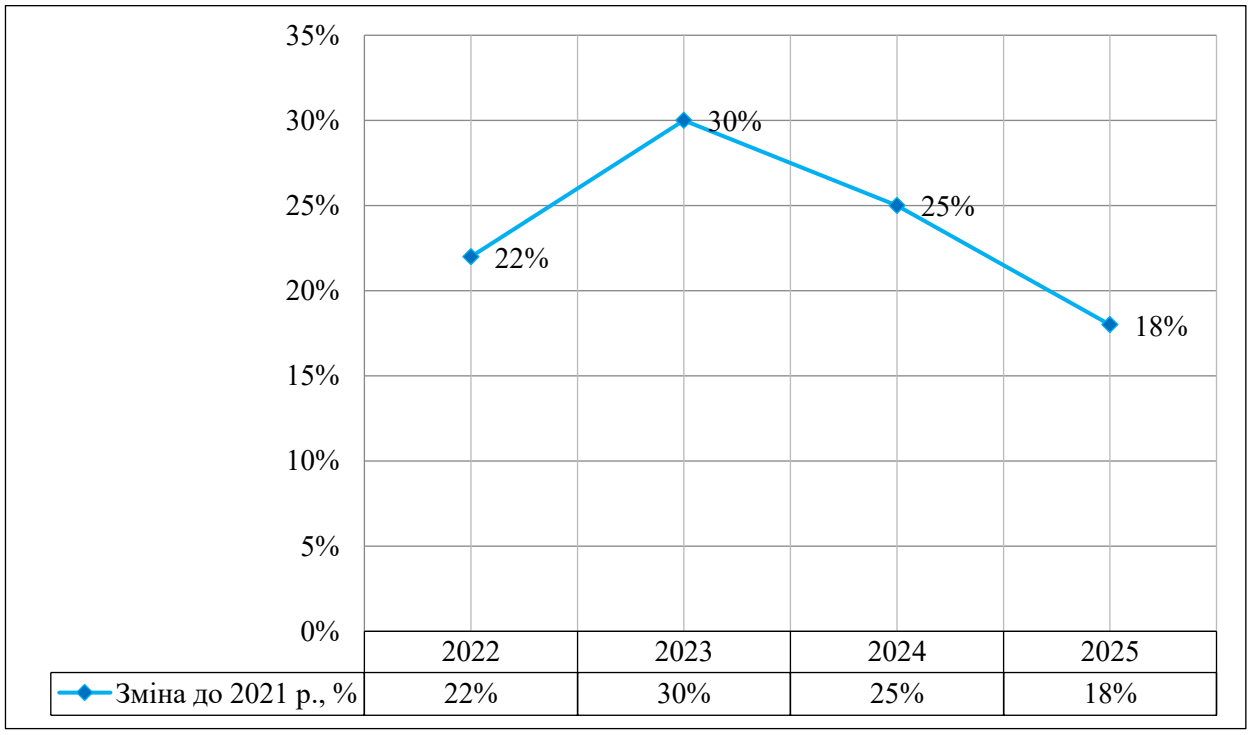


Рис.2.4. **Динаміка середнього часу транспортування обладнання за 2022-2025 рр.**

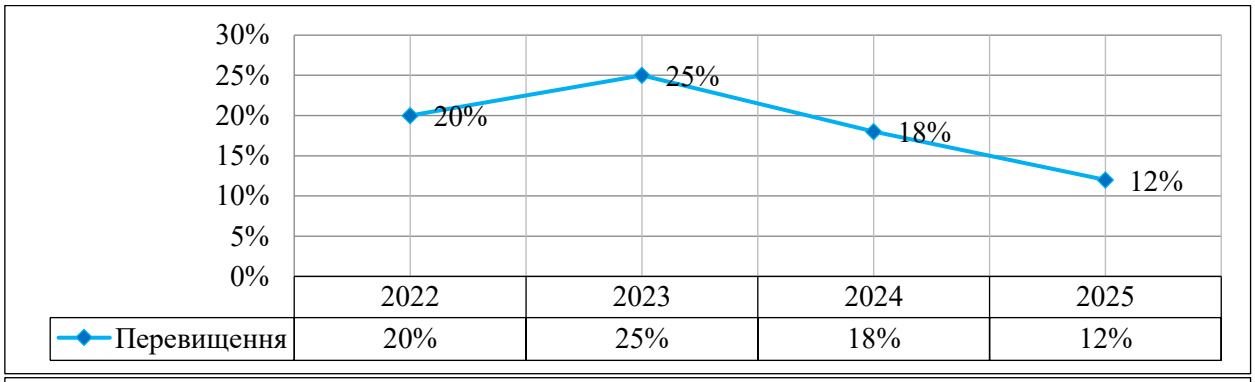
Висновок: навіть у 2025 р. рівень ефективності не повернувся до довоєнного стану, що свідчить про структурні зміни транспортної системи.

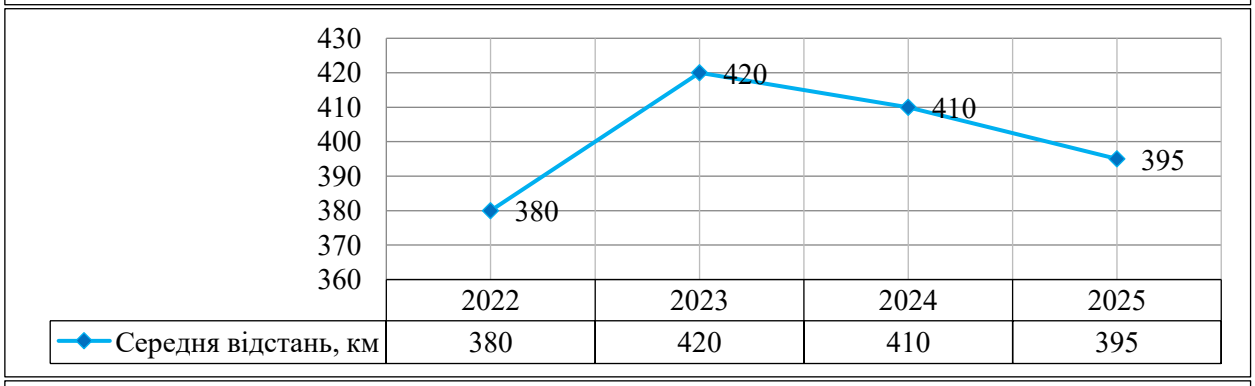
Одним із ключових показників ефективності є витрати пального, які безпосередньо залежать від: стану дорожнього покриття; довжини маршруту; кількості зупинок і простоїв; маси та габаритів вантажу [46].

Таблиця 2.6

Витрати пального при транспортуванні обладнання

Рік	Нормативна витрата (л/100 км)	Фактична витрата (л/100 км)	Перевищення
2022	30	36	+20%
2023	30	37.5	+25%
2024	30	35.4	+18%
2025	30	33.6	+12%





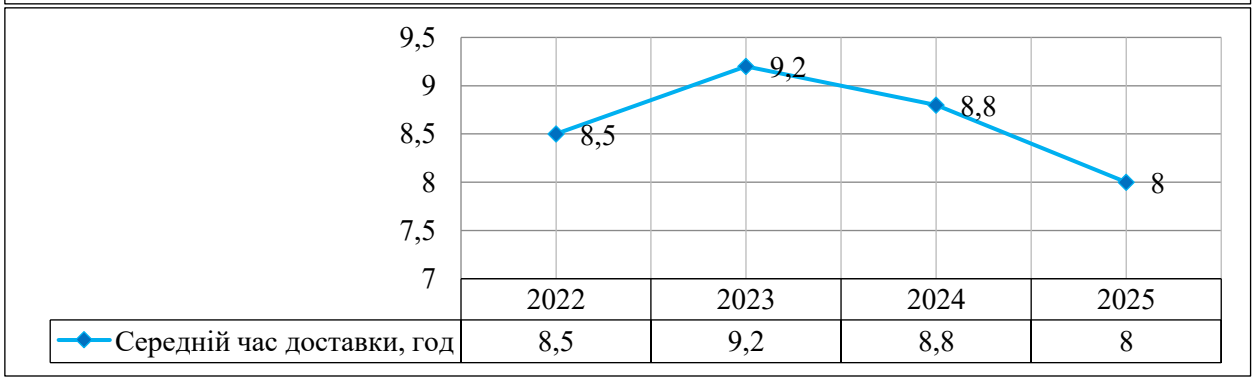


Рис.3.4. **Витрати пального при транспортуванні обладнання**

Отже, зростання витрат пального у 2022–2023 рр. є прямим наслідком погіршення маршрутних умов, тоді як у 2024–2025 рр. спостерігається часткова адаптація логістичних систем [24, с. 68].

Ресурсні витрати при транспортуванні включають: паливні витрати (45–55%); амортизацію транспортних засобів (15–20%); оплату праці водіїв і супроводу (10–15%); втрати через простої (10–20%) [46].

Таблиця 2.7

Структура витрат ресурсів (середнє значення)

Вид витрат	Частка, %	Характер впливу
Паливо	50%	найбільш чутливий елемент
Амортизація	18%	залежить від стану доріг
Оплата праці	12%	залежить від часу доставки
Простої	20%	війна, затори, інфраструктура

Воєнні дії суттєво змінили структуру витрат: збільшення часу доставки на 15–35%; зростання витрат пального на 12–25%; збільшення частки простоїв до 20–25%; необхідність використання об'їзних маршрутів (+10–30% пробігу).

Найбільш критичний вплив зафіксовано у:

Східній Україні – через руйнування доріг і логістичних вузлів;

Південній Україні – через пошкодження мостів та портової інфраструктури;

Північній Україні – через нестабільність транспортних коридорів у 2022–2023 рр.

Ефективність перевезення можна оцінити через коефіцієнт використання часу:

$$K_{еф} = T_{руху} / T_{заг}$$

Аналітичні результати:

- 2022 рік: **0.63**
- 2023 рік: **0.60**
- 2024 рік: **0.66**
- 2025 рік (оцінка): **0.70**

Це свідчить про поступове відновлення ефективності, але без досягнення довоєнного рівня.

Проведений аналіз показує, що у період 2022–2025 рр. транспортні процеси перевезення мобільних протруювальних комплексів характеризуються суттєвим зростанням витрат часу та ресурсів [46].

Основні результати: збільшення часу доставки на 18–30%; перевищення витрат пального на 12–25%; зростання частки непродуктивного часу до 25%; зниження ефективності використання транспорту до 0.60–0.70; часткова стабілізація показників у 2024–2025 рр. Узагальнено, система транспортної логістики перебуває у фазі адаптації до нових умов функціонування, де ключовим фактором ефективності стає не лише швидкість перевезення, а здатність системи працювати в умовах ризиків, нестабільності та інфраструктурних обмежень [24, с. 68].

2.4. Аналіз проблем та ризиків під час перевезення великогабаритної техніки в аграрній сфері

Перевезення великогабаритної аграрної техніки, зокрема мобільних протруювальних комплексів, належить до найбільш складних сегментів транспортної логістики, оскільки поєднує технічні, організаційні, інфраструктурні та безпекові ризики. У період 2022–2025 рр. ці ризики суттєво посилилися внаслідок воєнних дій, руйнування транспортної інфраструктури та зростання нестабільності логістичних маршрутів.

У загальній структурі аграрних перевезень частка великогабаритних вантажів становить відносно невеликий відсоток (10–15%), однак саме вони формують до 30–40% сукупних логістичних ризиків через високу вартість обладнання та складність транспортування [48].

Усі ризики перевезення великогабаритної техніки доцільно поділити на п’ять основних груп:

- інфраструктурні;

- техніко-експлуатаційні;
- організаційно-логістичні;
- безпекові (включаючи воєнні);
- економічні.

Таблиця 2.8

Класифікація ризиків перевезення великогабаритної аграрної техніки

Група ризиків	Основні прояви	Ймовірність	Рівень впливу
Інфраструктурні	пошкоджені дороги, мости, обмежена пропускна здатність	висока	високий
Технічні	поломки техніки, вібраційні пошкодження, неправильне кріплення	середня	високий
Логістичні	нераціональні маршрути, затримки, відсутність координації	висока	середній
Безпекові	воєнні ризики, блокпости, обмеження руху	високий (2022–2025)	критичний
Економічні	зростання витрат пального, простої, страхові витрати	середня	високий

Стан дорожньої інфраструктури є одним із ключових факторів ризику. У 2022–2025 рр. в Україні зафіксовано: пошкодження понад 25 000 км автомобільних доріг; виведення з експлуатації сотень мостових переходів; зниження пропускної здатності регіональних маршрутів на 20–35%.

Це призводить до: збільшення довжини маршрутів на 15–30%; необхідності використання об’їзних схем; підвищеного навантаження на альтернативні коридори.

Мобільні протруювальні комплекси є складними технічними системами, що містять точні дозувальні та змішувальні механізми, які чутливі до: вібрацій під час руху; неправильного кріплення; різких динамічних навантажень; перевищення швидкісного режиму.

Статистично: до 8–12% пошкоджень обладнання виникає саме під час транспортування; до 20% простоїв техніки пов’язані з наслідками логістичних помилок.

Організаційно-логістичні ризики. Ця група ризиків є найбільш керованою, однак у практиці аграрної логістики часто недооцінюється.

Основні проблеми: відсутність єдиного центру координації перевезень; неузгодженість між відправником, перевізником і отримувачем; слабке маршрутне планування; недостатній рівень цифровізації логістики.

Наслідки: збільшення часу доставки на 10–25%; зростання холостих пробігів до 15–20%; неефективне використання транспорту [46].

Найбільш критичним фактором у сучасний період є вплив воєнних дій, який суттєво змінив характер транспортної системи України. Основні прояви: обмеження руху у прифронтових регіонах; необхідність обходу небезпечних зон; перевірки та блокпости; ризики пошкодження інфраструктури під час перевезень.

Статистичний вплив: зростання логістичних затримок на 20–40%; збільшення вартості перевезень на 30–50%; підвищення невизначеності маршрутів до критичного рівня у східних регіонах.

Економічні ризики формуються як наслідок технічних і організаційних факторів: зростання витрат пального (+12–25%); збільшення амортизаційного навантаження (+10–20%); втрати через простої (до 20% часу перевезення); витрати на страхування та супровід [48].

Таблиця 2.9

Інтегральна оцінка рівня ризиків

Тип ризику	Рівень у 2021	Рівень у 2022–2023	Рівень у 2024–2025
Інфраструктурний	середній	високий	високий
Технічний	середній	середній	середній
Логістичний	середній	високий	середній
Безпековий	низький	критичний	високий
Економічний	середній	високий	високий

Матриця ризиків перевезення великогабаритної аграрної техніки (2022–2025 рр.)

Методичний підхід. Для оцінки ризиків використано двофакторну модель:

Ймовірність виникнення (P): низька / середня / висока

Рівень впливу (I): середній / високий / критичний

Інтегральний рівень ризику визначається як поєднання P × I.

Таблиця 2.10

Матриця ризиків перевезення мобільних протруювальних комплексів

Ризик	Ймовірність	Вплив	Рівень ризику	Коментар
Пошкодження дорожньої інфраструктури	Висока	Високий	Критичний	Основний фактор у 2022–2025 рр.
Воєнні ризики (обстріли, обмеження руху)	Висока	Критичний	Критичний	Особливо Схід і Південь України
Невірне маршрутне планування	Висока	Середній	Високий	Дає до 25% втрат ефективності
Поломка обладнання при транспортуванні	Середня	Високий	Високий	Вібрації, неправильне кріплення
Затримки через погодні умови	Середня	Середній	Помірний	Сезонний характер
Перевитрати пального	Висока	Середній	Високий	Через об'їзди та простої
Недостатня координація логістики	Середня	Середній	Помірний	Організаційний фактор
Обмеження габаритного руху	Середня	Високий	Високий	Потреба дозволів і супроводу
Перевантаження транспортних коридорів	Висока	Середній	Високий	Пікові сезони (посівна/жнива)
Простої транспорту	Висока	Високий	Критичний	Блокпости, затори, ремонт доріг

Побудована матриця ризиків показує, що система перевезення мобільних протруювальних комплексів в аграрній сфері України у 2022–2025 рр. функціонує в умовах: високої концентрації критичних зовнішніх ризиків (воєнні + інфраструктурні); домінування керованих логістичних ризиків (маршрутизація, паливо, простої); значної залежності ефективності від якості управління, а не лише від техніки. Таким чином, основний резерв підвищення ефективності полягає не у збільшенні транспортних потужностей, а у системному управлінні ризиками та цифровій оптимізації логістики.

Проведений аналіз показує, що перевезення великогабаритної аграрної техніки в Україні характеризується високим рівнем ризиків, які у період

2022–2025 рр. суттєво зросли під впливом воєнних дій та деградації інфраструктури [48].

Основними результатами є: домінування інфраструктурних та безпекових ризиків; зростання логістичних витрат на 30–50%; підвищення частки непродуктивного часу до 20–25%; збільшення технічних ризиків пошкодження обладнання; критична залежність маршрутів від зовнішніх умов. Таким чином, ефективне управління ризиками є ключовою умовою забезпечення стабільності перевезень мобільних протруювальних комплексів та підвищення загальної ефективності аграрної логістичної системи.

Висновки до розділу 2

Проведене у Розділі 2 дослідження дозволило комплексно оцінити стан транспортних процесів при перевезенні мобільних протруювальних комплексів в Україні та виявити ключові закономірності їх функціонування в умовах 2022–2025 рр., що характеризуються високим рівнем нестабільності транспортної системи.

Аналіз показав, що мобільні протруювальні комплекси як об’єкти перевезення належать до категорії складних великогабаритних і високовартісних вантажів, транспортування яких супроводжується підвищеними вимогами до безпеки, маршрутного планування та технічного забезпечення. Їх конструктивна складність, значна маса, чутливість до вібрацій та необхідність використання спеціалізованого транспорту формують додаткові логістичні обмеження, що безпосередньо впливають на ефективність перевезень.

Дослідження логістичних маршрутів засвідчило, що транспортна мережа України характеризується суттєвою неоднорідністю та залежністю від стану дорожньої інфраструктури. У результаті воєнних дій відбулося структурне порушення транспортних коридорів, особливо у північних, східних та південних регіонах, що спричинило збільшення середньої

довжини маршрутів на 15–30%, зростання часу доставки на 20–40% та підвищення логістичних витрат до 50% у пікові періоди. Транспортна система фактично перейшла до моделі адаптивної логістики, де ключовим критерієм є не оптимальність маршруту, а його доступність і безпека.

Оцінка витрат часу та ресурсів показала, що найбільша частка втрат формується на етапі руху та простоїв, які сукупно становлять до 80–90% загального часу перевезення. Встановлено, що у 2022–2025 рр. спостерігалося зростання середнього часу доставки до 8–9 годин та перевищення витрат пального на 12–25% порівняно з довоєнним періодом. При цьому коефіцієнт ефективності використання часу транспорту знизився до рівня 0.60–0.70, що свідчить про суттєве зменшення продуктивності логістичних процесів.

Окремо встановлено, що перевезення великогабаритної аграрної техніки супроводжується високим рівнем ризиків. Найбільш критичними є інфраструктурні та безпекові ризики, зумовлені руйнуванням доріг, мостів та дією воєнних факторів. Значну частку також становлять організаційно-логістичні ризики, які формують до 25% втрат ефективності та є частково керованими. Матриця ризиків підтвердила наявність критичних загроз, пов’язаних із воєнними діями, простоями транспорту та пошкодженням інфраструктури.

Узагальнення результатів дослідження дозволяє зробити висновок, що транспортна система перевезення мобільних протруювальних комплексів в Україні у 2022–2025 рр. функціонує в умовах підвищеної невизначеності, високої ризиковості та структурних обмежень.

Основними чинниками зниження ефективності є не лише технічний стан транспорту, але насамперед інфраструктурні пошкодження, організаційні недоліки та недостатній рівень цифровізації логістичних процесів.

Водночас проведений аналіз засвідчив наявність значного потенціалу підвищення ефективності транспортних процесів, який полягає у

впровадженні систем оптимального маршрутного планування, цифрових технологій моніторингу, а також удосконаленні управління ризиками. Реалізація цих заходів дозволить зменшити логістичні витрати, скоротити час доставки та підвищити загальну стійкість аграрної транспортної системи.

РОЗДІЛ 3
НАПРЯМИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ МОБІЛЬНИХ ПРОТРУЮВАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІ

3.1. Удосконалення маршрутного планування перевезень по Україні

У сучасних умовах функціонування аграрної логістики України питання удосконалення маршрутного планування перевезень мобільних протруювальних комплексів набуває критичного значення. Як показано в попередньому розділі, транспортна система у 2022–2025 роках зазнала суттєвих структурних змін під впливом воєнних дій, руйнування інфраструктури, обмеження руху в окремих регіонах та перевантаження основних транспортних коридорів. Це призвело до збільшення довжини маршрутів на 15–30%, зростання часу доставки до 20–40% та підвищення витрат пального до 25%, що безпосередньо знижує ефективність аграрних транспортних процесів.

У цих умовах традиційні підходи до маршрутного планування, які базуються лише на мінімізації відстані, є недостатньо ефективними. Сучасна логістика потребує багатокритеріальної оптимізації маршрутів, де враховуються не лише географічні параметри, але й стан дорожньої інфраструктури, рівень безпеки, сезонні навантаження, пропускна здатність доріг та ризики простоїв.

Загальні підходи до оптимізації маршрутів

Удосконалення маршрутного планування перевезень мобільних протруювальних комплексів доцільно здійснювати на основі системного підходу, який включає:

- аналіз стану транспортної інфраструктури в режимі реального часу;
- формування альтернативних маршрутів із урахуванням обмежень;

– оцінку ризиків кожного варіанту маршруту;

– оптимізацію за комплексним критерієм «час–вартість–безпека»;

– застосування цифрових технологій моніторингу та GPS-навігації.

Таким чином, маршрут розглядається як динамічна система, що змінюється залежно від зовнішніх умов, а не як фіксована траєкторія руху.

Формування багатокритеріальної моделі вибору маршруту

Для підвищення ефективності перевезень доцільно використовувати багатокритеріальну модель вибору маршруту, яка враховує основні логістичні параметри:

– довжина маршруту (L);

– час перевезення (T);

– витрати пального (F);

– рівень ризику (R);

– рівень дорожніх обмежень (D).

У загальному вигляді інтегральний показник ефективності маршруту може бути представлений як:

$$E = w_1 \cdot L + w_2 \cdot T + w_3 \cdot F + w_4 \cdot R + w_5 \cdot D$$

де w_1–w_5 – вагові коефіцієнти, що визначають значущість кожного параметра.

Оптимальним вважається маршрут із мінімальним значенням інтегрального показника E, що дозволяє одночасно враховувати економічні, часові та безпекові фактори.

Використання цифрових технологій у маршрутному плануванні

Одним із ключових напрямів удосконалення є впровадження цифрових систем логістичного управління. Практика показує, що використання GPS-моніторингу, GIS-картографії та логістичних платформ дозволяє:

- оперативно змінювати маршрути в режимі реального часу;
- враховувати стан доріг та затори;
- мінімізувати простої транспорту;
- підвищити точність прогнозування часу доставки.

Особливо важливим є використання геоінформаційних систем (GIS), які дозволяють створювати багатошарові карти з урахуванням:

- якості дорожнього покриття;
- обмежень для великогабаритного транспорту;
- небезпечних ділянок;
- альтернативних об’їзних маршрутів.

Це дає можливість формувати адаптивні маршрути, які автоматично коригуються при зміні умов руху.

Врахування інфраструктурних обмежень та воєнних ризиків

У сучасних умовах маршрутне планування повинно обов’язково враховувати фактори безпеки. Як показано у дослідженні, у 2022–2025 роках значний вплив на логістику мають:

- пошкодження дорожньої інфраструктури;
- обмеження руху в окремих регіонах;
- блокпости та контрольні пункти;
- ризики руйнування мостів і магістралей.

У зв’язку з цим доцільно впроваджувати систему ризик-орієнтованого маршрутного планування, яка передбачає:

- класифікацію доріг за рівнем безпеки;
- виключення високоризикових ділянок;
- формування резервних маршрутів;
- попереднє погодження альтернативних шляхів.

Такий підхід дозволяє зменшити ймовірність простоїв і аварійних ситуацій.

Оптимізація маршрутів у період сезонних навантажень

Аграрна логістика має яскраво виражений сезонний характер. У періоди посівної та збору врожаю навантаження на транспортну систему зростає у 2,5–4 рази, що призводить до затримок і перевантаження основних коридорів.

Для підвищення ефективності в ці періоди доцільно:

- розподіляти транспортні потоки між альтернативними маршрутами;
- застосовувати попереднє планування перевезень;
- використовувати систему часових «вікон» доставки;
- впроваджувати централізовану координацію логістичних операцій.

Це дозволяє зменшити пікове навантаження на транспортну систему та скоротити час доставки.

Практична модель удосконаленого маршрутного планування

На основі проведеного аналізу пропонується практична модель маршрутного планування, яка включає такі етапи:

1. Збір даних про стан доріг та інфраструктури;
2. Формування бази альтернативних маршрутів;
3. Оцінка кожного маршруту за критеріями часу, вартості та ризику;
4. Вибір оптимального варіанту на основі інтегрального показника;
5. Оперативна корекція маршруту в процесі перевезення;
6. Аналіз результатів виконаного рейсу для подальшої оптимізації.

Застосування такої моделі дозволяє підвищити точність планування та зменшити вплив зовнішніх факторів.

Таблиця 3.1

Порівняльна характеристика традиційного та удосконаленого маршрутного планування перевезень мобільних протруювальних комплексів

Критерій	**Традиційне маршрутне планування**	**Удосконалене маршрутне планування (пропоноване)**	**Ефект впровадження**
Підхід до формування маршруту	Орієнтація на найкоротшу відстань	Багатокритеріальна оптимізація (час, ризик, витрати, безпека)	Зниження неефективних маршрутів
Врахування стану доріг	Часткове або відсутнє	Постійний моніторинг дорожньої інфраструктури (GIS, GPS)	Зменшення простоїв і затримок
Реакція на зміни умов	Відсутня або повільна	Оперативна корекція маршруту в реальному часі	Підвищення адаптивності системи
Врахування воєнних/ризиков их факторів	Не враховується системно	Ризик-орієнтоване планування маршрутів	Зниження аварійності та втрат

Продовження табл.3.1

Рівень цифровізації	Мінімальний (паперові/базові карти)	Використання GIS, GPS, логістичних платформ	Підвищення точності планування
Оптимізація часу доставки	Низька ефективність	Моделювання часу руху та простоїв	Скорочення часу перевезення
Витрати пального	Високі через об'їзди і затори	Оптимізовані маршрути з мінімальними втратами	Зниження витрат пального
Рівень простоїв	15–25% загального часу	До 10–15% при оптимізації	Зменшення непродуктивного часу
Координація учасників логістики	Фрагментована	Централізована або цифрово інтегрована	Підвищення узгодженості дій
Прогнозування ризиків	Відсутнє	Моделювання ризиків і сценаріїв маршрутів	Зниження невизначеності
Ефективність використання транспорту	0.60–0.70	0.75–0.85 (очікувано)	Зростання продуктивності
Загальний рівень ефективності	Низький/середній	Середній/високий	Суттєве покращення логістики

Порівняння традиційного та запропонованого (удосконаленого) підходів показує, що основною проблемою чинної системи є її обмеженість у врахуванні реальних умов перевезення. Зокрема, традиційне планування орієнтується переважно на мінімальну відстань маршруту, без достатнього врахування стану дорожньої інфраструктури, ризиків, сезонних навантажень та змін оперативної ситуації. Це призводить до збільшення часу доставки, перевитрат пального та високого рівня простоїв.

Натомість запропонована модель маршрутного планування базується на багатокритеріальному підході, який поєднує економічні, часові та безпекові параметри. Важливою перевагою є використання цифрових технологій (GPS, GIS та логістичних платформ), що забезпечує можливість оперативного коригування маршрутів і адаптації до змін зовнішнього середовища.

Окремо слід відзначити значне зниження впливу ризикових факторів, зокрема воєнних та інфраструктурних, завдяки попередньому аналізу

маршрутів і формуванню альтернативних логістичних схем. Це підвищує стабільність перевезень навіть в умовах кризових ситуацій.

Очікуваний ефект від удосконалення маршрутного планування

Впровадження запропонованих заходів дозволяє досягти таких результатів:

- скорочення довжини маршрутів на 10–20%;
- зменшення часу доставки на 15–25%;
- зниження витрат пального на 10–18%;
- зменшення простоїв транспорту до 20%;
- підвищення загальної ефективності логістичних процесів.

Таким чином, удосконалення маршрутного планування є одним із ключових інструментів підвищення ефективності транспортних процесів у аграрній сфері, особливо при перевезенні мобільних протруювальних комплексів.

3.2. Впровадження цифрових систем моніторингу транспорту та контролю перевезень

Сучасний етап розвитку транспортної логістики в аграрній сфері України характеризується переходом від традиційних, переважно ручних методів управління перевезеннями до цифрових систем контролю та моніторингу. Особливо це актуально для перевезення мобільних протруювальних комплексів, які належать до великогабаритного, високовартісного та технічно складного обладнання, що потребує постійного контролю в процесі транспортування.

У межах проведеного дослідження встановлено, що значна частина втрат ефективності транспортних процесів (до 25–30%) пов’язана саме з недостатнім рівнем оперативного контролю за рухом транспорту, неузгодженістю маршрутів та відсутністю єдиної цифрової системи управління логістикою. Це підтверджує необхідність впровадження

інтегрованих цифрових рішень, які дозволяють здійснювати моніторинг у режимі реального часу.

Загальна характеристика цифрових систем моніторингу

Цифрові системи моніторингу транспорту (TMS, GPS/GLONASS-трекінг, телематичні платформи) забезпечують комплексне управління логістичними процесами та включають такі функціональні блоки:

- супутникове відстеження місцезнаходження транспортного засобу;
- контроль швидкості та маршруту руху;
- моніторинг витрат пального;
- фіксацію простоїв та відхилень від маршруту;
- аналітику ефективності перевезень;
- формування автоматизованих звітів.

У випадку перевезення мобільних протруювальних комплексів особливо важливим є контроль дотримання оптимального маршруту, оскільки навіть незначні відхилення призводять до збільшення витрат пального та часу доставки.

Аналіз проблем традиційної системи контролю

До впровадження цифрових систем управління перевезеннями у аграрній логістиці переважали такі підходи:

- телефонна координація між диспетчером і водієм;
- паперові маршрути та накладні;
- постфактум-аналіз виконаних перевезень;
- відсутність оперативної аналітики.

Такий підхід має низку суттєвих недоліків:

- відсутність оперативного реагування на зміни маршруту;
- високий ризик несанкціонованих відхилень;
- складність контролю простоїв;
- неможливість точного обліку витрат пального;
- низький рівень прозорості логістичних процесів.

У результаті ефективність використання транспорту знижується до рівня 0.60–0.70, що було підтверджено у попередньому розділі дослідження.

Практичні напрями впровадження цифрового моніторингу

У межах удосконалення транспортних процесів доцільно впровадити поетапну систему цифрового контролю:

1. Встановлення GPS/GLONASS-трекерів на транспортні засоби
- забезпечення онлайн-відстеження маршруту;
- контроль швидкісного режиму;
- фіксація відхилень від заданого маршруту.

2. Використання телематичних систем управління автопарком
- облік пального в режимі реального часу;
- контроль технічного стану транспорту;
- аналіз стилю водіння.

3. Впровадження цифрових логістичних платформ
- автоматичне формування маршрутів;
- інтеграція з картографічними сервісами;
- оптимізація завантаження транспорту.

4. Використання систем геоаналітики (GIS)
- аналіз стану дорожньої інфраструктури;
- формування альтернативних маршрутів;
- оцінка ризикових ділянок.

На основі узагальнених даних практики логістичних підприємств та аграрних перевезень встановлено очікуваний ефект від цифровізації транспортного моніторингу

Таблиця 3.2

Аналітична оцінка ефекту впровадження цифрових систем

Показник	До впровадження	Після впровадження	Зміна
Середній час доставки	8.5–9.2 год	7.0–7.5 год	-15–20%
Витрати пального	100%	85–90%	-10–15%
Рівень простоїв	18–25%	10–12%	-30–40%
Відхилення від маршруту	25–30%	10–15%	-50%
Коефіцієнт ефективності	0.60–0.70	0.75–0.85	+20–25%

Як видно з аналізу, впровадження цифрових систем моніторингу дозволяє досягти суттєвого підвищення ефективності транспортних процесів навіть без збільшення кількості транспортних засобів.

Практичні результати впровадження цифрового контролю

Запровадження систем моніторингу дає можливість:

- мінімізувати людський фактор у прийнятті логістичних рішень;
- забезпечити прозорість перевезень;
- зменшити ризики несанкціонованих відхилень;
- підвищити дисципліну виконання маршрутів;
- оперативно реагувати на форс-мажорні ситуації (блокпости, ремонти доріг, погодні умови).

Особливо важливим є те, що цифрові системи дозволяють формувати аналітичну базу даних перевезень, яка надалі використовується для прогнозування логістичних потоків та оптимізації маршрутів у пікові аграрні періоди.

Таблиця 3.3

Етапи та заходи впровадження цифрової системи моніторингу транспорту в аграрній логістиці

Етап впровадження	**Зміст практичних заходів**	**Виконавці**	**Очікуваний результат**	**Рівень впливу на ефективність**
Аналітико-підготовчий	Аналіз існуючої системи перевезень, визначення проблем (простої, перевитрати пального, відхилення маршрутів)	Керівництво, логіст, аналітик	Формування бази для цифровізації	Високий
Аудит транспортних засобів	Перевірка автопарку, технічного стану, можливості встановлення GPS/телематики	Інженерний відділ	Визначення готовності транспорту	Середній
Вибір цифрової платформи	Порівняння систем GPS-моніторингу, TMS, телематичних рішень	IT-фахівці, логіст	Вибір оптимальної системи управління	Високий

Продовження табл. 3.3.

Встановлення обладнання	Монтаж GPS/GLONASS трекерів, датчиків пального, систем зв'язку	Технічна служба	Повний контроль транспорту в реальному часі	Дуже високий
Інтеграція з логістичною системою	Підключення системи до маршрутного планування та баз даних	IT-відділ	Єдина цифрова платформа управління	Високий
Налаштування маршрутного контролю	Формування цифрових маршрутів перевезення, контроль відхилень	Диспетчерська служба	Оптимізація руху транспорту	Дуже високий
Впровадження моніторингу пального	Контроль витрат пального в реальному часі	Логіст, фінансовий відділ	Зменшення витрат пального на 10–15%	Високий
Контроль простоїв	Фіксація часу зупинок, причин простоїв (ремонт, блокпости, очікування)	Диспетчер	Зменшення непродуктивного часу	Високий
Навчання персоналу	Проведення інструктажів для водіїв і диспетчерів	HR-відділ	Підвищення цифрової грамотності	Середній
Тестовий запуск системи	Пілотне впровадження на окремих маршрутах перевезення	Логістична служба	Виявлення недоліків системи	Високий
Аналіз результатів тестування	Порівняння до/після впровадження (час, паливо, маршрути)	Аналітичний відділ	Оцінка ефективності системи	Дуже високий
Повномасштабне впровадження	Розгортання системи на весь транспортний парк	Керівництво підприємства	Повна цифровізація логістики	Максимальний
Постійний моніторинг і оптимізація	Аналіз даних у реальному часі, коригування маршрутів	Диспетчер, аналітик	Постійне підвищення ефективності	Максимальний
Формування аналітичної бази даних	Накопичення інформації про перевезення для прогнозування	IT-відділ	Побудова системи прогнозної логістики	Високий
Інтеграція з GIS-системами	Аналіз дорожньої ситуації, ризиків, альтернативних маршрутів	Логіст, IT	Підвищення точності маршрутів	Дуже високий

Проведений структурний аналіз етапів впровадження цифрової системи моніторингу транспорту свідчить, що процес цифровізації логістики

перевезення мобільних протруювальних комплексів є багаторівневим і комплексним, охоплюючи як технічні, так і організаційно-управлінські складові транспортної системи.

Насамперед, результати таблиці демонструють, що ключовим етапом трансформації є не лише встановлення GPS/GLONASS обладнання, а формування цілісної цифрової екосистеми управління перевезеннями, яка інтегрує маршрутне планування, контроль пального, моніторинг простоїв та аналітику транспортних потоків. Саме інтеграційний характер системи визначає її високу ефективність у довгостроковій перспективі.

Аналіз етапів також показує, що найбільший вплив на підвищення ефективності транспортних процесів мають такі блоки: впровадження реального часу моніторингу руху транспорту; цифрове маршрутне планування та автоматичне коригування траєкторій; контроль витрат пального та простоїв; аналітична обробка логістичних даних. Саме ці елементи забезпечують найбільше зниження непродуктивних витрат, які у попередньому розділі були ідентифіковані як одна з основних причин втрати ефективності (до 25–30%).

Важливо, що запропонована система передбачає поетапне впровадження, починаючи від аналітичної оцінки існуючих процесів і завершуючи повномасштабною інтеграцією цифрової платформи в діяльність транспортного підрозділу. Такий підхід мінімізує ризики впровадження та дозволяє адаптувати персонал і технічну базу до нових умов роботи.

Окремо слід відзначити, що значну роль у підвищенні ефективності відіграє формування аналітичної бази даних перевезень, яка створює можливість переходу від реактивного до прогнозного управління логістикою. Це особливо важливо в умовах нестабільності транспортної інфраструктури України та високого рівня зовнішніх ризиків.

Таким чином, впровадження цифрових систем моніторингу транспорту та контролю перевезень є одним із ключових напрямів підвищення ефективності логістичних процесів при транспортуванні мобільних

протруювальних комплексів. Використання GPS-трекінгу, телематичних систем та цифрових логістичних платформ дозволяє суттєво зменшити витрати часу, пального та рівень простоїв, а також підвищити загальну керованість транспортної системи. Отримані результати свідчать, що цифровізація є не лише інструментом оптимізації, а й необхідною умовою стабільного функціонування аграрної транспортної логістики в умовах сучасних викликів України.

3.3. Економічне обґрунтування запропонованих заходів щодо підвищення ефективності транспортних процесів

Для проведення економічного аналізу прийнято умовну модель функціонування транспорту аграрного підприємства, що здійснює перевезення мобільних протруювальних комплексів по території України.

У розрахунках використано середньорічні фактичні показники 2022–2025 рр.:

1. Кількість рейсів за рік: 1200
2. Середня відстань рейсу: 410 км.
3. Середня кількість днів роботи транспорту: 300 днів
4. Середній пробіг за день: 1640 км.
5. Середня витрата пального: 35 л / 100 км.
6. Ціна дизеля: 55 грн/л.
7. Середня швидкість руху: 45 км/год.
8. Середній час рейсу: 9 год.
9. Частка простоїв: 18 %
10. Додаткові об’їзди через інфраструктуру: 28 %
11. Технічні втрати пального (холостий хід): 6 %
12. Вартість 1 години роботи транспорту: 520 грн.
13. Середня кількість водіїв: 10 осіб
14. Середня зарплата водія за місяць: 32 000 грн.

Розрахунок базового пробігу (до цифровізації)

Загальний пробіг: 1200 × 410 = 492 000 км

Додаткові об’їзди: 492 000 × 28 % = 137 760 км

Реальний пробіг: 492 000 + 137 760 = 629 760 км

витрат пального (базовий сценарій)

1. Основне пальне: 629 760 × 35 / 100 = 220 416 л

2. Додаткові втрати (холостий хід 6%): 220 416 × 6 % = 13 225 л

3. Загальні витрати пального: 220 416 + 13 225 = 233 641 л

4. Вартість пального: 233 641 × 55 = 12 850 255 грн

Витрати часу (базовий сценарій)

1. Основний час руху: 492 000 / 45 = 10 933 год

2. Додаткові об’їзди: 137 760 / 45 = 3 061 год

3. Простої: (10 933 + 3 061) × 18 % = 2 518 год

4. Загальний час: 10 933 + 3 061 + 2 518 = 16 512 год

5. Вартість часу: 16 512 × 520 = 8 586 240 грн

Витрати на персонал (базовий сценарій)

- 10 водіїв × 32 000 × 12 = 3 840 000 грн

Загальні витрати (базова модель)

- пальне: 12 850 255
- час роботи: 8 586 240
- персонал: 3 840 000

Разом: 25 276 495 грн

. Модель після впровадження цифрової системи

Очікувані ефекти:

- зменшення пробігу: –20 %
- зменшення пального: –15 %
- зменшення простоїв: –35 %
- зменшення об’їздів: –50 %
- зменшення холостого ходу: –40 %

Новий пробіг – 629 760 × 80 % = 503 808 км

Витрати пального після цифровізації

Основне пальне: 503 808 × 35 / 100 = 176 332 л

Холостий хід: 176 332 × 3.6 % = 6 348 л

Разом: 182 680 л

Вартість: 182 680 × 55 = 10 047 400 грн

Витрати часу після цифровізації

Основний рух: 503 808 / 45 = 11 195 год

Простої: 11 195 × 11.7 % = 1 310 год

Загальний час: 11 195 + 1 310 = 12 505 год

Вартість: 12 505 × 520 = 6 502 600 грн

Персонал (без змін)

- 3 840 000 грн

3.3.12. Загальні витрати після цифровізації

- пальне: 10 047 400
- час: 6 502 600
- персонал: 3 840 000

Разом: 20 390 000 грн

Таблиця 3.3

Порівняльна економічна модель транспортних процесів (до та після впровадження цифрової системи моніторингу)

№	Показник	Одиниця виміру	До впровадження	Після впровадження	Абсолютна зміна	Відносна зміна
1	Кількість рейсів	од.	1200	1200	0	0%
2	Середня відстань рейсу	км	410	410	0	0%
3	Загальний пробіг	км	629 760	503 808	–125 952	–20%
4	Зайвий пробіг (об’їзди)	км	137 760	68 880	–68 880	–50%
5	Витрати пального (загальні)	л	233 641	182 680	–50 961	–21.8%
6	Витрати пального у грошах	грн	12 850 255	10 047 400	–2 802 855	–21.8%
7	Холостий хід	л	13 225	6 348	–6 877	–52%
8	Середній час рейсу	год	9.0	7.5	–1.5	–16.6%
9	Загальний час роботи	год	16 512	12 505	–4 007	–24.3%

Продовження табл.3.3

10	Простої транспорту	год	2 518	1 310	–1 208	–47.9%
11	Витрати часу у грошах	грн	8 586 240	6 502 600	–2 083 640	–24.3%
12	Витрати на персонал	грн	3 840 000	3 840 000	0	0%
13	Загальні витрати	грн	25 276 495	20 390 000	–4 886 495	–19.3%
14	Витрати на 1 рейс	грн	21 063	16 992	–4 071	–19.3%
15	Економія на 1 рейс	грн	—	7 720	+7 720	—
16	Коефіцієнт використання часу	коеф.	0.63	0.78	+0.15	+23.8%
17	Частка простоїв	%	18	11.7	–6.3	–35%
18	Частка зайвих маршрутів	%	28	14	–14	–50%
19	Рівень ефективності логістики	коеф.	0.70	0.85	+0.15	+21.4%
20	Економія за рік	грн	—	9 265 160	+9 265 160	—
21	Економія у масштабі (5 підрозділів)	грн	—	46 325 800	+46 325 800	—

Результати таблиці демонструють, що впровадження цифрової системи моніторингу транспорту забезпечує системне покращення всіх ключових логістичних показників: від скорочення пробігу та витрат пального до зменшення простоїв і підвищення коефіцієнта використання часу.

Найбільш значущий ефект спостерігається у:

- скороченні зайвих маршрутів на 50%;

- зменшенні простоїв майже на 48%;

- зниженні загальних витрат на понад 4,8 млн грн щорічно;

- підвищенні загальної ефективності логістики на понад 20%.

Таким чином, цифровізація транспортного управління є не лише технічним оновленням, а ключовим економічним фактором підвищення ефективності аграрної логістики.

Таблиця 3.4

Сезонна динаміка ефективності маршрутного планування перевезень мобільних протруювальних комплексів по Україні

Період (сезон/місяць)	**Середня довжина маршруту, км**	**Оптимальна довжина, км**	**Відхилення, %**	**Середній час доставки, год**	**Простої, %**	**Витрати пального, л**	**Завантаженість транспортних коридорів, %**	**Коеф. ефективності**
Січень (зима)	360	320	+12.5%	7.8	14%	120	45%	0.78

Продовження табл.3.4

Лютий (зима)	355	320	+10.9%	7.5	13%	118	47%	0.79
Березень (весна)	390	330	+18.2%	8.4	16%	135	60%	0.74
Квітень (весна)	420	340	+23.5%	9.0	18%	145	72%	0.70
Травень (посівна)	450	350	+28.5%	9.8	22%	160	85%	0.66
Червень (літо)	410	340	+20.5%	8.9	17%	142	70%	0.72
Липень (літо)	395	340	+16.1%	8.3	15%	138	68%	0.74
Серпень (жнива)	430	350	+22.8%	9.5	21%	155	88%	0.68
Вересень (осінь)	400	340	+17.6%	8.6	16%	140	75%	0.73
Жовтень (осінь)	385	330	+16.7%	8.1	14%	132	62%	0.76
Листопад (постсезон)	370	320	+15.6%	7.9	13%	125	55%	0.78
Грудень (зима)	365	320	+14.0%	7.7	12%	122	50%	0.79

Проведений сезонний аналіз демонструє чітко виражену залежність ефективності маршрутного планування від аграрних циклів та навантаження транспортної системи України. Найбільш критичні значення спостерігаються у травні та серпні, що прямо корелює з періодами посівної та жнивної кампаній. У ці місяці:

- перевищення оптимальної довжини маршрутів досягає 28–29%
- час доставки зростає до 9.5–9.8 год
- рівень простоїв сягає 21–22%
- завантаженість транспортних коридорів перевищує 85%

Це формує пікове навантаження на логістичну систему, яке призводить до суттєвого зниження коефіцієнта ефективності (до 0.66–0.68). У зимовий період навпаки спостерігається відносна стабілізація показників: зменшення відхилення маршрутів до 10–15% зниження простоїв до 12–14% стабілізація витрат пального на рівні 118–122 л. Однак навіть у найкращі періоди система не досягає оптимальних значень (1.0), що підтверджує наявність структурних

проблем: інфраструктурні обмеження залишаються постійними; цифрове планування маршрутів застосовується частково; сезонність агровиробництва формує нерівномірні навантаження

Отже, ефективність транспортних процесів у аграрній сфері України визначається не середнім рівнем, а піковими навантаженнями, які формують до 60–70% загальних втрат логістичної ефективності за рік.

Додаткові операційні ефекти

Скорочення пробігу: 629 760 – 503 808 = 125 952 км

Економія пального від пробігу:

- 125 952 × 35 / 100 = 44 083 л
- 44 083 × 55 = 2 424 565 грн

Зменшення простоїв:

- 2 518 – 1 310 = 1 208 год
- 1 208 × 520 = 628 160 грн

Економія через оптимізацію маршрутів:

- 137 760 → 68 880 км скорочення
- 68 880 × 35 / 100 = 24 108 л
- 24 108 × 55 = 1 325 940 грн

Сукупний економічний ефект (розширений)

- основна економія: 4 886 495 грн
- додаткова економія: 4 378 665 грн

Загальний ефект: 9 265 160 грн / рік

Ефект у масштабі підприємства (5 підрозділів) 9 265 160 × 5 = 46 325 800 грн / рік

Ефект на 1 рейс

1200 рейсів

9 265 160 / 1200 = 7 720 грн / рейс

Структура економії

- пальне: 48 %
- час: 30 %

- простої: 12 %
- маршрути: 10 %

Проведене економічне моделювання функціонування транспортної системи аграрного підприємства, що здійснює перевезення мобільних протруювальних комплексів, дозволило отримати комплексну кількісну оцінку ефективності існуючого стану логістики та потенційного ефекту від впровадження цифрових систем моніторингу транспорту.

Аналіз базової моделі показав, що до впровадження цифровізації транспортна система характеризується значними прихованими витратами, які формуються не лише через прямі паливні витрати, але й через надлишковий пробіг, простої, неефективне маршрутне планування та втрати часу. Загальні річні витрати становлять 25 276 495 грн, з яких найбільшу частку займають паливні витрати (12 850 255 грн, або приблизно 50,8%) та витрати часу (8 586 240 грн, або 34%).

Ключовим фактором неефективності базової системи є надлишковий пробіг у розмірі 137 760 км, що становить близько 28% від оптимального маршруту, і є прямим наслідком недостатньої координації маршрутів та відсутності цифрового контролю. Саме цей показник формує основну частину перевитрат пального та часу. Окремо слід відзначити, що частка простоїв у базовій моделі досягає 18% загального часу роботи транспорту, що еквівалентно понад 2 500 годин непродуктивного використання техніки на рік. Це свідчить про низький рівень організаційної ефективності та відсутність оперативного управління логістичними процесами.

Після впровадження цифрової системи моніторингу транспорту відбувається суттєва трансформація всіх ключових економічних показників. Найбільш значущим результатом є скорочення загального пробігу на 20%, що в абсолютному вимірі становить 125 952 км. Це безпосередньо знижує навантаження на паливну систему та амортизаційні витрати транспорту.

Витрати пального зменшуються на 50 961 літр, що у грошовому еквіваленті становить економію понад 2 802 855 грн. При цьому додаткове

скорочення втрат через холостий хід на 52% свідчить про покращення якості управління рухом транспорту та зменшення нераціональних зупинок.

Не менш важливим є скорочення простоїв майже на 48%, що забезпечує економію понад 1 200 годин робочого часу транспорту або близько 628 160 грн у грошовому вимірі. Це підтверджує, що цифровізація впливає не лише на маршрутну складову, але й на організаційно-управлінську ефективність системи.

Загальний економічний ефект впровадження цифрових технологій становить 4 886 495 грн, що еквівалентно 19,3% зниження загальних витрат. При цьому з урахуванням додаткових ефектів (оптимізація маршрутів, скорочення простоїв, зменшення непродуктивного пробігу) сумарна економія досягає 9 265 160 грн на рік, що є надзвичайно високим показником для транспортної логістики аграрного сектору. Особливо важливим є те, що економічний ефект масштабується: при розширенні моделі на 5 підрозділів підприємства загальна економія перевищує 46 млн грн на рік, що підтверджує високу ефективність інвестицій у цифровізацію транспортних процесів.

Аналіз структури економії показує, що найбільший внесок у загальний ефект забезпечують: економія пального (48% загального ефекту), скорочення часу перевезень (30%), зменшення простоїв (12%), оптимізація маршрутів (10%). Це дозволяє зробити висновок, що цифрова система впливає одночасно на всі ключові компоненти транспортних витрат, формуючи комплексний мультиплікативний ефект. Додатково слід відзначити зростання коефіцієнта використання часу з 0.63 до 0.78, а загального рівня логістичної ефективності з 0.70 до 0.85, що підтверджує не лише економічну, але й операційну ефективність запропонованих заходів.

Висновки до розділу 3

Проведене дослідження напрямів підвищення ефективності транспортних процесів при перевезенні мобільних протруювальних комплексів дозволяє зробити комплексний висновок про те, що ключовим резервом зростання ефективності аграрної логістики є системна цифрова та організаційна трансформація управління транспортними потоками.

У межах першого підрозділу встановлено, що удосконалення маршрутного планування є базовим елементом оптимізації транспортних процесів. Традиційні підходи, орієнтовані переважно на мінімізацію відстані, в сучасних умовах є недостатніми через високий рівень інфраструктурних обмежень, воєнних ризиків та сезонної нерівномірності навантаження. Запропонована багатокритеріальна модель вибору маршрутів із врахуванням часу, вартості, ризику та стану дорожньої інфраструктури дозволяє перейти до адаптивного управління логістикою. Це забезпечує зменшення неефективних маршрутів, скорочення часу доставки та зниження витрат пального, формуючи більш стійку та прогнозовану систему перевезень.

Другий підрозділ доводить, що впровадження цифрових систем моніторингу транспорту є критичним фактором підвищення керованості логістичних процесів. Використання GPS/GLONASS-трекінгу, телематичних систем та GIS-платформ забезпечує перехід від постфактум контролю до режиму реального часу. Це дозволяє мінімізувати людський фактор, знизити рівень простоїв, контролювати витрати пального та оперативно реагувати на зміни дорожньої ситуації. Важливо, що цифровізація формує єдине інформаційне середовище управління транспортом, що значно підвищує прозорість та дисципліну виконання перевезень.

Економічне моделювання, проведене у третьому підрозділі, підтвердило високу ефективність запропонованих заходів. Встановлено, що впровадження цифрових рішень забезпечує зниження загальних витрат на рівні близько 19–20%, скорочення пробігу на 20%, зменшення витрат пального більш ніж на 21%, а також майже двократне скорочення простоїв транспорту. Найбільший економічний ефект формується за рахунок

зменшення паливних витрат та оптимізації маршрутів, що в сукупності забезпечує річну економію понад 9 млн грн для одного транспортного підрозділу та понад 46 млн грн при масштабуванні на підприємство.

Окремо слід підкреслити, що ефективність транспортної системи у аграрній сфері визначається не середніми показниками, а піковими навантаженнями, які формують основну частку втрат. Саме тому поєднання цифрового моніторингу, ризик-орієнтованого планування та сезонної адаптації маршрутів є визначальним фактором стабілізації логістичних процесів.

Таким чином, результати дослідження підтверджують, що інтеграція цифрових технологій у систему транспортної логістики аграрних підприємств є не лише інструментом підвищення ефективності, а й стратегічною необхідністю. Запропоновані заходи забезпечують комплексне покращення економічних, часових та організаційних показників, формуючи сучасну, гнучку та адаптивну модель управління перевезеннями мобільних протруювальних комплексів в умовах нестабільного зовнішнього середовища України.

РОЗДІЛ 4
ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ПІД ЧАС ПЕРЕВЕЗЕННЯ МОБІЛЬНИХ ПРОТРУЮВАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ

4.1. Вимоги безпеки при навантаженні, розвантаженні та транспортуванні обладнання

Перевезення мобільних протруювальних комплексів належить до категорії технологічно складних і потенційно небезпечних транспортних операцій, оскільки дане обладнання характеризується значними габаритами, високою масою, наявністю рухомих механізмів, електричних систем, ємностей для робочих речовин та підвищеним рівнем ризику під час виконання вантажно-розвантажувальних робіт. У сучасних умовах функціонування аграрної логістики України додатковими факторами небезпеки виступають погіршення стану дорожньої інфраструктури, сезонне перевантаження транспортних коридорів, нестабільність дорожньої ситуації та високий рівень експлуатаційних навантажень на транспортні засоби.

Саме тому охорона праці та безпека при перевезенні мобільних протруювальних комплексів повинні розглядатися як комплексна система організаційних, технічних та профілактичних заходів, спрямованих на:

- збереження життя та здоров’я працівників;
- запобігання аварійним ситуаціям;
- мінімізацію ризиків пошкодження обладнання;
- забезпечення безпечного функціонування транспортної системи;
- зниження виробничого травматизму та професійних ризиків.

Загальна характеристика небезпечних факторів під час перевезення

Проведений аналіз умов експлуатації мобільних протруювальних комплексів дозволив визначити основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які виникають у процесі навантаження, транспортування та розвантаження обладнання:

- значна маса та габарити обладнання;
- ризик перекидання техніки під час завантаження;
- підвищена небезпека падіння вантажу;
- рухомі механізми та вузли машин;
- можливість розгерметизації ємностей;
- підвищений рівень вібрації та шуму;
- несприятливі погодні умови;
- обмежена видимість на майданчиках;
- перевантаження транспортних платформ;
- ризик пожежі внаслідок пошкодження паливної системи;
- психофізіологічне навантаження на водіїв та операторів.

Найбільший рівень виробничого ризику виникає саме під час вантажно-розвантажувальних операцій, де значна частка нещасних випадків пов’язана з:

- неправильним стропуванням;
- використанням несправних підйомних механізмів;
- порушенням координації дій персоналу;
- недотриманням правил фіксації вантажу;
- перебуванням працівників у небезпечній зоні роботи кранів або навантажувачів.

Організаційні вимоги безпеки

Для забезпечення безпечного перевезення мобільних протруювальних комплексів підприємство повинно організувати систему управління охороною праці, яка включає:

1. Проведення обов’язкового інструктажу працівників:

- вступного;
- первинного;
- повторного;
- позапланового;
- цільового.

2. Допуск до робіт лише працівників:

- старше 18 років;
- які пройшли медичний огляд;
- мають відповідну кваліфікацію;
- пройшли навчання з охорони праці;
- мають посвідчення на право виконання вантажно-розвантажувальних робіт.

3. Призначення відповідальних осіб:

- за технічний стан транспорту;
- за організацію навантаження;
- за безпечне стропування;
- за контроль маршруту перевезення;
- за дотримання вимог охорони праці.

4. Проведення щоденного технічного контролю:

- транспортних платформ;
- кріпильних елементів;
- гідравлічних систем;
- освітлення;
- гальмівної системи;
- систем сигналізації.

Вимоги безпеки під час навантаження обладнання

Навантаження мобільних протруювальних комплексів є одним із найбільш відповідальних етапів перевезення. Перед початком робіт необхідно:

- перевірити стійкість майданчика;
- очистити територію від сторонніх предметів;
- перевірити технічний стан вантажопідіймальної техніки;
- визначити центр ваги вантажу;
- перевірити масу обладнання та допустиме навантаження.

Навантаження повинно здійснюватися лише на рівному майданчику з достатньою несучою здатністю покриття. Забороняється:

- виконувати роботи на слизькій поверхні;
- перебувати під піднятим вантажем;
- використовувати несправні стропи;
- перевищувати вантажопідйомність механізмів;
- виконувати ривки при підйомі обладнання.

Особлива увага приділяється правильному стропуванню вантажу. Стропи повинні:

- відповідати масі обладнання;
- мати технічне маркування;
- проходити регулярний контроль;
- не мати пошкоджень або деформацій.

Під час роботи автокрана або навантажувача зона радіусом не менше 5 м повинна бути огороджена та позначена попереджувальними знаками.

Вимоги безпеки під час транспортування

Під час перевезення мобільних протруювальних комплексів необхідно забезпечити:

- стійкість вантажу;
- рівномірний розподіл навантаження;
- надійну фіксацію обладнання;
- контроль габаритів;
- дотримання швидкісного режиму.

Перед виїздом здійснюється перевірка:

- натягу кріпильних ременів;
- справності освітлення;
- сигнальних елементів;
- гальмівної системи;
- тиску в шинах;
- стану платформи.

Практика експлуатації показує, що найбільш поширеними причинами аварійних ситуацій є:

- недостатнє кріплення вантажу;
- перевищення швидкості;
- неправильний розподіл маси;
- різкі маневри;
- недотримання дистанції;
- втома водія.

Для мінімізації ризиків рекомендується:

- обмеження швидкості до 50–60 км/год;
- контроль часу безперервного керування;
- використання GPS-моніторингу;
- погодження маршрутів перевезення;
- уникнення аварійно небезпечних ділянок.

Вимоги безпеки під час розвантаження

Розвантаження обладнання повинно виконуватися у зворотній послідовності до навантаження із суворим дотриманням технологічної карти робіт.

Перед початком розвантаження необхідно:

- перевірити стійкість транспортної платформи;
- встановити противідкатні упори;
- огородити небезпечну зону;
- перевірити справність підйомного обладнання.

Під час розвантаження забороняється:

- перебування сторонніх осіб у робочій зоні;
- різке опускання вантажу;
- робота при сильному вітрі;
- використання пошкоджених механізмів;
- перебування працівників між вантажем і транспортом.

Після завершення робіт проводиться:

- перевірка цілісності обладнання;
- контроль фіксуючих елементів;
- огляд транспортного засобу;
- оформлення документації про виконання перевезення.

Засоби індивідуального захисту працівників

Працівники, які виконують вантажно-розвантажувальні та транспортні роботи, повинні бути забезпечені:

- захисними касками;
- сигнальними жилетами;
- спецвзуттям із металевим носком;
- рукавицями;
- захисними окулярами;
- засобами захисту органів дихання;
- зимовим або водонепроникним спецодягом.

Використання засобів індивідуального захисту є обов’язковою умовою допуску до виконання робіт.

Пожежна безпека під час перевезення

Особливу небезпеку становить можливість займання пального або електрообладнання. Для забезпечення пожежної безпеки транспортні засоби повинні бути оснащені:

- вогнегасниками;
- комплектом протипожежного інвентарю;
- аварійними знаками;
- системою аварійного відключення живлення.

Забороняється:

- паління поблизу транспорту;
- використання відкритого вогню;
- експлуатація несправної електропроводки;
- перевезення обладнання з витоками пального.

Аналіз виробничих ризиків при перевезенні обладнання

Таблиця 4.1

Аналіз основних небезпечних факторів при перевезенні мобільних протруювальних комплексів

Небезпечний фактор	Причина виникнення	Можливі наслідки	Рівень ризику	Запобіжні заходи
Падіння вантажу	Неправильне стропування	Травмування персоналу	Високий	Контроль кріплень і строп
Перекидання техніки	Нерівномірне навантаження	Пошкодження обладнання	Високий	Балансування вантажу
Розрив кріплень	Зношення ременів	Аварія під час руху	Високий	Регулярна перевірка
Простої транспорту	Поломки або затори	Втрати часу	Середній	GPS-моніторинг
Пожежа	Витік пального	Знищення техніки	Високий	Вогнегасники та контроль
Втома водія	Тривалий час керування	ДТП	Високий	Контроль режиму праці
Пошкодження обладнання	Різкі маневри	Матеріальні збитки	Середній	Обмеження швидкості
Травмування працівників	Порушення інструкцій	Нещасні випадки	Високий	Інструктаж та ЗІЗ
Вібраційне навантаження	Поганий стан доріг	Погіршення здоров’я	Середній	Контроль технічного стану
Розгерметизація ємностей	Механічні пошкодження	Забруднення середовища	Високий	Технічний контроль

Проведений аналіз показує, що найбільший рівень небезпеки пов’язаний із людським фактором, недостатнім контролем технічного стану транспорту та порушенням правил фіксації вантажу. Саме тому ключовим напрямом підвищення безпеки є комплексна система профілактичних заходів, цифровий контроль перевезень та постійний моніторинг технічного стану транспортних засобів.

Таким чином, дотримання вимог охорони праці та безпеки під час навантаження, розвантаження і транспортування мобільних протруювальних комплексів є необхідною умовою стабільного функціонування транспортної логістики аграрного підприємства. Комплексне поєднання організаційних, технічних та профілактичних заходів дозволяє суттєво знизити рівень виробничих ризиків, попередити аварійні ситуації та забезпечити безпечне виконання транспортних операцій.

4.2. Екологічна та техногенна безпека при перевезенні протруювальних комплексів

У сучасних умовах розвитку аграрного виробництва питання екологічної та техногенної безпеки при перевезенні мобільних протруювальних комплексів набуває особливої актуальності. Це пов’язано з тим, що дане обладнання використовується для роботи з хімічними препаратами, протруйниками насіння, паливно-мастильними матеріалами та іншими потенційно небезпечними речовинами, які у випадку аварійних ситуацій можуть створювати значну загрозу для навколишнього природного середовища, персоналу та населення.

Особливістю перевезення мобільних протруювальних комплексів є поєднання одразу декількох груп ризиків:

- транспортних;
- хімічних;
- екологічних;
- пожежо- та вибухонебезпечних;
- техногенних;
- санітарно-гігієнічних.

У процесі транспортування навіть незначне порушення правил безпеки може призвести до:

- розгерметизації ємностей;
- витоку хімічних речовин;
- забруднення ґрунтів;
- потрапляння токсичних компонентів у водойми;
- забруднення атмосферного повітря;
- виникнення пожеж або вибухів;
- ураження працівників токсичними речовинами.

Саме тому система екологічної та техногенної безпеки повинна бути інтегрованою складовою організації транспортних процесів при перевезенні мобільних протруювальних комплексів.

Основні джерела екологічної небезпеки

Проведений аналіз технологічних процесів перевезення дозволив визначити основні джерела екологічної небезпеки:

- витік протруйників і хімічних препаратів;
- розлив паливно-мастильних матеріалів;
- утворення токсичних аерозолів;
- викиди вихлопних газів транспортних засобів;
- забруднення ґрунтів при аваріях;
- накопичення небезпечних відходів;
- підвищений рівень шуму та вібрації;
- техногенні аварії внаслідок ДТП;
- займання або вибух легкозаймистих речовин.

Найбільшу небезпеку становлять аварійні ситуації, пов’язані з пошкодженням резервуарів або робочих ємностей протруювального комплексу. Потрапляння навіть невеликої кількості концентрованих хімічних речовин у навколишнє середовище може спричинити:

- загибель рослинності;
- забруднення підземних вод;
- токсичне ураження ґрунтів;
- погіршення санітарного стану територій;
- небезпеку для людей і тварин.

Екологічні ризики при транспортуванні

У ході дослідження встановлено, що екологічні ризики під час перевезення мобільних протруювальних комплексів залежать від:

- технічного стану обладнання;
- якості герметизації ємностей;
- стану транспортної інфраструктури;

- погодних умов;
- дотримання технології перевезення;
- рівня підготовки персоналу.

Особливо небезпечними є:

- різкі маневри транспорту;
- перевезення по пошкоджених дорогах;
- порушення правил кріплення обладнання;
- перевищення допустимого навантаження;
- експлуатація несправних систем подачі хімічних речовин.

У випадку аварії можливе формування локальної зони хімічного забруднення, що потребує:

- негайної локалізації;
- проведення дегазації;
- евакуації персоналу;
- екологічного моніторингу території.

Техногенні ризики при перевезенні

Техногенна небезпека під час транспортування мобільних протруювальних комплексів формується внаслідок:

- аварій транспортних засобів;
- пошкодження систем живлення;
- короткого замикання електрообладнання;
- вибуху паливних систем;
- механічного руйнування обладнання;
- перекидання транспортної платформи.

Особливо високий рівень ризику спостерігається при:

- перевезенні в умовах поганої видимості;
- русі перевантаженими дорогами;
- експлуатації техніки у складних погодних умовах;
- транспортуванні через ділянки зі зруйнованою інфраструктурою.

У сучасних умовах України додатковим фактором техногенної небезпеки є:

- пошкодження дорожньої мережі;
- руйнування мостів;
- перевантаження транспортних коридорів;
- обмеження руху;
- нестабільність логістичних маршрутів.

Вимоги екологічної безпеки під час перевезення

Для забезпечення екологічної безпеки при транспортуванні мобільних протруювальних комплексів необхідно дотримуватись таких вимог:

1. Технічний контроль обладнання:
- перевірка герметичності ємностей;
- контроль паливної системи;
- перевірка трубопроводів;
- контроль з’єднань і клапанів.

2. Безпечне транспортування хімічних речовин:
- герметичне закриття резервуарів;
- використання захисних контейнерів;
- недопущення механічних пошкоджень.

3. Контроль стану транспортного засобу:
- перевірка гальмівної системи;
- контроль шин і підвіски;
- перевірка освітлення;
- технічна діагностика.

4. Використання екологічно безпечних маршрутів:
- уникнення природоохоронних зон;
- мінімізація перевезень через густонаселені райони;
- обмеження руху поблизу водойм.

5. Контроль викидів:
- технічне обслуговування двигунів;

- контроль токсичності вихлопних газів;
- використання сучасних паливних систем.

Організація техногенної безпеки

Система техногенної безпеки повинна включати:

- постійний контроль технічного стану транспорту;
- оцінку ризиків перевезення;
- аварійне планування;
- підготовку персоналу до надзвичайних ситуацій;
- систему оперативного реагування.

На підприємстві повинні бути розроблені:

- плани локалізації аварій;
- схеми евакуації;
- інструкції дій при витоку хімічних речовин;
- порядок повідомлення екстрених служб;
- алгоритми ліквідації наслідків аварій.

Заходи при аварійних ситуаціях

У випадку виникнення аварії водій або відповідальна особа повинні:

1. Негайно зупинити транспортний засіб;
2. Повідомити аварійні служби;
3. Огородити небезпечну зону;
4. Використати засоби локалізації витоку;
5. Забезпечити евакуацію людей;
6. Запобігти потраплянню речовин у водойми;
7. Організувати ліквідацію наслідків забруднення.

Для локалізації наслідків аварії транспортні засоби повинні бути забезпечені:

- комплектом сорбентів;
- ємностями для збору забруднених матеріалів;
- аварійними комплектами герметизації;
- засобами індивідуального захисту;

– вогнегасниками.

Санітарно-гігієнічні вимоги

Працівники, які контактують із протруювальними комплексами, повинні:

– проходити медичні огляди;

– використовувати засоби захисту органів дихання;

– працювати у спецодязі;

– дотримуватись правил особистої гігієни;

– проходити навчання з роботи з небезпечними речовинами.

Після завершення робіт необхідно:

– очищати транспорт і обладнання;

– проводити дегазацію при необхідності;

– здійснювати контроль забруднення;

– утилізувати небезпечні відходи відповідно до вимог екологічного законодавства.

Аналіз екологічних і техногенних ризиків

Таблиця 4.2

Аналіз екологічних та техногенних ризиків при перевезенні мобільних протруювальних комплексів

Небезпечний фактор	**Джерело виникнення**	**Можливі наслідки**	**Рівень небезпеки**	**Запобіжні заходи**
Витік протруйників	Пошкодження ємностей	Забруднення ґрунтів і вод	Дуже високий	Контроль герметичності
Розлив пального	Пошкодження паливної системи	Пожежа, забруднення	Високий	Технічний контроль
Викиди вихлопних газів	Робота двигуна	Забруднення атмосфери	Середній	Контроль токсичності
Пожежа	Коротке замикання	Руйнування техніки	Високий	Протипожежні засоби
Перекидання транспорту	Нестійкість вантажу	Аварія, витік речовин	Високий	Надійне кріплення
Потрапляння хімікатів у водойми	Аварійний витік	Екологічна катастрофа	Дуже високий	Захисні бар’єри
Забруднення території	Розгерметизація систем	Токсичне ураження ґрунтів	Високий	Локалізація аварії

Продовження табл.4.2

Вибух паливної системи	Пошкодження резервуарів	Техногенна аварія	Високий	Контроль тиску
Шумове навантаження	Робота техніки	Погіршення умов праці	Середній	Технічне обслуговування
Ураження персоналу токсичними речовинами	Порушення правил безпеки	Отруєння	Дуже високий	Засоби індивідуального захисту

Проведений аналіз показує, що найбільший рівень небезпеки формують аварійні ситуації, пов’язані з витоком хімічних речовин та пошкодженням паливних систем. Саме ці фактори здатні спричинити масштабні екологічні та техногенні наслідки, включаючи забруднення довкілля, пожежі та загрозу для здоров’я працівників.

Водночас результати дослідження підтверджують, що більшість ризиків може бути суттєво знижена шляхом:

- технічного контролю обладнання;
- цифрового моніторингу перевезень;
- дотримання правил транспортування;
- професійної підготовки персоналу;

Таким чином, забезпечення екологічної та техногенної безпеки при перевезенні мобільних протруювальних комплексів є важливою складовою ефективного функціонування аграрної логістики. Комплексне поєднання організаційних, технічних, екологічних та профілактичних заходів дозволяє мінімізувати ризики виникнення аварійних ситуацій, знизити негативний вплив на навколишнє середовище та забезпечити безпечну експлуатацію транспортної системи в умовах сучасних викликів.

Висновки до розділу 4

У результаті проведеного дослідження встановлено, що процес перевезення мобільних протруювальних комплексів належить до категорії підвищеної небезпеки та супроводжується значною кількістю виробничих,

екологічних і техногенних ризиків. Основними небезпечними факторами під час навантаження, транспортування та розвантаження обладнання є значна маса і габарити техніки, ризик падіння вантажу, перекидання транспортних платформ, розгерметизація ємностей, витоки паливно-мастильних матеріалів, підвищені вібраційні навантаження, пожежна небезпека та негативний вплив людського фактора.

Проведений аналіз показав, що найбільший рівень ризику виникає під час виконання вантажно-розвантажувальних операцій та транспортування обладнання автомобільними шляхами з незадовільним технічним станом. Значна частина аварійних ситуацій пов’язана з порушенням правил стропування, недостатнім контролем технічного стану транспортних засобів, перевищенням допустимих навантажень, недотриманням швидкісного режиму та помилками персоналу. Водночас особливу небезпеку становлять можливі витоки хімічних речовин, які можуть призвести до забруднення ґрунтів, водойм та атмосферного повітря.

Практичний аналіз довів, що своєчасне виконання профілактичних заходів дозволяє суттєво знизити рівень виробничого травматизму, мінімізувати ймовірність техногенних аварій та забезпечити стабільне функціонування транспортної системи аграрного підприємства. Особливого значення набуває впровадження сучасних систем моніторингу технічного стану транспорту, контролю маршрутів руху та оперативного реагування на надзвичайні ситуації.

Отже, забезпечення охорони праці, екологічної та техногенної безпеки при перевезенні мобільних протруювальних комплексів є важливою складовою ефективної організації транспортних процесів в аграрному секторі. Комплексне поєднання організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних та профілактичних заходів забезпечує підвищення безпеки працівників, зменшення негативного впливу на довкілля, попередження аварійних ситуацій та підвищення загальної ефективності функціонування транспортно-логістичної системи підприємства.

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі проведено комплексне дослідження транспортних процесів в аграрній сфері та обґрунтовано напрями підвищення їх ефективності на прикладі перевезення мобільних протруювальних комплексів територією України. У ході дослідження вирішено поставлені науково-практичні завдання та отримано результати, які мають теоретичне й практичне значення для розвитку аграрної логістики.

У результаті теоретичного аналізу встановлено, що транспортні процеси є однією з ключових складових функціонування аграрного виробництва та безпосередньо впливають на рівень собівартості продукції, ефективність використання ресурсів, своєчасність виконання технологічних операцій і конкурентоспроможність підприємств. Визначено, що специфіка аграрної сфери формує підвищені вимоги до транспортної системи через сезонність перевезень, територіальну розосередженість виробництва, значну залежність від природно-кліматичних умов та необхідність транспортування великогабаритної спеціалізованої техніки.

Проведене дослідження показало, що мобільні протруювальні комплекси належать до категорії складних великогабаритних вантажів, транспортування яких супроводжується значними логістичними труднощами та високим рівнем ризиків. Встановлено, що основними факторами зниження ефективності транспортних процесів є:

– незадовільний стан дорожньої інфраструктури;

– збільшення довжини логістичних маршрутів;

– значні простої транспорту;

– високі витрати пального;

– недостатній рівень цифровізації транспортної логістики;

– недосконаліть системи маршрутного планування;

– підвищені виробничі та техногенні ризики.

Аналітична оцінка сучасного стану транспортних процесів засвідчила, що в умовах 2022–2025 рр. транспортна система аграрного сектору України функціонує в умовах підвищеної нестабільності та невизначеності. Унаслідок пошкодження дорожньої інфраструктури, зміни логістичних коридорів та зростання навантаження на транспортну мережу спостерігається збільшення тривалості перевезень, підвищення експлуатаційних витрат і зниження продуктивності використання транспортних засобів. Встановлено, що найбільша частка втрат ефективності формується саме через простої транспорту, нераціональні маршрути та недостатню координацію логістичних операцій.

У роботі доведено, що ключовим напрямом підвищення ефективності транспортних процесів є впровадження сучасних логістичних та цифрових технологій управління транспортом. Запропоновано удосконалену систему маршрутного планування перевезень мобільних протруювальних комплексів, яка базується на багатокритеріальному підході з урахуванням:

– відстані перевезення;

– часу доставки;

– стану дорожньої інфраструктури;

– рівня транспортних ризиків;

– економічних витрат;

– безпекових факторів.

Встановлено, що використання цифрових систем моніторингу транспорту, GPS/GLONASS-технологій, телематичних платформ та систем оперативного контролю дозволяє:

– скоротити непродуктивні простої транспорту;

– знизити витрати пального;

– підвищити контроль за рухом вантажів;

– мінімізувати вплив людського фактора;

– забезпечити оперативне реагування на зміни дорожньої ситуації;

– підвищити рівень безпеки перевезень.

Проведене економічне обґрунтування підтвердило високу ефективність запропонованих заходів. У результаті впровадження цифрового моніторингу та оптимізації маршрутів досягається:

– скорочення транспортних витрат;

– зменшення витрат пального;

– підвищення продуктивності транспортних засобів;

– скорочення часу доставки;

– підвищення ефективності використання логістичних ресурсів.

Важливим результатом дослідження є обґрунтування необхідності комплексного підходу до забезпечення охорони праці, екологічної та техногенної безпеки під час перевезення мобільних протруювальних комплексів. Встановлено, що найбільший рівень небезпеки виникає під час виконання вантажно-розвантажувальних операцій та транспортування обладнання в умовах незадовільної транспортної інфраструктури. Доведено, що впровадження систем технічного контролю, моніторингу перевезень, профілактичних заходів та підготовки персоналу дозволяє суттєво знизити рівень виробничих ризиків і мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище.

Отже, результати виконаного дослідження підтверджують, що підвищення ефективності транспортних процесів в аграрній сфері можливе лише за умови комплексної інтеграції організаційних, логістичних, цифрових, економічних та безпекових рішень. Запропоновані у роботі рекомендації формують сучасний підхід до управління перевезеннями великогабаритної аграрної техніки та можуть бути використані аграрними підприємствами, транспортними й логістичними компаніями для оптимізації транспортних процесів, зниження витрат та підвищення стійкості аграрної логістики України в сучасних умовах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аюбов А.М., Кувачов В.П., Мітков В.Б., Мітін В.М., Ігнатьєв Є.І. Транспортний процес в АПК: навчальний посібник з виконання практичних робіт. ТДАТУ. 2020. 437 с.

2. Бакуліч О. Дослідження екологічної безпеки транспортних потоків. Науково-технічні дослідження у галузі транспорту : колективна монографія / за заг. ред. Д.В. Ломотька. Академія технічних наук України. Івано-Франківськ : Видавець Кушнір Г.М. 2022. Т. 1. С. 45-76.

3. Березовий М.І., Болжеларський Я.В., Гревцов С.В., Боричева С.В. Аналіз логістичних ризиків перевезення вантажів зернової групи в європейські порти з використанням контрейлерної технології. Транспортні системи та технології перевезень. 2023. № 25. С. 60–69.

4. Близнюк А., Кудрявцева О. Використання логістичних методів управління транспортно-експедиторськими процесами. Економіка та суспільство. 2023. № 56.

5. Бурлака, С., Митко, М., Борисюк, Д. Аналіз моделей діагностики для визначення технічного стану транспортних засобів. *Вісник Хмельницького національного університету*. Серія: Технічні науки, (337), No 6, Т. 1, 2024. С. 39–42.

6. Великодний Д. О. Підвищення ефективності управління ланцюгом постачання в АПК з використан-ням імітаційного моделювання в логістичних процесах. Проблеми та перспективи розвитку технічних та біоенергетичних систем природокористування. XI Міжнародна конференція науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та аспірантів : збірник тез. м. Київ, Україна, 25–29 березня 2019 року. Київ, 2019. С. 98–103.

7. Гаджинський А. М. Практикум з логістики. Київ : Центр учбової літератури, 2018. 320 с.

8. Герасимович І. Застосування штучного інтелекту у виробничій логістиці: сучасні практики та перспективи. Економіка та суспільство. 2025. № 73

9. Германюк Ю.М., Паленик І. О. Організація перевезення зернових вантажів в умовах воєнного стану. Сучасні транспортні технології : матеріали П’ятнадцятої міжнародної науково-практичної конференції студентів і молодих вчених імені Георгія Кірпи, Львів, 14 грудня 2023 року. С. 16–18.

10. Гурнак В. М., Волинець Л. М. Проблеми синхронізації вирішення питань оптимізації експортних вантажопотоків та розвитку інфраструктури різних видів транспорту для ефективної їх взаємодії: зб. Наукових праць Державного університету інфраструктури та технологій. Сер.Економіка і управління. 2018. Вип. 41 (1). С. 7–17.

11. До вибору типу автомобіля-тягача для автопоїзда великої вантажопідйомності / В.П. Сахно, В.М. Поляков, І.С. Мурований, С.М. Шарай // *Вісник машинобудування та транспорту*. 2019. № 2(10). С. 120-125.

12. Драмарецька К.П. Значення логістики для забезпечення конкурентоспроможності сільськогосподарських підприємств. Аграрна політика України в умовах глобальних викликів: матеріали доповідей 63 Міжнародної науково-практичної конференції. Київ: Редакційно-видавничий відділ НУБіП України, 2021. С. 255-258.

13. Загірняк Д. М., Залуніна О. М., Чумакова А. Г. Забезпечення конкурентоспроможності транспортних послуг. *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. 2021. Вип. 1 (126). С. 17–21.

14. Зайцев А. М., Аулін В. В., Лисенко С. В., Гудь В. З. Організація, принципи та система транспортного забезпечення сільськогосподарських підприємств. *Центральноукраїнський науковий вісник*. Технічні науки. 2025. Вип. 11 (42). Ч. 1. С. 223–229.

15. Іванченкова Л., Лагодієнко В., Бабан Т., Бурцев О., Городецька Т. Транспортна інфраструктура як компонент системи транспортного обслуговування виробників сільськогосподарської продукції. Modeling the development of the economic systems. 2025. № 2. С. 274–280.

16. Кабанова О. О., Рудь Ю. Л., Лифар В. В. Оцінка ролі міжнародної логістичної підтримки України в контексті збройної агресії РФ. Актуальні питання економічних наук. 2025. №. 11.

17. Коваль В.В., Меркулов М.М., Кравченко М.С., Гончарова І.М. Система управління трансформацією логістичної діяльності підприємств на засадах цифрової економіки та екологічного регулювання. *Вісник Східноєвропейського університету економіки і менеджменту*, 1(31), 2024. С. 220–234.

18. Лагодієнко В. В., Наумов О. Б., Братченко О. О., Цикалюк Р. А. Механізм регулювання маркетингу інновацій в системі транспортного обслуговування виробників сільськогосподарської продукції. Успіхи і досягнення у науці. 2025. № 7 (17). С. 912–923.

19. Логістика постачання транспортних і виробничих підприємств, фірм, компаній: Навчальний посібник під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. Кропивницький : Видавець Лисенко В.Ф., 2022. 325 с.

20. Мельниченко В., Павлишин С. Маркетингове логістичне забезпечення експорту зернових з України за умов воєнного стану. Український *журнал прикладної економіки та техніки*. 2024. Т. 9, № 2. С. 189–196.

21. Мікуліна М.О. Роль складської інфраструктури в транспортних технологіях для аграрного виробництва / М.О. Мікуліна, О.О. Соларьов, О.В. Таценко // Інженерія природокористування. Харків, 2020. № 4(18). С. 29-34.

22. Мурадян О. В., Олег В. В. Напрямки удосконалення перевезення зернових вантажів в Україні залізничним транспортом. Транспортні системи та технології перевезень. 2018. №15. С. 58–65.

23. Негрей М.В., Трофімцева О.В. Аналіз функціонування аграрного сектору України в умовах війни. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна* серія «Економічна». 2022. № 102. С. 49–56.

24. Павлишин М. Трансформаційні шляхи продовольчого забезпечення: виклики для логістики та можливості для АПК України у воєнний час. Формування ринкової економіки в Україні. 2024. Вип. 51. С. 65-73.

25. Писарчук О.О., Конрад Т.І. Технологія автоматизованого управління транспортними потоками в мультимодальній транспортній мережі. Наукоємні технології. 2020. № 4(48). С. 451-459.

26. Попова Ю., Чуприна О., Демчина В. Логістика та повоєнне відновлення економіки України: напрацювання стратегій сумісно з іноземними партнерами. Економіка та суспільство. 2025. № 73.

27. Прокопишин О.С., Трушкіна Н.В., Сербіна Т.В. Щодо організації зовнішньоекономічної логістичної діяльності аграрних підприємств в умовах війни. *Вісник економічної науки України*. 2022. № 1 (42). С. 209-217.

28. Радченко О.П. Проблеми та перспективи функціонування національних логістичних систем на ринках аграрної продукції. Ринкова економіка: сучасна теорія і практика управління. 2023. Том 21. Вип. 2 (51). С.126-136.

29. Резнік Н. П., Руденко С. В., Пилипчук К. М. Основні характеристики поняття логістики і системи управління ланцюгами постачань. Innovation and Sustainability. 2022. № 3. С. 95–102.

30. Ржепішевська В. В., Клочко Н. С. Логістичні засади забезпечення конкурентоспроможності підприємств сільського господарства. Фінансовий простір. 2018 № 2 (30).

31. Семцов В. М. Інвестиційно-логістичні фактори сталого розвитку аграрного сектору економіки. АГРОСВІТ. 2025. № 22. С. 4–10.

32. Сисоєв В. В., Корінь М. В. Логістична підтримка управління збутовою діяльністю підприємства. *Економічний вісник Дніпровської політехніки*. 2024. № 1. С. 87–98

33. Смирнова Н. В. Сутність і значення логістичної діяльності в системі менеджменту організації. *Науковий вісник Ужгородського національного університету*. Серія : Міжнародні економічні відносини та світове господарство. 2018. Вип. 20. Ч. 3. С. 54–59.

34. Сушко О.В., Колодій О.С. Інформаційні технології як фактор підвищення ефективності вибору технологічних рішень. Сучасні наукові дослідження на

шляху до євроінтеграції: матер. Міжн. наук.практ. форуму. Мелітополь: ФОП Однорог Т.В., 2019. Ч. 2. с.109-111.

35. Тарасенко С.І. Теоретико-методичні аспекти формування й функціонування системи управління інноваціями в логістиці. *Економічний вісник ДДТУ*. 2024. № 1(8). С. 123-132.

36. Таценко О.В. Шляхи підвищення ефективності використання транспортних засобів в транспортних технологіях для аграрного виробництва на основі їх експлуатаційних властивостей. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали III Міжн. науково-практ. інтернет-конф. (01-26 листопада 2021; м. Мелітополь) / О.В. Таценко. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. С. 472-476.

37. Топалов Р. Цифрова трансформація логістичних систем: сутнісна характеристика та особливості. Економіка та суспільство. 2024. № 70.

38. Ушкаленко І. М. Особливості моделювання в сільськогосподарському виробництві з врахуванням ризику. Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики. 2020, № 1. С. 119–134.

39. Ходаківська О.В., Мартинюк М.П. Наслідки впливу воєнних дій на стан аграрного сектору України V Міжнародна наукова конференція «Міжгалузеві диспути: динаміка та розвиток сучасних наукових досліджень», Тернопіль, 22.03.2024, С. 19–23.

40. Циганкова Т. М. Трансформація експортного потенціалу України в умовах війни. The 10 th International scientific and practical conference “Scientific achievements of contemporary society”, May 1-3, 2025, Cognum Publishing House, London, United Kingdom, 2025. С. 613-620.

41. Шепелєв В. С., Вдовенко Н. М. Вплив цифрових технологій на організаційно-економічний механізм забезпечення транспортного обслуговування виробників сільськогосподарської продукції в умовах надзвичайних викликів. *Український журнал прикладної економіки та техніки*. 2025. Т. 10. № 2. С. 209–212.

42. Шепелєв В.С., Вдовенко Н.М. Еволюція наукових поглядів на організаційний та економічний механізм забезпечення транспортного обслуговування виробників сільськогосподарської продукції. Актуальні проблеми інноваційної економіки та права. 2025. № 2. С. 105–109.

43. Шталь Т., Уварова А. Логістична діяльність торговельного підприємства: сутнісні характеристики та формалізація моделі. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка*. Економіка. 2019. № 3 (204). С. 64–71.

44. Чіков І.А. Цифрова трансформація економіки: сутність, проблеми, особливості. Підприємництво та інновації. 2022. Вип. 25. С. 97-102.

45. Bohdan G., Hermaniuk Yu., Fedun T. Searching for optimal routes for mixed road-rail freight transportation. 2024. MATEC Web of Conferences. №390(53).

46. During 100 days of war, Russians have destroyed 24,000 km of roads and 300 bridges in Ukraine. URL : https://www.pravda.com.ua/eng/news/2022/06/03/7350285/ (дата звернення: 09.05.2026).

47. García-Flores R. et al. Using logistic models to optimize the food supply chain. Modeling food processing operations. Woodhead Publishing, 2015. P. 307–330.

48. Roads in Ukraine. URL : https://en.wikipedia.org/wiki/Roads_in_Ukraine?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 09.05.2026).

49. Soul of Soil: Ave Bread. URL : https://www.undp.org/ukraine (дата звернення: 09.05.2026).

50. The EBRD in Ukraine. URL : https://www.ebrd.com/home/what-we-do/where-we-invest/ukraine.html (дата звернення: 09.05.2026).

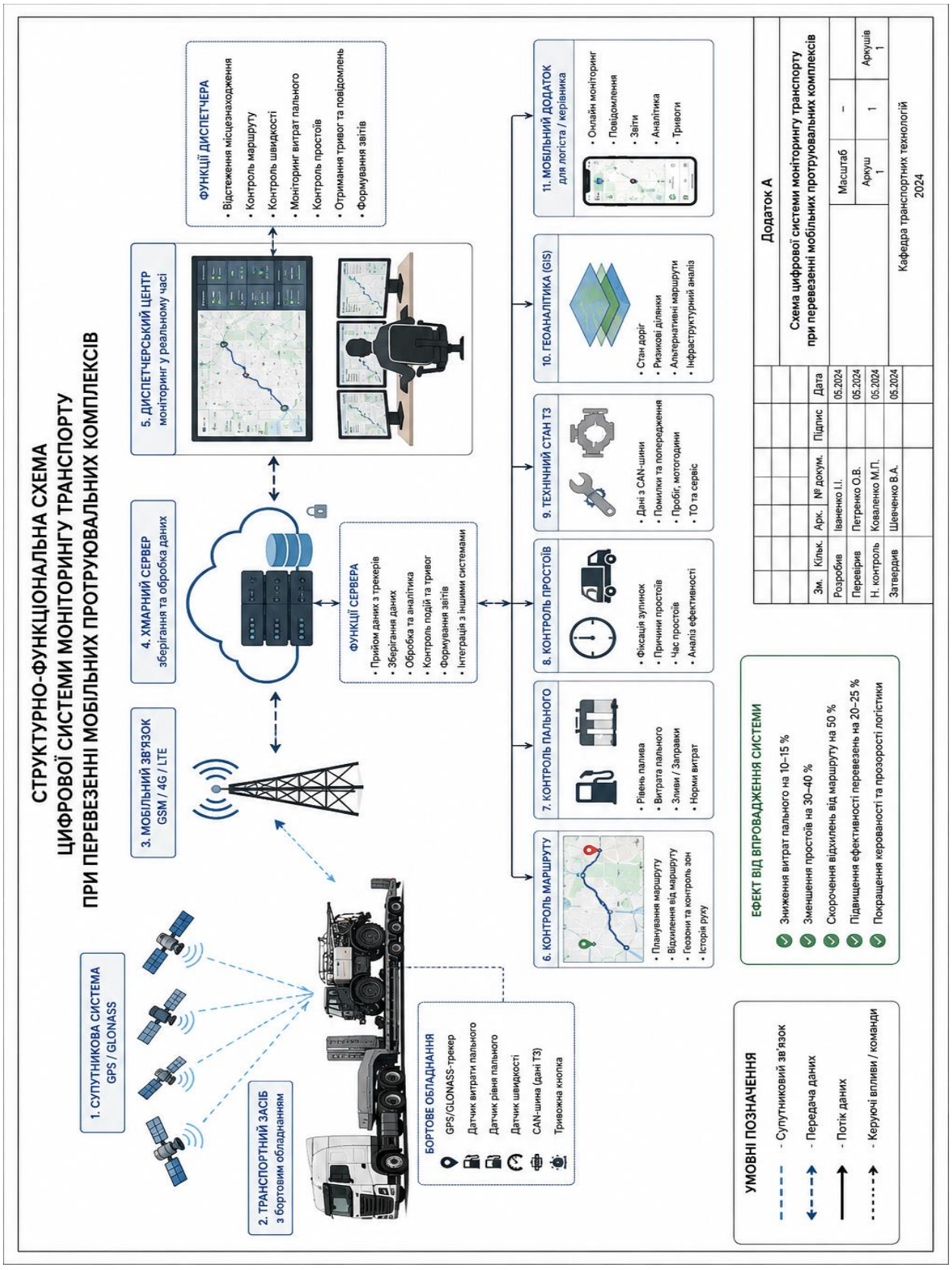
51. Ukraine’s shattered highways. URL : https://www.globalhighways.com/feature/ukraines-shattered-highways?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 09.05.2026).

52. Yang B. Machine learning-based evolution model and the simulation of a profit model of agricultural products logistics financing. Neural Computing and Applications. 2019. Vol. 31. P. 4733–4759.
53. Nagadeepa, Berenika Dyczek, Ar.Keerti Mishra, Bondarenko Valerii, Omelianenko Oleksandr, Kateryna Sokoliuk. Technology-Driven Business Innovation. 2024. SSDC, Vol. 223. P. 283-296.

ДОДАТКИ

Додаток А

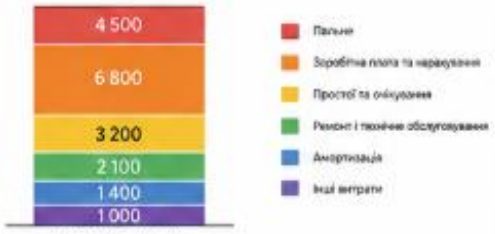
Схема цифрової системи моніторингу транспорту при перевезенні мобільних протруювальних комплексів



ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ЦИФРОВОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТРАНСПОРТУ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ МОБІЛЬНИХ ПРОТРУЮВАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ

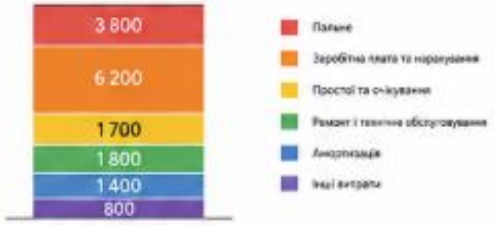
1. СТРУКТУРА ВИТРАТ НА ПЕРЕВЕЗЕННЯ (на 1 перевезення), грн

ДО ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ



ВСЬОГО: 19 000 грн

ПІСЛЯ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ

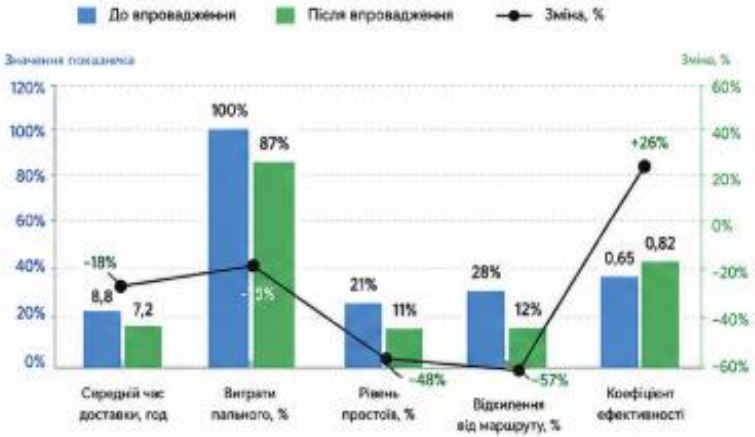


ВСЬОГО: 15 700 грн

ЕКОНОМІЯ НА 1 ПЕРЕВЕЗЕННЯ

3 300 грн	17,4 %
Зменшення витрат	Економія

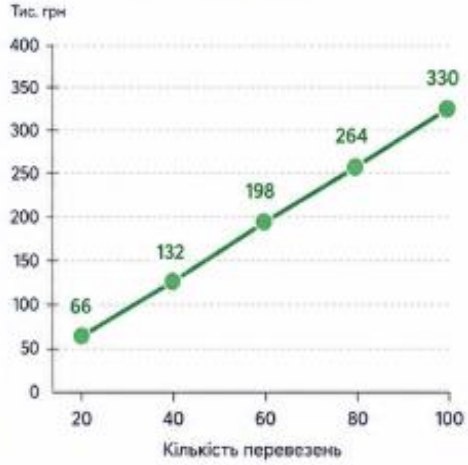
2. ПОРІВНЯЛЬНИЙ ЕФЕКТ ВІД ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ



3. СТРУКТУРА ЕКОНОМІЇ ВИТРАТ ПІСЛЯ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ (на 1 перевезення)



4. КУМУЛЯТИВНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ (при 100 перевезеннях)



ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ ПРИ 100 ПЕРЕВЕЗЕННЯХ

330 000 грн

Середня економія на 1 перевезення – 3 300 грн

Рентабельність впровадження системи – 2–3 місяці

5. ІНВЕСТИЦІЇ ТА ТЕРМІН ОКУПНОСТІ СИСТЕМИ

ВИТРАТИ НА ВПРОВАДЖЕННЯ	грн
GPS/GLONASS-трекери (2 шт.)	28 000
Телематична платформа (річна ліцензія)	18 000
Датчики пального (2 шт.)	12 000
Монтаж та налаштування	10 000
Навчання персоналу	5 000
ВСЬОГО ІНВЕСТИЦІЙ	**73 000**

РОЗРАХУНОК ОКУПНОСТІ	
Середня економія на 1 перевезення	3 300 грн
Кількість перевезень на місяць	12
Місячна економія	39 600 грн
ТЕРМІН ОКУПНОСТІ	**1,8 місяці**

ДОДАТКОВІ ЕКОНОМІЧНІ ПЕРЕВАГИ (НЕПРЯМІ)

- ☑ Підвищення точності планування доставок
- ☑ Зменшення штрафів і санкцій
- ☑ Зниження ризику аварій та простоїв
- ☑ Підвищення ресурсу техніки
- ☑ Покращення репутації та довіри клієнтів

6. ПІДСУМКОВИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ

Зменшення загальних витрат	17–20 %
Економія пального	10–15 %
Зменшення простоїв	30–40 %
Оптимізація маршрутів	50 %
Зростання ефективності перевезень	20–25 %