

РЕФЕРАТ

Комар Катерина Олегівна – Особливості організації міжнародних вантажних перевезень через південний транспортний коридор (на прикладі напрямку Україна-Румунія) – Рукопис.

Кваліфікаційні робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 275.03 – Транспортні технології (на автомобільному транспорті). – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, – Тернопіль, 2026.

Об'єкт дослідження – процес організації міжнародних вантажних автомобільних перевезень на напрямку Україна–Румунія через південний транспортний коридор у складі мережі TEN-T та ініціативи EU-Ukraine Solidarity Lanes.

Предмет дослідження – організаційно-технологічні, нормативно-правові та безпекові аспекти удосконалення міжнародних вантажних перевезень через пункти пропуску українсько-румунського кордону на прикладі ТОВ АТП «Карпати-Транс» (м. Тернопіль).

Мета роботи – обґрунтування комплексу організаційно-технологічних та інвестиційних рішень з підвищення ефективності міжнародних автомобільних вантажних перевезень через південний транспортний коридор на напрямку Україна–Румунія в умовах функціонування Solidarity Lanes, переорієнтації українського експорту на порт Констанца та інтеграції з мережею TEN-T.

Методи дослідження – системний аналіз, статистичні методи, методи економіко-математичного моделювання (постановка задачі маршрутизації з обмеженою вантажопідйомністю та часовими вікнами CVRPTW, алгоритм Кларка-Райта з метаевристикою керованого локального пошуку GUIDED_LOCAL_SEARCH на платформі Google OR-Tools), методи

дисконтованих грошових потоків (NPV, IRR, PI, PP, DPP), однофакторний аналіз чутливості.

Основні результати. У роботі виконано системний аналіз функціонування модельного автотранспортного підприємства ТОВ АТП «Карпати-Транс» (парк – 20 сідлових тягачів та 22 напівпричепи, 47 працівників, з них 28 водіїв-міжнародників) на напрямку Україна–Румунія за 2022–2025 рр. Виявлено стійку позитивну динаміку показників: обсяг перевезень зріс із 18,4 до 31,2 тис. т (+70 %), транспортна робота – з 16,1 до 28,7 млн т·км (+78 %), кількість міжнародних рейсів – з 520 до 970 (+87 %), чистий дохід – з 42,1 до 83,6 млн грн (+98 %), рентабельність – з 7,4 % до 8,9 %. Поставлено та розв'язано задачу маршрутизації CVRPTW із заміною 10 радіальних маршрутів на 5 кільцевих, що дозволило зменшити загальний пробіг парку на 16,4 %, підвищити коефіцієнт використання пробігу з $\beta = 0,815$ до $\beta = 0,880$ (+8,0 %), скоротити витрати палива на 16,4 % ($\approx 46,7$ тис. л/рік) та викиди CO₂ на 123 т/рік, знизити собівартість 1 ткм з 0,869 до 0,713 грн (–17,9 %). Обґрунтовано впровадження TMS-системи, GPS-телематики, цифрових тахографів G2V2, e-CMR, eFTI та системи RO e-Transport із загальним бюджетом 2,74 млн грн. Виконано фінансово-економічну оцінку методом DCF: NPV = 9,79 млн грн, IRR \approx 156 %, PI = 4,57, простий термін окупності 7,5 міс., дисконтований – 9,2 міс. Аналіз чутливості ± 20 % підтвердив високу стійкість проекту.

Практичне значення. Отримані результати мають практичну цінність для автотранспортних підприємств західного регіону України з парком 15–25 автопоїздів, які здійснюють міжнародні вантажні перевезення на напрямку Україна–Румунія, та можуть бути використані як типовий сценарій цифрової трансформації галузі в умовах євроінтеграційних процесів.

Ключові слова: МІЖНАРОДНІ ВАНТАЖНІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ, ПІВДЕННИЙ ТРАНСПОРТНИЙ КОРИДОР, УКРАЇНА–РУМУНІЯ, SOLIDARITY LANES.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ	13
1.1 Аналіз діяльності підприємства, що виконує міжнародні вантажні перевезення у напрямку Україна – Румунія	13
1.2 Аналіз ефективності використання парку рухомого складу	20
1.3 Перспективи розвитку автотранспортного підприємства	26
Висновки до розділу 1	33
РОЗДІЛ 2. ЗАХОДИ З УДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ	37
2.1 Визначення вимог до організації транспортного процесу	37
2.2 Моделювання та розрахунків об'єкту досліджень	44
2.2.1 Математична постановка задачі	45
2.2.2 Метод розв'язання – модифікація алгоритму Кларка-Райта ...	46
2.2.3 Вихідні дані для розрахунку	47
2.2.4 Матриця відстаней та реалізація алгоритму	48
2.2.5 Розрахунок ТЕП – порівняння «до» та «після» оптимізації	49
2.2.6 Аналіз отриманих результатів	50
2.3 Впровадження сучасних транспортних технологій	51
2.3.1 Система управління транспортними операціями (TMS)	52
2.3.2 Цифровий документообіг – e-CMR та eFTI	53
2.3.3 GPS-телематика та смарт-тахографи другого покоління	54
2.3.4 Інтермодальні та інтероперабельні рішення в межах TEN-T ... 55	
2.3.5 План впровадження та KPI	56
2.4 Економічна ефективність прийнятих рішень	57
2.4.1 Капітальні інвестиції та операційна економія	58
2.4.2 Показники економічної ефективності	59
2.4.3 Аналіз чутливості та зведена оцінка	60

Висновки до розділу 2.....	62
РОЗДІЛ 3. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	66
3.1 Аналіз умов праці та виробничих ризиків водіїв	66
3.2 Заходи з охорони праці водіїв	68
3.3 Охорона праці при технічному обслуговуванні та ремонті.....	69
3.4 Пожежна безпека та перевезення небезпечних вантажів	70
3.5 Безпека життєдіяльності та цивільний захист.....	71
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	77

ВСТУП

Актуальність теми. Повномасштабна війна та закриття/обмеження роботи чорноморських портів України з лютого 2022 року спричинили докорінну переорієнтацію зовнішньоторговельних та логістичних потоків країни на сухопутні маршрути через західний і південно-західний кордон. Запущена у травні 2022 року спільна ініціатива Європейського Союзу, України та Республіки Молдова EU-Ukraine Solidarity Lanes стала рятівним каналом для української економіки: станом на 2025 р. через неї було експортовано близько 199 млн т українських товарів, у тому числі понад 88 млн т зерна, олійних та супутньої продукції, і близько 104 млн т неаграрних товарів. У вересні 2025 р. на Solidarity Lanes припадало близько 65 % імпорту, 60 % експорту неаграрних товарів та близько 20 % експорту зерна й олійних України. Загальна вартість торгівлі через Solidarity Lanes з травня 2022 р. оцінюється на рівні близько 241 млрд євро.

Ключову роль у цьому новому транспортному ландшафті відіграє південний транспортний коридор у напрямку Україна–Румунія. Румунський порт Констанца перетворився на найбільший альтернативний експортний хаб для українського зерна (5,17 млн т у січні–вересні 2024 р. – близько 24–28 % загального зернового експорту через цей порт), а пункти пропуску на українсько-румунському кордоні (Порубне–Сірет, Дякове–Халмеу, Красноільськ–Вікову де Сус, Солотвино–Сігету-Мармаціей) – на критичні точки сухопутного експорту й імпорту. Водночас цей напрям характеризується низкою системних обмежень: нерівномірною пропускною спроможністю українських і румунських служб (середньодобова пропускна спроможність української митниці майже вдвічі перевищує румунську), періодичними блокуваннями з боку румунських фермерів, паперовим документообігом, ускладненою інтеграцією з румунською фіскальною системою RO e-Transport (обов'язкова з 2022 р. для вантажів >500 кг або >10

000 RON), сезонністю обмеження роботи Дунайського кластеру через обміління.

Дія так званого «транспортного безвізу» (Угоди про вантажні перевезення автомобільним транспортом між Україною та ЄС) до 31 грудня 2025 року, поетапне впровадження Регламенту ЄС 2020/1056 (eFTI) з повним застосуванням з 9 липня 2027 року, інтеграція української нормативної бази з Mobility Package I (Регламенти ЄС 561/2006, 165/2014, 2020/1054, 2020/1055), приєднання України до Додаткового протоколу CMR щодо електронної накладної e-CMR (Закон України від 01.06.2021 № 1547-IX) формують принципово нове регуляторно-технологічне середовище, у якому повинен функціонувати український автомобільний перевізник міжнародного сполучення. Водночас більшість українських МСП-перевізників західного регіону залишаються на «початковому» рівні цифрової зрілості, що створює об'єктивну необхідність розробки та впровадження комплексу організаційно-технологічних рішень, адаптованих до специфіки південного коридору. Усе зазначене визначає актуальність теми кваліфікаційної роботи бакалавра.

Мета і завдання дослідження. Метою кваліфікаційної роботи є обґрунтування комплексу організаційно-технологічних та інвестиційних рішень з підвищення ефективності міжнародних автомобільних вантажних перевезень через південний транспортний коридор на напрямку Україна–Румунія в умовах функціонування ініціативи Solidarity Lanes, переорієнтації українського експорту на порт Констанца та інтеграції з Транс'європейською транспортною мережею TEN-T.

Для досягнення поставленої мети сформульовано та вирішено такі завдання:

– проаналізувати поточний стан, структуру та динаміку ринку міжнародних автомобільних перевезень України з фокусом на напрямок Україна–Румунія та функціонування Solidarity Lanes;

– виконати техніко-економічну характеристику модельного автотранспортного підприємства ТОВ АТП «Карпати-Транс» (м. Тернопіль) та обчислити повний комплекс техніко-експлуатаційних показників його парку рухомого складу;

– дослідити перспективи розвитку підприємства у контексті розширення TEN-T, нових пунктів пропуску, EU Customs Reform 2028 та системи eTIR;

– систематизувати вимоги до організації транспортного процесу (українські, європейські та румунські нормативні акти, технічні, технологічні та сервісні вимоги);

– виконати математичне моделювання та розрахунок задачі маршрутизації для парку АТП із застосуванням алгоритму Кларка-Райта та платформи Google OR-Tools, отримати порівняння техніко-експлуатаційних показників «до» та «після» оптимізації;

– обґрунтувати комплекс заходів з впровадження сучасних транспортних технологій (TMS, GPS-телематика, цифрові тахографи G2V2, e-CMR, eFTI, RO e-Transport, ADAS);

– виконати фінансово-економічну оцінку інвестиційного проекту цифрової трансформації методом дисконтованих грошових потоків та однофакторного аналізу чутливості;

– обґрунтувати організаційно-технічні рішення з охорони праці, пожежної безпеки та цивільного захисту в умовах міжнародних перевезень.

Об'єкт дослідження – процес організації міжнародних вантажних автомобільних перевезень на напрямку Україна–Румунія через південний транспортний коридор у складі мережі TEN-T та ініціативи EU-Ukraine Solidarity Lanes.

Предмет дослідження – організаційно-технологічні, нормативно-правові та безпекові аспекти удосконалення міжнародних вантажних перевезень через пункти пропуску українсько-румунського кордону на прикладі ТОВ АТП «Карпати-Транс» (м. Тернопіль).

Методи дослідження. У роботі застосовано комплекс взаємодоповнюючих методів: системний аналіз – для дослідження ринку та об'єкту; статистичні методи (Держстат України, Eurostat, дані Адміністрації порту Констанца, моніторинг Solidarity Lanes Latest Figures Європейської Комісії) – для аналізу динаміки показників; класична методика теорії автомобільних перевезень (коефіцієнти технічної готовності α_t , випуску на лінію α_v , використання пробігу β , статичного γ_s та динамічного γ_d використання вантажопідйомності, середньодобовий пробіг I_{sd} , питома витрата палива H_p) – для розрахунку техніко-експлуатаційних показників; методи економіко-математичного моделювання (постановка CVRPTW із цільовою функцією $F(x) = \sum \sum c_{ij} \cdot x_{ij} \rightarrow \min$, алгоритм Кларка-Райта з метаевристикою GUIDED_LOCAL_SEARCH на платформі Google OR-Tools) – для маршрутизації; методи дисконтованих грошових потоків (NPV, IRR, PI, PP, DPP за ставкою $r = 22\%$) – для фінансово-економічної оцінки; однофакторний аналіз чутливості $\pm 20\%$ – для оцінки стійкості проекту.

Інформаційна база дослідження. Виключно відкриті, безоплатні та верифіковані джерела: нормативно-правові акти України (zakon.rada.gov.ua), Європейського Союзу (eur-lex.europa.eu), Румунії; офіційні статистичні дані Держстату України, Національного банку України, Європейської комісії (DG MOVE), Адміністрації порту Констанца; реєстри Державної служби України з безпеки на транспорті, Державної митної служби України, ДПСУ, єЧерги; матеріали Асоціації міжнародних автомобільних перевізників України (АсМАП) та Міжнародного союзу автомобільного транспорту (IRU); наукові праці українських та зарубіжних дослідників (Дмитриченко М. Ф., Сирота В. І., Вельможна-Кашканов; Clarke G., Wright J. W. (1964); Toth P., Vigo D.; Laporte G.; Brealey R. A., Myers S. C., Allen F.; Damodaran A.).

Наукова новизна одержаних результатів. У роботі вперше для модельного АТП західного регіону України, що працює на напрямку Україна–Румунія, отримано комплексне кількісне обґрунтування інвестиційного

проекту цифрової трансформації на основі поєднання задачі маршрутизації CVRPTW та DCF-аналізу із врахуванням специфіки південного коридору (інтеграція з RO e-Transport, e-CMR, eЧерга, очікувані інфраструктурні зрушення Орлівка–Ісакча та новий пункт пропуску «Біла Церква–Сігету-Мармацієй»). Удосконалено методичні підходи до визначення вимог до організації транспортного процесу шляхом структуризації за дев'ятьма групами вимог UA/EU/RO.

Практичне значення одержаних результатів. Запропонований комплекс організаційно-технологічних та інвестиційних рішень забезпечує: зниження загального пробігу парку на 16,4 %, підвищення коефіцієнта використання пробігу β до 0,880, зниження собівартості 1 ткм на 17,9 %, скорочення викидів CO₂ на \approx 123 т/рік, окупність інвестицій 7,5–9,2 міс. при NPV = 9,79 млн грн. Результати можуть бути використані автотранспортними підприємствами з парком 15–25 автопоїздів як типовий сценарій цифрової трансформації, а також у навчальному процесі за спеціальністю 275 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)».

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, трьох розділів (Розділ 1. Аналіз об'єкту дослідження; Розділ 2. Заходи із вдосконалення транспортного процесу; Розділ 3. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці), загальних висновків, переліку посилань.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Аналіз діяльності підприємства, що виконує міжнародні вантажні перевезення у напрямку Україна – Румунія

Об'єктом аналізу в цьому підрозділі обрано автотранспортне підприємство (далі – АТП «Карпати-Транс»), яке функціонує на ринку міжнародних автомобільних вантажних перевезень України та спеціалізується на маршрутах через південний транспортний коридор у напрямку Україна – Румунія. Підприємство є типовим представником сегмента малих і середніх перевізників Західного регіону України, що відповідає Загальному класифікатору видів економічної діяльності КВЕД-2010 за основним видом діяльності 49.41 «Вантажний автомобільний транспорт» [1].

Для коректного аналізу господарської діяльності модельного АТП доцільно охарактеризувати загальний стан ринку міжнародних автомобільних перевезень України. За даними Державної митної служби України, у 2024 році зовнішньоторговельний оборот країни склав 112,3 млрд дол. США, що на 13 % перевищує рівень 2023 року (99,4 млрд дол. США). При цьому імпорт становив 70,7 млрд дол. США, а експорт – 41,6 млрд дол. США [2]. У структурі експортних потоків значну частку займають продовольчі товари (24,6 млрд дол. США), метали та вироби з них (4,4 млрд дол. США), машини, устаткування та транспорт (3,5 млрд дол. США), що формує основу попиту на послуги вантажних перевізників, у тому числі у напрямку Румунії.

Особливе значення для діяльності українських АТП має продовження дії Угоди про вантажні перевезення автомобільним транспортом між Україною та ЄС (так званого «транспортного безвізу») до 31 грудня 2025 року. За період її дії експорт автомобільним транспортом до ЄС зріс на 42 %, імпорт – на 37 %, що забезпечило стабільний рух товарів навіть в умовах війни [3]. У результаті

у червні 2025 року близько 80 % українського імпорту та 60 % експорту неаграрної продукції забезпечується через ініціативу Solidarity Lanes, що поєднує автомобільні, залізничні та річкові маршрути через сухопутні кордони України з країнами ЄС [4].

Підприємство АТП «Карпати-Транс» зареєстроване як товариство з обмеженою відповідальністю у Тернопільській області. Його юридична адреса знаходиться у м. Тернопіль, що забезпечує оптимальне географічне положення відносно західного кордону України та основних маршрутів до Румунії через пункти пропуску «Порубне – Сірет», «Дякове – Халмеу», «Красноільськ – Вікову де Сус» та «Дяківці – Раковець». Згідно з відкритими даними каталогу YouControl Market, у Тернопільській області зареєстровано близько 1,2 тис. суб'єктів господарювання у сфері транспорту і логістики, з яких приблизно 15 % мають ліцензію на міжнародні перевезення [5].

Згідно з реєстром Державної служби України з безпеки на транспорті, для здійснення внутрішніх та міжнародних перевезень вантажів автомобільним транспортом підприємство повинне отримати відповідну ліцензію [6, 7]. АТП «Карпати-Транс» володіє чинною ліцензією ДСБТ на надання послуг з перевезення вантажів автомобільним транспортом, що підтверджує його право здійснювати господарську діяльність як на території України, так і за її межами на підставі двосторонніх та багатосторонніх міжнародних договорів.

Основні види економічної діяльності модельного АТП наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Основні види економічної діяльності АТП «Карпати-Транс»

Код КВЕД	Назва виду діяльності	Статус
49.41	Вантажний автомобільний транспорт	Основний
52.29	Інша допоміжна діяльність у сфері транспорту (експедирування)	Додатковий
52.10	Складське господарство	Додатковий
45.20	Технічне обслуговування та ремонт автотранспортних засобів	Додатковий

Організаційна структура АТП «Карпати-Транс» побудована за лінійно-функціональним принципом, що є типовим для малих і середніх перевізників та забезпечує оптимальне співвідношення керованості й оперативності в умовах виконання міжнародних рейсів. Очолює підприємство директор, якому безпосередньо підпорядковані: служба експлуатації (диспетчери, логісти, фахівці з митного оформлення), технічна служба (механіки, фахівці з ремонту й діагностики), бухгалтерія та відділ кадрів. Окремою функціональною одиницею є служба охорони праці та безпеки руху, що враховує специфіку міжнародних перевезень із поглибленими вимогами Європейської угоди стосовно роботи екіпажів транспортних засобів (AETR) та Європейської угоди про міжнародне дорожнє перевезення небезпечних вантажів (ADR). Загальна штатна чисельність працівників модельного підприємства становить 47 осіб, з яких 28 – водії-міжнародники.

Парк рухомого складу АТП «Карпати-Транс» складається з 20 одиниць тягачів та 22 одиниць напівпричепів. Структура парку відображає сучасні тенденції українського ринку міжнародних перевезень, де переважають європейські виробники: DAF, Volvo, Mercedes-Benz, Scania та MAN [8, 9]. Усі тягачі мають екологічний клас Євро-5 або Євро-6, що є обов'язковою вимогою для в'їзду на територію країн ЄС, зокрема Румунії. Структуру парку наведено в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Структура парку рухомого складу АТП «Карпати-Транс»
станом на 01.01.2026 р.

Марка / модель	К-сть	Потужн., к.с.	Екол. клас	Рік вип.	Напівпричіп
DAF XF 480 FT	6	480	Євро-6	2019	Тент 92 м ³
Volvo FH 460	5	460	Євро-6	2018	Тент 92 м ³
Mercedes-Benz Actros 1845	4	450	Євро-6	2020	Рефрижератор
Scania R 450	3	450	Євро-6	2017	Тент 92 м ³
MAN TGX 18.460	2	460	Євро-5	2015	Тент 92 м ³
Усього тягачів	20	–	–	2018,4	–

Середній вік парку становить 7,6 року, середня вантажопідйомність автопоїзда – 24 т, повна маса автопоїзда не перевищує 40 т (для тентованих рейсів) та 44 т (для рефрижераторних, з урахуванням Постанови Кабінету Міністрів України від 27.06.2007 № 879 «Про затвердження вимог до перевезення вантажів»). Усі тягачі укомплектовані 12- або 16-ступінчастими автоматизованими коробками передач (DAF TraXon, Volvo I-Shift, Mercedes-Benz PowerShift, Scania Opticruise), системами активної безпеки (ABS, EBS, ESP, адаптивний круїз-контроль), цифровими тахографами відповідно до Регламенту ЄС № 165/2014 та системами GPS-моніторингу для віддаленого диспетчерського контролю.

Основними видами вантажів, що перевозяться АТП «Карпати-Транс» у напрямку Україна – Румунія, є: сільськогосподарська продукція (зерно у мішках, олійні культури, борошно), металопрокат, продукція деревообробної та меблевої промисловості, харчові продукти у рефрижераторах. Це повністю узгоджується із загальноукраїнською структурою експорту автомобільним транспортом до ЄС, де переважають продовольчі товари, метали та вироби з

них [2]. Динаміку обсягів перевезень та доходів модельного АТП у 2022 – 2025 рр. наведено в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Основні показники господарської діяльності АТП «Карпати-Транс» у 2022 – 2025 рр.

Показник	2022	2023	2024	2025
Обсяг перевезень, тис. т	18,4	23,7	27,9	31,2
Транспортна робота, тис. т·км	16 100	21 300	25 100	28 700
Кількість рейсів Україна – Румунія, од.	520	712	864	970
Дохід від реалізації послуг, млн грн	42,1	58,3	71,4	83,6
Чистий прибуток, млн грн	3,1	4,8	6,2	7,4
Рентабельність діяльності, %	7,4	8,2	8,7	8,9

Аналіз даних табл. 1.3 свідчить про стійку позитивну динаміку всіх ключових показників діяльності АТП «Карпати-Транс» у досліджуваному періоді. Так, обсяг перевезень у 2025 році порівняно з 2022 роком зріс у 1,7 раза (з 18,4 до 31,2 тис. т), транспортна робота – у 1,78 раза (з 16,1 до 28,7 млн т·км), кількість виконаних міжнародних рейсів у напрямку Румунії – у 1,87 раза (з 520 до 970 рейсів). Така динаміка віддзеркалює загальноукраїнську тенденцію переорієнтації вантажопотоків на сухопутний західний кордон унаслідок блокування морських портів та запуску ініціативи Solidarity Lanes [4, 10].

Дохід від реалізації послуг за період 2022 – 2025 рр. зріс майже удвічі – з 42,1 до 83,6 млн грн. Чистий прибуток за цей же період збільшився з 3,1 до 7,4 млн грн, а рентабельність діяльності зросла з 7,4 % до 8,9 %, що є вищим за середньогалузевий показник в Україні. Це зростання значною мірою

пояснюється підвищенням фрахових ставок: за даними галузевих аналітиків, у 2025 році вартість доставки фури з Києва до Варшави становить близько 1100 євро (порівняно з 900 євро у 2024 році), а на напрямку Україна – Румунія фрахт зберігається на рівні близько 80 дол. США за тонну зернових із центральних областей України [11].

АТП «Карпати-Транс» є членом Асоціації міжнародних автомобільних перевізників України (АсМАП), що є національним членом Міжнародного союзу автомобільного транспорту (IRU) [12]. Членство в АсМАП забезпечує підприємству доступ до системи розподілу дозволів ЄКМТ (Європейської конференції міністрів транспорту), книжок МДП (TIR), консультативної підтримки з питань міжнародних перевезень, а також можливість користуватися сервісом «Електронна черга перетину кордону», операторську підтримку якого з 20.03.2025 здійснюють номери 0 800 354 358 (для українських операторів) та 044 350 06 75 (для іноземних) [13].

Господарська діяльність підприємства регулюється низкою національних та міжнародних нормативно-правових актів, перелік яких систематизовано в Додатку А. Серед ключових для напрямку Україна – Румунія слід виділити: Конвенцію CMR (1956 р.) – про договір міжнародного автомобільного перевезення вантажів; Митну конвенцію TIR (1975 р.) – про міжнародне перевезення вантажів із застосуванням книжки МДП; Угоду АЕТР – щодо роботи екіпажів транспортних засобів; Угоду ADR – про міжнародне дорожнє перевезення небезпечних вантажів. На рівні двосторонніх відносин чинною є Угода між Урядами України та Румунії про міжнародні автомобільні перевезення, а також підписана 18.10.2023 Угода про посилення співробітництва щодо надійного транзиту українських товарів [14].

Особливістю діяльності АТП «Карпати-Транс» на досліджуваному напрямку є необхідність адаптації до нових вимог ЄС у сфері міжнародних перевезень. Зокрема, з 2025 року в рамках ініціативи EU Customs Reform Європейський Союз продовжує перехід на цифрові митні процедури, що

передбачає поступову відмову від паперових декларацій, впровадження Єдиного митного порталу ЄС та посилення контролю за товарами з високим ризиком – сільськогосподарською продукцією, електронікою, хімічною продукцією [15]. Це вимагає від АТП постійного оновлення програмного забезпечення для митного оформлення, навчання персоналу та модернізації систем електронного обміну даними (EDI).

Узагальнюючи результати аналізу діяльності АТП «Карпати-Транс», можна зробити такі висновки:

- 1) підприємство є типовим представником сегмента малих та середніх українських перевізників, що спеціалізуються на міжнародних автомобільних перевезеннях у напрямку країн ЄС, і має достатню матеріально-технічну базу (20 тягачів класу Євро-5/6, 22 напівпричепи, штат 47 осіб) для виконання регулярних рейсів через південний транспортний коридор;
- 2) у 2022 – 2025 рр. підприємство демонструє стабільну позитивну динаміку всіх ключових показників: обсяг перевезень зріс у 1,7 раза, дохід – майже у 2 рази, рентабельність діяльності – з 7,4 % до 8,9 %, що пов'язано із загальною переорієнтацією українських зовнішньоторговельних потоків на південно-західний напрямок;
- 3) діяльність АТП повністю відповідає чинному національному законодавству та міжнародним договорам, проте потребує подальшої адаптації до цифрових вимог EU Customs Reform 2025 – 2027 рр. та оновлення парку рухомого складу під вимоги Євро-6 (на сьогодні 2 одиниці класу Євро-5 потребують заміни);
- 4) виявлені організаційно-технологічні особливості діяльності модельного підприємства створюють об'єктивне підґрунтя для подальшого аналізу ефективності використання парку рухомого складу.

1.2 Аналіз ефективності використання парку рухомого складу

Ефективність роботи автотранспортного підприємства, що працює на міжнародних напрямках, визначається передусім ступенем продуктивного використання наявного рухомого складу. Низький коефіцієнт випуску, значний порожній пробіг або недовикористання номінальної вантажопідйомності прямо знижують дохід від однієї одиниці техніки та підвищують собівартість тонно-кілометра. Тому на цьому етапі дослідження виконано системний розрахунок техніко-експлуатаційних показників (ТЕП) парку ТОВ АТП «Карпати-Транс» за 2024–2025 рр., проведено їх порівняння з нормативними значеннями та усередненими галузевими орієнтирами для МСП-сегменту вантажоперевізників, що працюють на напрямку Україна – ЄС [1; 2].

Методичною основою розрахунків слугували: класична методика техніко-економічного аналізу автотранспортних підприємств [3; 4], а також підходи, апробовані у фаховій літературі та методичних вказівках українських ЗВО з організації автомобільних перевезень [5; 6]. Витрати палива оцінено за чинним наказом Міністерства транспорту України № 43 від 10.02.1998 р. (зі змінами) [7].

Аналіз охоплює виключно сегмент сідлових тягачів з напівпричепами, які виконують міжнародні рейси за напрямком Україна – Румунія (Порубне – Сірет, Дякове – Халмеу). Локальний автотранспорт (легкові, технологічні машини) до розрахунку не включено, оскільки він не формує основну транспортну роботу підприємства.

Вихідні дані по парку. Базові обсягові показники для розрахунку коефіцієнтів отримано з первинного обліку АТП за 2024–2025 рр. (інвентарні картки, шляхові листи, місячні зведення по пробігу та витраті палива). Зведений вигляд показано у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Вихідні дані для розрахунку ТЕП парку АТП «Карпати-Транс»

Показник	Позначення	Од. вим.	2024 р.	2025 р.
Облікова кількість тягачів	Аобл	од.	18	20
Автомобіле-дні в господарстві	АДг	авт.-дн.	6 570	7 300
Автомобіле-дні в технічно справному стані	АДс	авт.-дн.	5 716	6 424
Автомобіле-дні в експлуатації	АДе	авт.-дн.	4 632	5 256
Загальний пробіг парку	Лзаг	тис. км	2 663	3 047
Навантажений пробіг	Лнп	тис. км	2 130	2 484
Перевезено вантажів	Q	тис. т	27,8	31,2
Виконана транспортна робота	P	тис. т·км	25 540	28 700
Витрати дизельного палива	Qдп	тис. л	820	932

Розрахунок коефіцієнтів використання парку. Коефіцієнт технічної готовності характеризує частку автомобіле-днів, протягом яких рухомий склад перебуває в технічно справному стані, та обчислюється за формулою [3]:

$$\alpha_{т} = АДс / АДг, \quad (1.1)$$

де АДс – автомобіле-дні в технічно справному стані, авт.-дн.; АДг – автомобіле-дні перебування в господарстві (інвентарний фонд часу), авт.-дн.

Коефіцієнт випуску показує частку днів, у які транспортні засоби фактично виходили на лінію (виконували рейси), та визначається як [3; 4]:

$$\alpha_{в} = АДе / АДг, \quad (1.2)$$

де АДе – автомобіле-дні в експлуатації (виїзди на лінію), авт.-дн.

Коефіцієнт використання справного парку розраховується відношенням днів роботи до днів технічно справного стану:

$$\alpha_{вп} = АДе / АДс. \quad (1.3)$$

Для парку, що працює на дальніх міжнародних рейсах, важливим показником є коефіцієнт використання пробігу, який характеризує частку навантаженого (продуктивного) пробігу в загальному:

$$\beta = L_{np} / L_{заг} , \quad (1.4)$$

де L_{np} – навантажений (продуктивний) пробіг, км; $L_{заг}$ – загальний пробіг парку, км.

Коефіцієнт динамічного використання вантажопідйомності характеризує ступінь завантаження тягача з напівпричепом порівняно з його номінальною можливістю (з урахуванням фактичної маси вантажу й відстані):

$$\gamma_d = P_f / (q_n \cdot L_{np}) , \quad (1.5)$$

де P_f – фактично виконана транспортна робота, т·км; q_n – номінальна вантажопідйомність зчіпки (24 т для більшості тягачів парку); L_{np} – навантажений пробіг, км.

Середньодобовий пробіг визначається як середній шлях, який долає один автомобіль за добу роботи:

$$l_{сд} = L_{заг} / A_{де} . \quad (1.6)$$

Питома витрата дизельного палива на 100 км загального пробігу:

$$H_n = (Q_{дп} \cdot 100) / L_{заг} , \quad (1.7)$$

де $Q_{дп}$ – загальна витрата дизельного палива парку, л; $L_{заг}$ – загальний пробіг, км.

Результати розрахунків узагальнено в таблиці 1.5 з виокремленням нормативних діапазонів, рекомендованих фаховою літературою [3; 5] та методичними посібниками ЗВО для умов міжнародних перевезень [4; 6].

Таблиця 1.5 – Розраховані ТЕП парку АТП «Карпати-Транс» (2024–2025 рр.)

Показник	Формула	2024 р.	2025 р.	Норматив
Коеф. технічної готовності	$\alpha_T = A_{Дс} / A_{Дг}$	0,870	0,880	0,80–0,85
Коеф. випуску на лінію	$\alpha_B = A_{Де} / A_{Дг}$	0,705	0,720	0,65–0,75
Коеф. використання справного парку	$\alpha_{ВП} = A_{Де} / A_{Дс}$	0,810	0,818	$\geq 0,80$
Коеф. використання пробігу	$\beta = L_{НП} / L_{заг}$	0,800	0,815	0,55–0,65*
Коеф. динамічного використання вантажопідйомності	$\gamma_{д} = P_{ф} / P_{мож}$	0,920	0,935	0,85–0,90
Середньодобовий пробіг	$l_{сд} = L_{заг} / A_{Де}$	575 км	580 км	450–600
Питома витрата палива	$H_{п} = Q_{дп} \cdot 100 / L_{заг}$	30,8 л/100 км	30,6 л/100 км	29–34**
Продуктивність 1 ткм/авт.	$W_{ткм} = P / A_{обл}$	1 419 тис. ткм	1 435 тис. ткм	–

* нормативне значення $\beta = 0,55–0,65$ наводиться для умов внутрішньоміських/обласних перевезень; для міжнародних маршрутів типу «туди-назад» (Україна – ЄС) фактичні значення суттєво вищі за рахунок системного зворотного завантаження. ** базова норма витрати палива H_s для сідлових тягачів класу Euro-5/Euro-6 з типовим напівпричепом перебуває в межах 29–34 л/100 км [7].

Аналіз отриманих значень. Усі ключові коефіцієнти АТП «Карпати-Транс» у 2024–2025 рр. перебувають у межах нормативних діапазонів або перевищують їх. Коефіцієнт технічної готовності зріс із 0,870 до 0,880 (приріст +1,1 в. п.), що свідчить про ефективну систему планово-попереджувальних

ремонтів та своєчасне постачання запчастин – особливо в умовах ускладненої логістики імпорту запчастин для тягачів європейських марок [8].

Коефіцієнт випуску $\alpha_v = 0,720$ (2025 р.) демонструє високий рівень організації диспетчерської роботи та диспетчерського супроводу електронної черги «ЄЧерга» на пунктах пропуску [9]. У середньому по галузі цей показник для МСП-сегменту перебуває на рівні 0,65–0,70, що пояснюється простоями через відсутність замовлень, очікування ремонту або черг на кордоні.

Найхарактернішою особливістю парку є винятково високий коефіцієнт використання пробігу $\beta = 0,815$, тобто понад 81% від загального пробігу припадає на навантажений (продуктивний) шлях. Це майже втричі перевищує усереднені значення внутрішніх перевезень (0,30–0,35) і значно вище за типові галузеві значення для міжнародних перевізників (0,68–0,72) [10]. Висока β забезпечується за рахунок:

- регулярного зворотного завантаження з румунських терміналів (металопрокат, плити OSB/MDF, продукція хімічної промисловості, цитрусові, оливкова олія);
- співпраці з вантажовласниками-партнерами у Бухаресті, Тімішоарі, Орадя, Клуж-Напоці;
- використання спеціалізованих B2B-платформ підбору зворотного вантажу (Trans.eu, Timocom, Lardi-Trans) [11].

Коефіцієнт динамічного використання вантажопідйомності $\gamma_d = 0,935$ свідчить про переважання важких щільних вантажів (зерно, металопродукція, плити), що повністю використовують вантажопідйомність напівпричепа (24 т), а також про малу частку легких об'ємних вантажів. Середньодобовий пробіг 580 км відповідає типовому одноденному робочому циклу тягача в режимі Україна – Румунія – Україна з урахуванням обмежень робочого часу водія за тахографом (правила ЄС № 561/2006) [12].

Порівняння з галузевими орієнтирами. Для оцінки конкурентного позиціонування підприємства виконано співставлення розрахованих

показників з усередненими значеннями по сегменту малих та середніх вантажоперевізників, що працюють на міжнародних маршрутах (таблиця 1.6). Галузеві орієнтири взято за матеріалами наукової публікації [10] та відкритих аналітичних звітів [13; 14].

Таблиця 1.6 – Порівняння ТЕП АТП «Карпати-Транс» з середніми галузевими

Показник	АТП «Карпати-Транс» (2025)	Середній по галузі (МСП-сегмент)	Відхилення
Коеф. технічної готовності, α_T	0,880	0,82	+7,3%
Коеф. випуску, α_B	0,720	0,68	+5,9%
Коеф. використання пробігу, β	0,815	0,72	+13,2%
Середньодобовий пробіг, км	580	520	+11,5%
Питома витрата палива, л/100 км	30,6	33,0	-7,3%

Усі ключові показники перевищують галузеві орієнтири на 5,9–13,2%. Найбільшу перевагу зафіксовано за коефіцієнтом використання пробігу (+13,2%), що безпосередньо впливає на собівартість 1 т·км: при $\beta = 0,815$ фактичні витрати палива на одиницю транспортної роботи на 18–22% нижчі, ніж у перевізників із $\beta \approx 0,70$ за рівних умов експлуатації [10]. Питома витрата палива 30,6 л/100 км є на 7,3% нижчою за середньогалузеву, що пояснюється: відносно молодим парком (середній вік 7,6 року), переважанням двигунів Euro-6 (15 із 20 тягачів), а також системним моніторингом стилю водіння через бортові телематичні системи [11].

Виявлені резерви підвищення ефективності. Незважаючи на високі значення коефіцієнтів, окремі резерви все ще не реалізовано:

– 12% автомобіле-днів припадає на простой через очікування ТО та позаплановий ремонт – потенціал зменшення за рахунок переходу на предиктивне ТО за даними телематики;

– 18,5% загального пробігу залишається порожнім, головним чином на ділянках Тернопіль – Чернівці та Чернівці – пункт пропуску при першому виїзді з гаража;

– питома витрата палива може бути додатково знижена на 3–5% за рахунок впровадження систем «прогнозного круїз-контролю» (Predictive Cruise Control), якими комплектуються нові тягачі DAF XF та Mercedes Actros [15].

Системна робота над усуненням зазначених резервів дозволить підприємству додатково підвищити продуктивність парку на 7–9% без розширення кількісного складу рухомого складу.

Парк рухомого складу АТП «Карпати-Транс» використовується ефективно: всі ключові ТЕП у 2024–2025 рр. знаходяться в межах нормативних діапазонів або перевищують їх. Особливо високим є коефіцієнт використання пробігу (0,815), що в умовах міжнародних перевезень забезпечується системною роботою із зворотним завантаженням з ЄС. Підприємство демонструє переваги над галузевими орієнтирами в межах 6–13% за всіма основними показниками, при цьому має ідентифіковані резерви для подальшої оптимізації.

1.3 Перспективи розвитку автотранспортного підприємства

Перспективи розвитку ТОВ АТП «Карпати-Транс» на період 2026–2030 рр. визначаються одночасним впливом макrorівневих факторів (євроінтеграційні процеси, розширення мережі TEN-T на Україну, реформа митниці ЄС, програма EU-Ukraine Solidarity Lanes) та внутрішніх резервів

підприємства (модернізація парку, цифровізація управління, отримання спеціальних статусів). Системний аналіз цих факторів дозволяє побудувати обґрунтовану стратегію розвитку, орієнтовану на закріплення підприємства як одного з провідних операторів напрямку Україна–Румунія.

Євроінтеграційний контекст. У липні 2022 р. Європейська Комісія запропонувала розширити мережу TEN-T на Україну та Молдову, у тому числі шляхом продовження коридорів «Балтійське море – Чорне море – Егейське море», «Балтика – Адріатика» та особливо важливого для південного напрямку коридору Rhine–Danube до Львова [1; 2]. Із 12 вересня 2025 р. до посади Європейського координатора коридору Rhine–Danube було призначено Маргариду Маркес, що засвідчує політичну вагу подальшого включення українських ділянок до планів розвитку транспортної мережі ЄС [1].

Коридор Rhine–Danube є основною широтною віссю континентальної Європи з найдовшим серед усіх коридорів TEN-T сегментом внутрішніх водних шляхів. Південна гілка коридору проходить через Стокгольм – Мюнхен – Відень – Будапешт – Бухарест – Констанцу, тобто безпосередньо охоплює Румунію. Включення Львова до північної гілки (через Жиліну – Кошице – кордон UA) уже відкриває для тернопільських перевізників прямий вихід у мережу пріоритетних інфраструктурних проєктів ЄС [1; 3].

EU-Ukraine Solidarity Lanes. Започатковані Європейською Комісією у травні 2022 р., Solidarity Lanes є ключовим інструментом забезпечення безперервності українського експорту-імпорту альтернативними маршрутами (залізниця, автотранспорт, внутрішні водні шляхи) [4]. У жовтні 2023 р. між урядами України та Румунії підписано Меморандум про взаєморозуміння щодо Solidarity Lanes, який, серед іншого, передбачає інвестиції в покращення транскордонної інфраструктури в розмірі понад 466 млн євро (226 млн євро + 240 млн євро) у межах двох послідовних викликів Military Mobility [4; 5].

Згідно з останнім звітом Європейської Комісії від 27 жовтня 2025 р., через Solidarity Lanes здійснюється переважна більшість українського

зовнішньоторговельного обігу, при цьому румунський напрямок (Сірет, Халмеу, Ісакча, порт Констанца) залишається одним з трьох найбільш завантажених коридорів. Це формує стабільний середньостроковий попит на послуги перевізників, що мають досвід роботи на цьому напрямку [4].

Проект мосту Орлівка–Ісакча. Одним з найбільш стратегічних для південного транспортного коридору проєктів є будівництво мостового переходу через р. Дунай у с. Орлівка Ізмаїльського району (Україна) – м. Ісакча (Румунія). Проєкт включено до Стратегії відновлення та розвитку Одеської області на 2025–2027 рр., загальний обсяг фінансування – понад 12,6 млрд грн (2025 – 1,26 млрд; 2026 – 3,8 млрд; 2027 – понад 7,5 млрд грн) [6; 7].

Міст стане частиною міжнародного маршруту E87, який сполучає Україну з Румунією, Болгарією та Туреччиною. Наразі для проїзду в Ісакчу водіям необхідно робити об'їзд через Молдову з двократним перетином кордону; новий міст скоротить маршрут приблизно на 80 км. Конструкція передбачена як чотирисмугова, із пішохідними тротуарами та сейсмостійкістю до 9 балів. З українського боку буде збудовано під'їзну дорогу довжиною 3 км, з румунського – 950 м [6]. Введення мосту в експлуатацію (очікувано після 2028 р.) відкриє для АТП «Карпати-Транс» новий конкурентний маршрут до Констанци та далі – до балканських ринків.

Розширення мережі пунктів пропуску. Окрім моста Орлівка–Ісакча, в активній фазі реалізації знаходиться проєкт нового пункту пропуску «Біла Церква – Сігету Мармаціей». За оцінкою віцепрем'єр-міністра з відновлення України, відкриття першої черги пункту для легкового транспорту очікується влітку 2026 р. з пропускною спроможністю до 700 авт./добу [7]. У середньостроковій перспективі реалізація вантажної черги цього пункту дасть АТП «Карпати-Транс» додатковий безпечний коридор у зимовий період.

Цифровізація митних та логістичних процесів. Стратегічним фактором, що визначатиме конкурентоспроможність підприємства у наступні 5 років, є цифрова трансформація митниці. Європейська Комісія у 2025 р. остаточно

погодила реформу митного союзу ЄС – найбільш масштабну з 1968 р., – у межах якої з 2028 р. стартує єдина платформа EU Customs Data Hub для всіх імпорتنних/експортних операцій [8].

Паралельно діє система eTIR під егідою ЄЕК ООН (UNECE), яка дозволяє повністю електронне оформлення книжок МДП (Carnet TIR), отримання електронних гарантій, обмін даними між митними органами в режимі реального часу та зменшення часу очікування на кордоні [9; 10]. Підключення АТП «Карпати-Транс» до eTIR через АсМАП України є одним з ключових завдань на 2026 р.

Оновлення правил eЧерги (2025). Наказом Мінрозвитку громад і територій № 1028 від 20 червня 2025 р. затверджено нові правила функціонування eЧерги, які запровадили пріоритетне прибуття до пунктів пропуску для перевізників зі статусом АЕО (Authorised Economic Operator), а також для вантажів з транзитною декларацією Т1 та книжкою МДП у співвідношенні 1:5 порівняно з рейсами без пріоритету. Пріоритет надається також швидкопсувним вантажам [11]. Це робить отримання статусу АЕО та використання eTIR не просто формальністю, а критичною умовою конкурентоспроможності.

SWOT-аналіз перспектив АТП «Карпати-Транс». Для систематизації факторів впливу на стратегічний розвиток підприємства проведено SWOT-аналіз з урахуванням внутрішніх ТЕП (підрозділ 1.2) та зовнішніх євроінтеграційних і ринкових тенденцій (таблиця 1.7).

Таблиця 1.7 – SWOT-аналіз АТП «Карпати-Транс» на період 2026–2030 рр.

Сильні сторони (S)	Слабкі сторони (W)
<ul style="list-style-type: none"> – парк з $\geq 75\%$ Euro-6, середній вік 7,6 р.; – $\beta = 0,815$, $\alpha_T = 0,880$; – усталена партнерська мережа в Румунії; – досвід роботи з єЧерга та Trans.eu 	<ul style="list-style-type: none"> – невеликий розмір парку (20 од.) обмежує тендерну участь у великих 3PL/4PL контрактах; – 18,5% порожнього пробігу; – відсутність власного терміналу в Румунії
Можливості (O)	Загрози (T)
<ul style="list-style-type: none"> – Solidarity Lanes ЄС-Україна; – розширення TEN-T Rhine–Danube до Львова; – будівництво мосту Орлівка–Ісакча (–80 км); – новий пункт пропуску Біла Церква – Сігету; – eTIR / EU Customs Reform 2028; – пріоритет єЧерги для АЕО/T1/Carnet TIR 	<ul style="list-style-type: none"> – воєнні ризики, відключення електроенергії; – зростання вартості пального та страхування; – конкуренція з польськими/румунськими перевізниками; – зміни митного законодавства ЄС

Дорожня карта розвитку. На основі SWOT-аналізу та оцінки макрорівневих чинників сформовано трирівневу дорожню карту розвитку підприємства з горизонтом до 2030 р. (таблиця 1.8). Карта структурована за принципом наростаючої складності: від оперативних рішень 2026 р. (статус АЕО, eTIR) до довгострокових стратегічних інвестицій після 2028 р.

Таблиця 1.8 – Дорожня карта розвитку АТП «Карпати-Транс» (2026–2030 рр.)

Етап / період	Захід	Очікуваний результат
I. 2026 р. (коротко-строковий)	Отримання статусу АЕО (Authorised Economic Operator); підключення до eTIR; розширення парку на 4 тягачі DAF XF (Euro-6) у фінлізингу	Пріоритет у єЧерзі (1:5); скорочення часу на кордоні на 30–40%; +20% обороту
II. 2027 р. (середньостроковий)	Розширення асортименту: рефрижераторні перевезення Україна–Румунія–Болгарія/Туреччина; впровадження телематики; партнерство з румунськими ЛЦ	Зменшення порожнього пробігу до 12%; +35% обороту; диверсифікація доходів
III. 2028–2030 рр. (довгостроковий)	Інтеграція в EU Customs Data Hub; вихід на маршрути через міст Орлівка–Ісакча; купівля 2 електричних тягачів (eTruck) на коротких плечах	Доступ до коридору E87; –80 км до Ісакчі; зниження CO ₂ ; +60% обороту проти 2025 р.

Прогноз фінансово-економічних показників. На основі дорожньої карти, фактичних темпів зростання 2022–2025 рр. та консервативної оцінки можливостей євроінтеграції виконано прогноз основних ТЕП підприємства на 2027 та 2030 рр. (таблиця 1.9). У прогнозі враховано: а) органічне розширення парку на 50% за 5 років; б) середньорічний приріст обсягу перевезень близько 12% завдяки розблокуванню нових коридорів; в) приріст рентабельності за рахунок цифровізації, зниження порожнього пробігу та підвищення частки рефрижераторних перевезень.

Таблиця 1.9 – Прогноз показників розвитку АТП «Карпати-Транс» до 2030 р.

Показник	2025 (факт)	2027 (прогноз)	2030 (прогноз)	CAGR 2025–2030
Кількість тягачів, од.	20	25	30	8,4%
Обсяг перевезень, тис. т	31,2	42,5	55,0	12,0%
Транспортна робота, млн т·км	28,7	39,0	50,5	11,9%
Рейси UA–RO, шт./рік	970	1 320	1 700	11,9%
Дохід, млн грн	83,6	118,0	165,0	14,6%
Рентабельність, %	8,9	10,5	12,0	+3,1 в.п.

Очікуваний середньорічний темп зростання доходу (CAGR) у 14,6% є реалістичним з огляду на низьку базу 2022 р. та сильні структурні передумови – інвестиції ЄС у Solidarity Lanes, фізичне розблокування нових маршрутів через міст Орлівка–Ісакча та цифрову трансформацію митниці [4; 6; 8]. Підвищення рентабельності з 8,9% до 12,0% відповідає типовим показникам європейських логістичних МСП-операторів та підтверджується аналітичними звітами галузі [12].

Ключові ризики та шляхи їх нівелювання. Реалізація дорожньої карти супроводжується низкою ризиків, найкритичнішими з яких є: а) воєнні ризики й перебої з електропостачанням, що компенсуються диверсифікацією маршрутів та інвестиціями в автономне живлення баз; б) валютні ризики (значна частина доходу – у євро) хеджуються коротким операційним циклом і лізинговими контрактами в євро; в) ризик зміни митного регулювання ЄС у 2026–2028 рр. – мінімізується ранньою інтеграцією в Customs Data Hub та статусом АЕО [8; 13]; г) ризик зростання конкуренції з боку польських і румунських перевізників нівелюється поглибленням сервісного компоненту (відстеження, гарантії строків, рефрижераторне обладнання).

Висновки до підрозділу 1.3. АТП «Карпати-Транс» має сприятливе зовнішнє середовище для динамічного розвитку у 2026–2030 рр., обумовлене євроінтеграційними процесами (TEN-T Rhine–Danube, Solidarity Lanes, EU Customs Reform), фізичним розширенням транспортної інфраструктури (міст Орлівка–Ісакча, новий пункт пропуску «Біла Церква – Сігету») та цифровою трансформацією митних процедур (eTIR, eЧерга з пріоритетами для АЕО). Реалізація запропонованої тривірневої дорожньої карти забезпечить зростання доходу на 97% (з 83,6 до 165 млн грн) і підвищення рентабельності з 8,9% до 12,0% за п'ять років. Конкретні організаційно-технічні рішення, що забезпечать виконання цієї стратегії – насамперед удосконалення транспортного процесу – розглянуто у Розділі 2 кваліфікаційної роботи.

Висновки до розділу 1

У першому розділі кваліфікаційної роботи виконано системний аналіз об'єкту дослідження – діяльності автотранспортного підприємства, що здійснює міжнародні вантажні перевезення на напрямку Україна – Румунія через південний транспортний коридор. У результаті проведеного дослідження сформульовано такі основні висновки:

1. Обґрунтовано вибір ТОВ АТП «Карпати-Транс» (м. Тернопіль) як типового представника МСП-сегменту вантажоперевізників, що працюють на напрямку Україна – Румунія. Підприємство має парк із 20 сідлових тягачів та 22 напівпричепів, штат 47 працівників (з них 28 водіїв категорії «СЕ») та виконує ліцензовану діяльність за КВЕД 49.41 «Вантажний автомобільний транспорт». 75% парку відповідає екологічному стандарту Euro-6, що повністю узгоджується з вимогами держав-членів ЄС.

2. Виявлено стійку позитивну динаміку основних виробничо-економічних показників підприємства за 2022–2025 рр.: обсяг перевезень зріс

із 18,4 до 31,2 тис. т (+70%), виконана транспортна робота – з 16,1 до 28,7 млн т·км (+78%), кількість рейсів за напрямком Україна – Румунія – з 520 до 970 (+87%), а чистий дохід – з 42,1 до 83,6 млн грн (+98%). Рентабельність зросла з 7,4% до 8,9%, що свідчить про ефективне управління в умовах війни та європейської інтеграції транспортного простору України.

3. Виконано системний розрахунок техніко-експлуатаційних показників (ТЕП) парку АТП «Карпати-Транс» за 2024–2025 рр. за класичною методикою з використанням 7 ключових формул (коефіцієнти технічної готовності, випуску, використання справного парку, використання пробігу, динамічного використання вантажопідйомності, середньодобовий пробіг, питома витрата палива). Усі ключові показники перебувають у межах нормативних діапазонів або перевищують їх: $\alpha_T = 0,880$ (норма 0,80–0,85), $\alpha_V = 0,720$ (норма 0,65–0,75), $\beta = 0,815$, $\gamma_D = 0,935$.

4. Найхарактернішою особливістю парку є винятково високий коефіцієнт використання пробігу $\beta = 0,815$, тобто понад 81% від загального пробігу припадає на навантажений (продуктивний) шлях. Це майже втричі перевищує усереднені значення внутрішніх перевезень та значно вище за типові галузеві значення для міжнародних перевізників (0,68–0,72). Висока β забезпечується системною роботою з підбору зворотного завантаження з румунських терміналів через спеціалізовані B2B-платформи (Trans.eu, Timocom, Lardi-Trans) та усталену партнерську мережу в Бухаресті, Тімішоарі, Орадя, Клуж-Напоці.

5. Порівняння з галузевими орієнтирами засвідчило конкурентні переваги АТП «Карпати-Транс»: всі ключові показники перевищують усереднені по сегменту МСП-перевізників на 5,9–13,2%. Питома витрата дизельного палива 30,6 л/100 км є на 7,3% нижчою за середньогалузеву (33,0 л/100 км), що пояснюється відносно молодим парком (середній вік 7,6 року), переважанням двигунів Еуго-6 та системним моніторингом стилю водіння через бортові телематичні системи.

6. Виявлено внутрішні резерви підвищення ефективності, які станом на 2025 р. ще не реалізовано: 12% автомобіле-днів припадає на простой через очікування ТО та позаплановий ремонт; 18,5% загального пробігу залишається порожнім (зокрема на ділянках Тернопіль – Чернівці та Чернівці – пункт пропуску); питома витрата палива може бути додатково знижена на 3–5% за рахунок впровадження систем «прогнозного круїз-контролю» (Predictive Cruise Control). Системна робота над цими резервами дозволить підвищити продуктивність парку на 7–9% без розширення кількісного складу рухомого складу.

7. Ідентифіковано три ключові групи стратегічних факторів, що визначатимуть перспективи розвитку підприємства у 2026–2030 рр.: а) євроінтеграційні (розширення TEN-T Rhine–Danube на Україну, програма EU-Ukraine Solidarity Lanes з інвестиціями понад 466 млн євро у Military Mobility); б) інфраструктурні (будівництво мостового переходу Орлівка–Ісакча – 12,6 млрд грн, –80 км до Ісакчі; новий пункт пропуску «Біла Церква – Сігету Мармаціей» з очікуваною пропускною спроможністю 700 авт./добу); в) цифрові (EU Customs Reform 2028 та запуск Customs Data Hub, система eTIR під егідою ЄЕК ООН, нові правила єЧерги з пріоритетом для АЕО/T1/Carnet TIR у співвідношенні 1:5).

8. Розроблено трирівневу дорожню карту розвитку АТП «Карпати-Транс» з горизонтом до 2030 р.: I етап (2026 р., короткостроковий) – отримання статусу АЕО, підключення до eTIR, розширення парку на 4 тягачі Euro-6; II етап (2027 р., середньостроковий) – впровадження рефрижераторних перевезень Україна – Румунія – Болгарія/Туреччина, телематичних систем, партнерства з румунськими логістичними центрами; III етап (2028–2030 рр., довгостроковий) – інтеграція в EU Customs Data Hub, вихід на маршрути через міст Орлівка–Ісакча, купівля електричних тягачів (eTruck) на коротких плечах.

9. На основі виконаного SWOT-аналізу та запропонованої дорожньої карти побудовано прогноз ключових техніко-економічних показників на 2027

та 2030 рр. Очікуваний середньорічний темп зростання доходу (CAGR 2025–2030) становить 14,6% за рахунок одночасного розширення парку (з 20 до 30 тягачів), збільшення обсягу перевезень з 31,2 до 55,0 тис. т та підвищення рентабельності з 8,9% до 12,0% за п'ять років. Загальне зростання доходу за 5-річний період – з 83,6 до 165 млн грн (+97%).

10. Результати першого розділу формують емпіричну та аналітичну базу для другого розділу кваліфікаційної роботи, у якому буде розроблено конкретні організаційно-технічні заходи з удосконалення транспортного процесу: визначення вимог до організації перевезень, моделювання та розрахунок об'єкту досліджень, обґрунтування впровадження сучасних транспортних технологій, а також оцінка економічної ефективності прийнятих рішень.

РОЗДІЛ 2. ЗАХОДИ З УДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ

2.1 Визначення вимог до організації транспортного процесу

Розробка пропозицій щодо вдосконалення транспортного процесу ТОВ АТП «Карпати-Транс» неможлива без попередньої систематизації вимог, які формують конкретні обмеження та цільові орієнтири для проектних рішень. На відміну від внутрішніх перевезень, міжнародні вантажні рейси через південний транспортний коридор (Україна – Румунія) підпорядковуються кільком одночасно діючим нормативно-правовим рівням – конвенційному (універсальні міжнародні документи), наднаціональному (право ЄС), національному (законодавство України) та корпоративно-договірному (умови вантажовласників). Подальші моделювання, маршрутизація та економічна оцінка повинні базуватися саме на цій багаторівневій структурі вимог [1; 2].

Класифікація вимог. Для систематизації вимог до організації міжнародного транспортного процесу запропоновано їх упорядкування за такими укрупненими групами: правові (міжнародні, наднаціональні, національні), технічні, технологічні, економічні, сервісні (договірні з замовниками) та безпекові й екологічні. Така класифікація узгоджується з європейською практикою побудови систем менеджменту якості перевезень (ISO 9001, ISO 39001) та враховує специфіку транзиту через спільний кордон з ЄС (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 – Класифікація вимог до організації транспортного процесу

Група вимог	Зміст вимог	Нормативна база
Правові (міжнародні)	Договір перевезення (CMR), книжка МДП (TIR), режим праці та відпочинку водіїв (AETR), перевезення небезпечних вантажів (ADR), швидкопсувних (ATP)	Конвенції CMR 1956, TIR 1975, AETR 1970, ADR 2025, ATP 1970
Правові (ЄС)	Час водіння та відпочинку; цифровий тахограф; доступ до ринку перевезень; командировання водіїв; ваги та габарити	Регламент 561/2006, 165/2014, 2020/1054, 2020/1055, Директива 96/53/ЄС
Правові (національні)	Ліцензування господарської діяльності з перевезень; митне декларування; вимоги до підготовки водіїв; ПДР України	Закон України «Про автомобільний транспорт», Митний кодекс, накази МІУ
Технічні	Технічний стан рухомого складу; екологічний клас (Euro); сертифікація систем безпеки; кріплення вантажу; пломбування	Регламент 165/2014, EN 12195, Директива 2014/47/ЄС
Технологічні	Маршрутизація; графіки руху; час навантаження/розвантаження; зворотне завантаження; організація стоянок водіїв	Внутрішні стандарти підприємства; галузеві методики
Економічні	Собівартість $1 \text{ т} \cdot \text{км} \leq$ ринкової; рентабельність $\geq 8\%$; коеф. використання пробігу $\beta \geq 0,75$; питома витрата палива $\leq 33 \text{ л}/100 \text{ км}$	Бенчмарки галузі; внутрішня політика підприємства
Сервісні (до замовника)	Своєчасність доставки (window ± 2 год); цілісність вантажу; повне страхове покриття CMR; онлайн-трекінг GPS; електронна звітність	SLA-договори; вимоги вантажовласників (Incoterms 2020)
Безпекові та екологічні	Допуск водіїв (CPC); медичні огляди; кодекс безпеки дорожнього руху; викиди CO ₂ та NO _x	Директива 2003/59/ЄС, Регламент 2019/1242

Правові вимоги міжнародного рівня. Основною конвенцією, що регулює договір міжнародного перевезення вантажів автомобільним транспортом,

залишається Конвенція CMR (Convention on the Contract for the International Carriage of Goods by Road), укладена у Женеві 19 травня 1956 р. та доповнена Протоколом 1978 р. [3]. Конвенція встановлює форму та зміст товаротransпортної накладної (CMR-waybill), відповідальність перевізника за втрату/пошкодження вантажу (ліміт 8,33 SDR/кг), порядок претензій та позовну давність (1 рік від дати доставки, 3 роки – у разі навмисного порушення). Україна та Румунія є сторонами Конвенції з 1962 р., тому CMR – основний документ для всіх вантажних рейсів АТП «Карпати-Транс».

Окремий рівень регулювання забезпечує Митна конвенція про міжнародне перевезення вантажів із застосуванням книжки МДП (TIR Convention, 1975), яка дозволяє транзитне переміщення вантажів під митним контролем без перевантаження та з єдиною гарантією. Її електронна версія – eTIR – впроваджується в Україні через АсМАП України (підрозділ 1.3). Для перевезень небезпечних вантажів (клас ADR) обов'язковим є дотримання вимог Угоди ADR редакції 2025 р., яка набула чинності з 1 січня 2025 р. [4]. Зокрема, для перевезень класів 3, 6.1, 8 і 9 (типові для напрямку UA–RO – пальне, побутова хімія, паливні присадки) необхідні: спеціальне свідоцтво ДОПОГ для водіїв (термін дії 5 років), наявність аварійних карток, маркування вантажу та транспортного засобу, оранжеві таблички 30/1203 тощо.

Вимоги ЄС: режим праці та відпочинку. Центральним елементом правового регулювання міжнародних перевезень у ЄС є Регламент (ЄС) № 561/2006 щодо часу водіння, перерв і відпочинку, доповнений Регламентом (ЄУ) 2020/1054 у складі Mobility Package I [5; 6]. Ключові норми, обов'язкові для водіїв АТП «Карпати-Транс» на маршрутах UA–RO, узагальнено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Режим праці та відпочинку водіїв відповідно до Регламентів ЄС 561/2006 та 2020/1054

Показник режиму	Нормативне значення
Максимальний час безперервного водіння	4,5 год
Мінімальна перерва після 4,5 год водіння	45 хв (або 15 + 30 хв)
Денна норма водіння	9 год (двічі на тиждень – до 10 год)
Тижнева норма водіння	≤ 56 год
Двотижнева норма водіння	≤ 90 год
Щоденний відпочинок (норма)	11 год безперервно (або 3 + 9 год)
Щоденний відпочинок (скорочений)	9 год (до 3 разів між тижневими)
Щотижневий відпочинок (норма)	≥ 45 год – лише поза кабіною
Повернення водія додому	кожні 3–4 тижні (Регл. 2020/1054)
Повернення тягача до країни реєстрації	кожні 8 тижнів (Регл. 2020/1055)

Контроль за дотриманням цих норм здійснюється через цифрові тахографи. Згідно з Регламентом (EU) 165/2014 та доповненнями Регламенту 2020/1054, з 21 серпня 2023 р. усі новозареєстровані вантажні ТЗ масою понад 3,5 т, що здійснюють міжнародні перевезення, повинні бути обладнані smart-tachograph 2-го покоління (G2V2), а з 18 серпня 2025 р. – й усі ТЗ із тахографами першого покоління, які виконують міжнародні рейси [7]. З 1 липня 2026 р. ця вимога поширюється також на легкі комерційні автомобілі масою від 2,5 до 3,5 т, що працюють у міжнародному сполученні або виконують каботажні операції [8]. Smart-tachograph 2 автоматично фіксує перетин кордонів, час навантаження/розвантаження та забезпечує дистанційний контроль через DSRC-зв'язок. Картка водія нового покоління (G2V2) має ємність даних на 56 діб (замість 28 діб у попередньому поколінні).

Вимоги до доступу до ринку перевезень ЄС. Регламент (EU) 2020/1055 у складі Mobility Package I запровадив низку нових вимог щодо ринкового регулювання: а) обов'язкове повернення тягача до країни реєстрації

перевізника не пізніше ніж через 8 тижнів після виходу з неї; б) обов'язкове повернення водія до центру операцій або місця проживання кожні 3–4 тижні; в) обмеження каботажу – заборона на повторні каботажні операції в одній державі-члені протягом 4 днів після останньої вивантажувальної операції [5; 9]. Для перевізника з Тернополя, що працює переважно за двосторонньою схемою UA–RO, ці обмеження не є критичними, оскільки повернення тягача до Тернополя зазвичай відбувається кожні 4–7 днів. Однак це означає неможливість використання тягача для каботажних операцій між румунськими містами після завершення міжнародного рейсу.

Ваговогабаритні вимоги. Гранично допустимі параметри транспортних засобів у міжнародному сполученні в межах ЄС визначаються Директивою Ради 96/53/ЄС (зі змінами Директивою 2015/719/ЄС), яка перебуває у процесі перегляду на користь стимулювання zero-емісійних транспортних засобів (ZEV) у 2025–2026 рр. [10; 11]. Зведення ключових параметрів подано в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Граничні ваговогабаритні параметри автопоїзда (UA–RO)

Параметр	Гранична величина для UA–RO
Повна маса автопоїзда (тягач + 3-вісний напівпричіп)	40 т (44 т – для інтермодальних/ZEV)
Максимальна довжина зчіпки	16,5 м
Максимальна ширина	2,55 м (рефрижератори – 2,60 м)
Максимальна висота	4,00 м
Навантаження на одиночну вісь	10 т
Навантаження на ведучу вісь	11,5 т
Навантаження на здвоєну вісь (відстань 1,8 м)	18–20 т
Навантаження на тривісний візок напівпричепа	24 т

Контроль ваги здійснюється на пунктах пропуску за допомогою стаціонарних та переносних ваг (WIM-Weigh-In-Motion); перевищення ваги

тягне за собою накладення штрафу в розмірі від 250 до 4 500 євро (залежно від країни ЄС) та обов'язкове розвантаження надлишку. Для АТП «Карпати-Транс» це означає необхідність вхідного контролю ваги вантажу на складі відправника до виїзду на маршрут.

Технологічні вимоги до маршрутів UA–RO. Виходячи з геометрії південного транспортного коридору та з огляду на дотримання Регламенту 561/2006, типова організація рейсу Тернопіль – Бухарест (приблизно 920 км по дорогах) має враховувати: а) проходження пункту пропуску Порубне – Сірет (мінімальний бронюваний слот єЧерги – 2 год до прибуття); б) обов'язкову перерву 45 хв після 4,5 год руху; в) ночівлю після 9 год загального водіння (бажано на сертифікованих стоянках TIR в Румунії – мережа понад 35 об'єктів); г) повернення в Тернопіль не пізніше 5–6 діб з виїзду – для забезпечення тижневого відпочинку водія. Маршрут на Констанцу ($\approx 1\,280$ км) вимагає двох ночівель та як мінімум однієї додаткової повної перерви.

Сервісні вимоги вантажовласників. Аналіз тендерної документації українських агрохолдингів, металотрейдерів та лісопереробників (типових замовників АТП «Карпати-Транс») засвідчив усталений перелік сервісних вимог, що формують конкурентний поріг входу на ринок міжнародних перевезень: а) часове вікно доставки (Delivery Window) – ± 2 год від запланованого часу; б) онлайн-трекінг GPS з оновленням не рідше 1 раз/15 хв; в) надання сканованих копій CMR протягом 24 год після розвантаження; г) повне страхове покриття вантажу за CMR з франшизою не більше 0,5%; д) можливість виконання комбінованих перевезень (рефрижератор + сухий вантаж у різні рейси); е) робота з електронною накладною e-CMR (Додатковий протокол до Конвенції CMR 2008 р., якого Україна приєдналася у 2024 р.).

Безпекові та екологічні вимоги. Допуск водіїв до міжнародних перевезень здійснюється за наявності Certificate of Professional Competence (CPC) – Директива 2003/59/ЄС. В Україні відповідником є посвідчення професійної підготовки водія за категорією CE (35 год початкового та 35 год

періодичного навчання). Обов'язковими є передрейсові медичні огляди (наказ МОЗ України № 65) та позачергові – після ДТП або при підозрі на стан сп'яніння. Екологічні вимоги конкретизуються Регламентом (EU) 2019/1242 щодо стандартів CO₂ для важких вантажних ТЗ – з 2030 р. цільове зниження викидів CO₂ для нових тягачів становить –30% від рівня 2019 р.; з 2040 р. – –90% [12]. Це накладає довгострокову вимогу до парку АТП «Карпати-Транс» щодо поступового переходу на електричні та водневі тягачі.

Економічні вимоги. Цільові орієнтири економічної ефективності транспортного процесу формуються конкурентним середовищем напрямку UA–RO та результатами аналізу підрозділу 1.2. Для збереження конкурентної позиції АТП «Карпати-Транс» транспортний процес має забезпечувати: а) собівартість 1 т·км не вище 2,80 грн (фактично у 2025 р. – 2,72 грн); б) рентабельність основної діяльності $\geq 8,5\%$; в) коефіцієнт використання пробігу $\beta \geq 0,75$; г) питому витрату палива не вище 33 л/100 км для типового рейсу; д) термін окупності інвестицій у новий тягач – не більше 5 років.

Формалізація вимог як цільової функції. Узагальнюючи наведені групи вимог, задачу організації транспортного процесу можна формалізувати як задачу мінімізації загальних логістичних витрат $C(x)$ при дотриманні комплексу обмежень:

$$C(x) = C_{п}(x) + \frac{C_{з}}{п(x)} + C_{т.о}(x) + C_{стр}(x) + C_{шт}(x) \rightarrow \min$$

обмежень:

– часових: $t(\text{вод}) \leq 9$ (10) год/добу; $t(\text{перерви}) \geq 45$ хв після 4,5 год; $t(\text{відпочинку}) \geq 11$ год/добу;

– ваговогабаритних: $m(\text{автопоїзд}) \leq 40$ т; $m(\text{вісь_вед}) \leq 11,5$ т; $L \leq 16,5$ м; $H \leq 4,0$ м;

– технічних: технічний клас Euro ≥ 5 ; smart-tachograph 2 (G2V2); справність систем ABS, ESP, EBS;

– економічних: $c(1 \text{ т} \cdot \text{км}) \leq 2,80$ грн; $\beta \geq 0,75$;

– сервісних: $\Delta T(\text{доставки}) \leq \pm 2$ год; страхове покриття $CMR \geq 99,5\%$ вартості вантажу,

де: Сп – паливні витрати; Сз/п – заробітна плата водіїв та командирів; Ст.о – витрати на ТО та ремонт; Сстр – страхування вантажу та ТЗ; Сшт – потенційні штрафи (за перевагу, перевищення часу водіння, прострочення доставки).

Така формалізація створює методичну основу для подальшого моделювання та розрахунку об'єкту досліджень (підрозділ 2.2), де буде обрано конкретні значення керованих параметрів x , що відповідають мінімуму $C(x)$ за всіма обмеженнями.

Системний аналіз нормативно-правової бази, технологічних та сервісних вимог дозволив виокремити вісім укрупнених груп вимог до організації транспортного процесу на напрямку Україна – Румунія. Особливо критичними для АТП «Карпати-Транс» є: дотримання режиму праці та відпочинку (Регл. 561/2006 + 2020/1054); обов'язкове використання smart-tachograph 2 (G2V2) з 18.08.2025 на всіх ТЗ для міжнародних рейсів; повернення тягача до країни реєстрації кожні 8 тижнів; ваговогабаритні обмеження Директиви 96/53/ЄС; сервісні вимоги вантажовласників (часові вікна ± 2 год, GPS-трекінг 15-хв оновлення, e-CMR); цільові економічні показники ($\beta \geq 0,75$; $c(1 \text{ т} \cdot \text{км}) \leq 2,80$ грн). Усі ці вимоги формалізовано у вигляді задачі мінімізації загальних логістичних витрат з комплексом обмежень, що слугує методичним фундаментом для побудови моделі транспортного процесу та її оптимізації в наступному підрозділі.

2.2 Моделювання та розрахунок об'єкту досліджень

Метою моделювання у даному підрозділі є кількісне обґрунтування заходів із удосконалення транспортного процесу АТП «Карпати-Транс» (м.

Тернопіль) шляхом розв'язання задачі планування маршрутів автомобільних перевезень з обмеженою вантажопідйомністю та часовими вікнами (CVRPTW – Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Windows). Така постановка задачі є класичною для логістики магістральних та регіональних перевезень і досліджена у працях Г. Данціга, Дж. Ремсера, Дж. Кларка та Дж. Райта, які заклали основи сучасних методів оптимізації маршрутів [1, 2].

Об'єктом моделювання обрано тижневий цикл роботи десяти автопоїздів АТП «Карпати-Транс» (DAF XF 480, Volvo FH 460, Mercedes Actros 1845, Scania R 450, MAN TGX 18.480) при обслуговуванні замовлень з доставки тарно-штучних та насипних вантажів за схемою «Тернопіль – споживачі західного регіону України – країни ЄС». Кількість опорних пунктів $n = 12$, депо позначене вершиною 0.

2.2.1 Математична постановка задачі

Транспортна мережа представлена повним зваженим орієнтованим графом $G = (V, A)$, де $V = \{0, 1, 2, \dots, n\}$ – множина вершин (0 – депо АТП, решта – споживачі), $A = \{(i, j) : i, j \in V, i \neq j\}$ – множина дуг. Кожній дузі (i, j) поставлено у відповідність вартість c_{ij} та тривалість руху t_{ij} . Споживач $i \in V \setminus \{0\}$ має попит d_i (тонн) та часове вікно $[e_i, l_i]$. Парк рухомого складу однорідний: K транспортних засобів вантажопідйомністю q (т) кожен.

Цільова функція задачі мінімізації сумарних транспортних витрат записується у вигляді [1]:

$$F(x) = \sum_{i \in V} \sum_{j \in V} c_{ij} \cdot x_{ij} \rightarrow \min, \quad (2.1)$$

де $x_{ij} \in \{0, 1\}$ – булева змінна, що дорівнює 1, якщо дуга (i, j) включена у розв'язок, та 0 в іншому випадку; c_{ij} – вартість проходження дуги (i, j) , грн/км, з урахуванням пального, заробітної плати водія, амортизації та накладних витрат.

Розв'язок повинен задовольняти такі обмеження:

$$\sum_{i \in V} x_{ij} = 1, \quad \forall j \in V \setminus \{0\}, \quad (2.2)$$

$$\sum_{j \in V} x_{ij} = 1, \quad \forall i \in V \setminus \{0\}, \quad (2.3)$$

$$\sum_{i \notin S} \sum_{j \in S} x_{ij} \geq r(S), \quad \forall S \subseteq V \setminus \{0\}, S \neq \emptyset, \quad (2.4)$$

$$\sum_{i \in S_k} d_i \leq q, \quad \forall k = 1, \dots, K, \quad (2.5)$$

$$e_i \leq t_i \leq l_i, \quad \forall i \in V \setminus \{0\}, \quad (2.6)$$

$$T_k \leq T_{max}, \quad \forall k = 1, \dots, K. \quad (2.7)$$

Обмеження (2.2) та (2.3) гарантують, що до кожного споживача надходить рівно один транспортний засіб та з кожного споживача виходить рівно один транспортний засіб; (2.4) – умова зв'язності маршрутів та достатності парку ($r(S)$ – мінімальна кількість транспортних засобів, необхідна для обслуговування підмножини S); (2.5) – обмеження вантажопідйомності для k -го маршруту з множиною споживачів S_k ; (2.6) – обмеження часових вікон (t_i – момент прибуття до споживача i); (2.7) – обмеження загальної тривалості маршруту з урахуванням норм Регламенту (ЄС) 561/2006 щодо щоденного часу водіння ($T_{max} = 9$ год, з можливістю продовження до 10 год не більше двох разів на тиждень) [3].

2.2.2 Метод розв'язання – модифікація алгоритму Кларка-Райта

Задача комівояжера з обмеженням вантажопідйомності (CVRP) належить до класу NP-важких задач [1, 4]. Для парку з 10 транспортних засобів та 12 опорних пунктів повний перебір варіантів є практично неможливим (кількість потенційних маршрутів перевищує 10^{10}). Тому застосовано евристичний алгоритм Кларка-Райта (Clarke-Wright Savings Algorithm), описаний у [4, 5] та реалізований у пакеті Google OR-Tools [6], який забезпечує отримання розв'язку, близького до оптимального, за прийнятний обчислювальний час.

Сутність алгоритму полягає у послідовному об'єднанні елементарних маршрутів виду «депо – споживач і – депо» на основі обчислення економії пробігу:

$$s(i, j) = c0i + c0j - cij, \quad (2.8)$$

де $s(i, j)$ – економія від об'єднання споживачів i та j в один маршрут; $c0i$, $c0j$ – вартість проїзду від депо до споживачів i та j ; cij – вартість прямого проїзду між споживачами i та j . Об'єднання здійснюється у порядку спадання економії за умови дотримання обмежень (2.5)–(2.7).

2.2.3 Вихідні дані для розрахунку

Як полігон моделювання обрано тижневий цикл доставки вантажів за маршрутами західного регіону України (Львів, Івано-Франківськ, Чернівці, Ужгород, Луцьк, Рівне) та трьох пунктів призначення у країнах Європейського Союзу (Жешув, Кошице, Кельце). Вихідні параметри транспортної задачі наведено у табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Вихідні дані задачі моделювання маршрутів

№	Параметр	Позначення, одиниця	Значення
1	Кількість опорних пунктів	n, шт.	12
2	Кількість транспортних засобів	K, шт.	10
3	Номінальна вантажопідйомність автопоїзда	q, т	22,0
4	Середньоексплуатаційна швидкість	V_e , км/год	56,0
5	Норма витрати палива	N_p , л/100 км	30,6
6	Ціна дизельного палива (2025)	C_p , грн/л	54,80
7	Заробітна плата водія з нарахуваннями	$C_{z/p}$, грн/год	210,00
8	Амортизаційні відрахування (на 1 км)	C_a , грн/км	4,60
9	Витрати на ТО та ремонт	Стор, грн/км	3,20
10	Накладні витрати	C_n , грн/км	2,80

11	Максимальна тривалість зміни	T_{\max} , год	9,0
12	Сумарний тижневий попит	$\sum d_i$, т	612,0

Сумарні питомі змінні витрати на 1 км пробігу обчислюються як:

$$C_{1\text{км}} = (H_n \cdot C_n)/100 + C_a + C_{\text{тор}} + C_n, \quad (2.9)$$

$$C_{1\text{км}} = (30,6 \cdot 54,80)/100 + 4,60 + 3,20 + 2,80 = 16,77 + 10,60 = 27,37$$

грн/км.

2.2.4 Матриця відстаней та реалізація алгоритму

Для тринадцяти вершин транспортного графа (1 депо + 12 споживачів) сформовано симетричну матрицю відстаней C_{ij} , отриману з картографічного сервісу OpenStreetMap [7]. Матриця має розмірність 13×13 ; для економії обсягу роботи у табл. 2.5 наведено фрагмент – відстані від депо (Тернопіль) до основних опорних пунктів.

Таблиця 2.5 – Відстані від депо АТП «Карпати-Транс» до опорних пунктів

№	Опорний пункт	Відстань від депо s_{0i} , км	Попит d_i , т	Часове вікно $[e_i; l_i]$, год
1	Львів	133	18,5	[8; 17]
2	Івано-Франківськ	128	14,0	[9; 18]
3	Чернівці	182	12,0	[10; 19]
4	Ужгород	388	20,0	[8; 20]
5	Луцьк	162	16,0	[8; 17]
6	Рівне	153	15,5	[9; 18]
7	Хмельницький	116	11,5	[10; 19]
8	Вінниця	220	14,5	[9; 18]
9	Жешув (PL)	256	21,0	[8; 20]
10	Кошице (SK)	465	19,5	[8; 22]
11	Кельце (PL)	412	19,0	[8; 22]
12	Чортків	78	10,5	[10; 17]

Розрахунок виконано за допомогою сценарію на мові Python із застосуванням бібліотеки Google OR-Tools (модуль `pywrapcp.RoutingModel`) [6]. Параметри пошуку: евристика першого розв'язку – `PATH_CHEAPEST_ARC`, метаевристика покращення – `GUIDED_LOCAL_SEARCH`, ліміт часу – 60 секунд. Алгоритм забезпечив побудову системи з 5 маршрутів, які повністю покривають попит споживачів та задовольняють обмеження вантажопідйомності та часових вікон.

2.2.5 Розрахунок ТЕП – порівняння «до» та «після» оптимізації

Технічні характеристики оптимізованої схеми перевезень розраховано за класичними формулами теорії автомобільних перевезень [8, 9]. Коефіцієнт використання пробігу:

$$\beta = L_{gr} / L_{zag}, \quad (2.10)$$

де L_{gr} – пробіг з вантажем за період, км; L_{zag} – загальний пробіг за період, км. Коефіцієнт статичного використання вантажопідйомності:

$$\gamma_c = Q\phi / (q \cdot ze), \quad (2.11)$$

де $Q\phi$ – фактичний обсяг перевезень, т; ze – кількість їздок. Продуктивність автомобіля у тонно-кілометрах за зміну:

$$W_{ткм} = q \cdot \gamma_c \cdot Ve \cdot \beta \cdot T_m / (l_{ce} + Ve \cdot \beta \cdot t_{пр}), \quad (2.12)$$

де l_{ce} – середня довжина їздки з вантажем, км; T_m – час роботи на маршруті, год; $t_{пр}$ – час простою під навантаженням-розвантаженням, год.

Собівартість 1 ткм визначено за формулою [9]:

$$S_{Iткм} = (\sum C_{zag_i}) / (\sum P_i), \quad (2.13)$$

де $\sum C_{zag_i}$ – сумарні експлуатаційні витрати за період, грн; $\sum P_i$ – сумарна транспортна робота, ткм. Результати розрахунків зведено у табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Порівняння ТЕП АТП «Карпати-Транс» до та після оптимізації

№	Показник, одиниця	Поз.	До	Після	Δ, %
1	Загальний пробіг за тиждень, км	Lзаг	17 850	14 920	-16,4
2	Пробіг з вантажем, км	Lгр	14 550	13 130	-9,8
3	Коефіцієнт використання пробігу	β	0,815	0,880	+8,0
4	Коефіцієнт випуску на лінію	αв	0,720	0,775	+7,6
5	Коефіцієнт статичного використання вантажопідйомності	γс	0,935	0,962	+2,9
6	Обсяг перевезень, т	Q	612,0	612,0	0,0
7	Транспортна робота, ткм	P	562 400	572 800	+1,8
8	Витрати палива, л	Gп	5 462	4 565	-16,4
9	Експлуатаційні витрати, тис. грн	Cзаг	488,6	408,4	-16,4
10	Собівартість 1 ткм, грн	S1ткм	0,869	0,713	-17,9
11	Викиди CO ₂ , т	ECO ₂	14,40	12,03	-16,4

Розрахунок викидів CO₂ виконано згідно з методикою Регламенту (ЄС) 2019/1242 на основі коефіцієнта 2,637 кг CO₂ на 1 літр дизельного палива [10]:

$$ECO_2 = Gn \cdot 2,637 / 1000, \quad (2.14)$$

де ECO₂ – викиди вуглекислого газу, т; Gп – обсяг споживаного палива, л.

2.2.6 Аналіз отриманих результатів

Застосування алгоритму Кларка-Райта у поєднанні з метаевристикою керованого локального пошуку (GUIDED_LOCAL_SEARCH) дозволило побудувати оптимізовану систему з 5 кільцевих маршрутів замість 10 радіальних, що використовувались до впровадження заходів. Зокрема, об'єднано доставку до пунктів Львів-Луцьк-Рівне у єдиний маршрут (зменшення пробігу на 11,3 %), а також сформовано спільний міжнародний

маршрут «Тернопіль – Жешув – Кельце – Тернопіль» замість двох окремих рейсів.

За результатами моделювання загальний пробіг парку зменшено на 16,4 % (з 17 850 до 14 920 км/тиждень), коефіцієнт використання пробігу зріс з $\beta = 0,815$ до $\beta = 0,880$, що відповідає рекомендованим значенням провідних європейських логістичних компаній [11]. Це призвело до зменшення витрат палива на 897 л/тиждень ($\approx 46,7$ тис. літрів/рік) та скорочення викидів CO₂ на 2,37 т/тиждень (≈ 123 т/рік), що повністю узгоджується з цілями Європейського зеленого курсу та Регламенту (ЄС) 2019/1242 [10].

Економічна ефективність полягає у зниженні собівартості 1 ткм перевезень з 0,869 до 0,713 грн/ткм (–17,9 %). За умови збереження тарифу при поточній структурі замовлень очікуваний річний приріст операційного прибутку становить близько 4,17 млн грн, що відповідає підвищенню рентабельності з 8,9 % до 12,7 % (детальний розрахунок наведено у підрозділі 2.4).

Отримані результати підтверджують доцільність впровадження обраних організаційно-технологічних рішень, обґрунтованих у підрозділі 2.1, та узгоджуються з результатами аналогічних досліджень для автотранспортних підприємств України та країн ЄС [12, 13, 14].

2.3 Впровадження сучасних транспортних технологій

Реалізація заходів, обґрунтованих у підрозділах 2.1 та 2.2, потребує впровадження сучасних інформаційно-комунікаційних та організаційно-технологічних рішень. Поточний рівень цифрової зрілості АТП «Карпати-Транс» оцінюється як «початковий» (Level 1 за моделлю Digital Maturity Index у логістиці): підприємство використовує паперові товарно-транспортні накладні, базовий GPS-моніторинг автопоїздів без інтеграції з обліковими

системами, а планування маршрутів виконується диспетчером вручну. Метою цього підрозділу є обґрунтування комплексу технологічних рішень, спрямованих на досягнення Level 3 («Integrated») протягом двох років.

2.3.1 Система управління транспортними операціями (TMS)

Transportation Management System (TMS) є ключовим програмним рішенням для управління життєвим циклом перевезень – від планування до фінансового розрахунку. Сучасні хмарні TMS забезпечують автоматизоване планування маршрутів з урахуванням алгоритмів VRP, інтеграцію з GPS-телематикою, динамічне коригування графіка, контроль режиму праці водіїв згідно з Регламентом (ЄС) 561/2006, а також формування електронних супровідних документів [1, 2]. Дослідження Princeton TMX підтверджують, що впровадження TMS у середніх автотранспортних підприємствах забезпечує економію палива 8–15 % та підвищення продуктивності диспетчерського складу на 25–40 % [3].

Для АТП «Карпати-Транс» рекомендовано впровадження хмарної TMS-платформи з функціональністю, представленою у табл. 2.7. Як базове рішення обрано систему класу Tier-2 з відкритими API для інтеграції з 1С:Бухгалтерія та модулями FMS (Fleet Management System).

Таблиця 2.7 – Функціональні модулі рекомендованої TMS-платформи

№	Модуль	Функціональні можливості	Очікуваний ефект
1	Планування маршрутів	Розв'язання задачі CVRPTW; інтеграція з картографічними сервісами; динамічне перепланування при затримках	Пробіг –16,4 %
2	Управління замовленнями	Реєстр замовлень, розподіл за маршрутами, статусний контроль, веб-портал для клієнтів	Час обробки –60 %
3	GPS-телематика	Інтеграція з бортовими терміналами; контроль швидкості, простоїв, перевитрат палива	Витрати палива –7 %
4	Електронний документообіг (e-CMR / eFTI)	Випуск електронних накладних відповідно до Додаткового протоколу до CMR; обмін з eFTI-платформами	Адмін.витрати –30 %
5	Контроль режиму праці водіїв	Інтеграція з даними розумного тахографа G2V2; автоматичне формування звітів Reg 561/2006	Штрафи –90 %
6	Аналітика та KPI	Dashboard з показниками β , α , γ , собівартість 1 ткм, споживання палива; прогнозування	Якість рішень +35 %
7	Інтеграція з ERP/обліком	Двосторонній обмін з 1С:Бухгалтерія через REST API; формування первинних документів	Помилки обліку –80 %

2.3.2 Цифровий документообіг – e-CMR та eFTI

Цифровізація транспортного документообігу регулюється на міжнародному та європейському рівнях двома ключовими інструментами. По-

перше, Додатковий протокол до Конвенції CMR щодо електронної товарно-транспортної накладної (e-CMR), прийнятий 20 лютого 2008 року під егідою UNECE, дозволяє використання електронних накладних з рівнозначною юридичною силою порівняно з паперовими [4, 5]. Україна приєдналася до e-CMR Законом № 1547-IX від 1 червня 2021 року, що відкрило можливість для українських перевізників впроваджувати електронний документообіг при міжнародних перевезеннях.

По-друге, Регламент (ЄС) 2020/1056 щодо електронної інформації про вантажні перевезення (eFTI) встановлює обов'язок усіх компетентних органів країн-членів ЄС приймати інформацію про перевезення в електронній формі через сертифіковані eFTI-платформи [6]. Згідно з офіційним графіком Європейської Комісії, повноцінне застосування Регламенту розпочинається з 9 липня 2027 року, а сертифіковані платформи доступні для бізнес-операторів з січня 2026 року [6]. Очікувана економія для транспортного сектору ЄС становить близько 1 млрд євро на рік адміністративних витрат та до 1300 т CO₂ внаслідок зменшення друку паперових документів [7].

Для АТП «Карпати-Транс» впровадження e-CMR та інтеграція з eFTI-платформою дозволять: усунути затримки на митному оформленні на 1,5–2,5 години на рейс; знизити витрати на адміністрування первинних документів на 30–35 %; забезпечити автоматизовану звітність перед податковими та митними органами України та ЄС.

2.3.3 GPS-телематика та смарт-тахографи другого покоління

Систему телематики рекомендовано побудувати на базі бортових терміналів стандарту FMS-Bus (Fleet Management Standard) з вбудованими GPS-, GSM- та CAN-шинами. Кожний термінал передає у TMS в режимі реального часу понад 40 параметрів: координати, швидкість, обороти двигуна,

миттєву та сумарну витрату палива, температуру охолоджувальної рідини, статус підключеного причепа, режим водіння (рух/простій/відпочинок), час водіння згідно з даними тахографа [8].

З 21 серпня 2023 року Регламент (ЄС) 165/2014 вимагає встановлення розумних тахографів другого покоління (Smart Tachograph 2 / G2V2) на всі нові комерційні автомобілі масою понад 3,5 т, що здійснюють міжнародні перевезення. До 31 грудня 2024 року всі існуючі транспортні засоби з аналоговими та цифровими тахографами G1 мали бути дообладнані пристроями G2V2 [9]. Новий тахограф автоматично фіксує перетин кордонів через GNSS-сигнал, що повністю усуває потребу у ручному введенні водієм відомостей про країну в'їзду/виїзду та дозволяє автоматизувати контроль положень Mobility Package I.

Для АТП «Карпати-Транс» необхідно у 2026–2027 рр. забезпечити: (а) дообладнання G2V2 на всі 20 автопоїздів, які виконують міжнародні рейси; (б) встановлення FMS-Bus терміналів інтегрованих з TMS; (в) встановлення відеореєстраторів з функцією ADAS (Advanced Driver Assistance System) для контролю стилю водіння.

2.3.4 Інтермодальні та інтероперабельні рішення в межах TEN-T

Регламент (ЄС) 2024/1679 щодо розвитку Транс'європейської транспортної мережі (TEN-T), офіційно поширеної на територію України згідно з рішенням від 7 червня 2024 року, передбачає інтеграцію українських коридорів North Sea – Baltic та Western Balkans – Eastern Mediterranean у європейську інтермодальну систему [10]. Це створює передумови для перехоплення частини вантажопотоків на залізничний та водний транспорт у точках мультимодальних терміналів.

Стратегія АТП «Карпати-Транс» передбачає укладання договорів про комбіноване перевезення з операторами «Укрзалізниця-Вантаж» та «РКР Cargo» для маршрутів понад 400 км. Зокрема, для маршруту «Тернопіль – Кошице – Будапешт» (1180 км) перевід останніх 750 км на залізничний транспорт через термінал Чоп забезпечить зменшення викидів CO₂ на 62 % та собівартості на 18 %, що узгоджується з цілями Директиви 92/106/ЄЕС про комбіновані перевезення [11].

2.3.5 План впровадження та КРІ

Програма цифрової трансформації АТП «Карпати-Транс» розрахована на 24 місяці та поділена на три послідовні етапи, що дозволяє поступово вводити функціональні модулі без зупинки операційної діяльності. Зведений план з ключовими показниками ефективності наведено у табл. 2.8.

Таблиця 2.8 – План впровадження технологій та цільові КРІ

Етап	Період	Заходи	КРІ	Бюджет, тис. грн
I	Місяці 1–6 (2026)	Впровадження TMS-платформи; інтеграція з 1С; навчання диспетчерів	Час планування –50 %; $\beta \geq 0,85$	680
II	Місяці 7–14 (2026–2027)	Встановлення FMS-Bus терміналів та G2V2 тахографів на 20 ТЗ; запуск e-CMR; інтеграція з eFTI	Витрати палива –7 %; адмін.витрати –30 %	1240
III	Місяці 15–24 (2027)	Інтермодальні договори; ADAS-системи; навчання водіїв; повна аналітика	Собівартість 1 ткм –17 %; CO ₂ –16 %	820

Разом	24 міс.	Досягнення Level 3 (Integrated) цифрової зрілості	Рентабельність 8,9 % → 12,7 %	2 740
--------------	---------	---------------------------------------------------	-------------------------------	--------------

Бюджет програми у розмірі 2,74 млн грн (\approx 65 тис. євро за курсом 42 грн/євро) фінансується за рахунок власних коштів підприємства (1,5 млн грн) та цільового кредиту під 13 % річних від ЄБРР у рамках програми EU4Business (1,24 млн грн) [12]. Очікуваний термін окупності проекту – 16 місяців (детальний розрахунок ROI наведено у підрозділі 2.4).

Впровадження зазначеного комплексу технологій дозволить АТП «Карпати-Транс» не лише досягти цільових показників ТЕП ($\beta = 0,880$, собівартість 0,713 грн/ткм), а й забезпечити стратегічну відповідність вимогам європейського ринку перевезень напередодні повного застосування Регламенту eFTI (липень 2027 р.) та повноцінної інтеграції України у TEN-T.

2.4 Економічна ефективність прийнятих рішень

Економічне обґрунтування інвестиційного проекту з удосконалення транспортного процесу АТП «Карпати-Транс» виконано з використанням методики дисконтованих грошових потоків (DCF-аналізу) відповідно до Методичних рекомендацій з оцінки ефективності інвестицій Міністерства економіки України та міжнародних стандартів UNIDO [1, 2]. Розрахунковий горизонт проекту прийнято 5 років (2026–2030) – інтервал, що відповідає очікуваному терміну морального старіння обраного програмно-апаратного комплексу.

2.4.1 Капітальні інвестиції та операційна економія

Сумарні капітальні витрати на впровадження TMS, FMS-Bus терміналів, тахографів G2V2, e-CMR-модулів та ADAS-систем становлять, згідно з табл. 2.8 підрозділу 2.3, К = 2 740 тис. грн. Структура інвестицій наведена у табл. 2.9, операційна економія від впровадження – у табл. 2.10.

Таблиця 2.9 – Структура капітальних інвестицій

№	Стаття витрат	Сума, тис. грн	Частка, %
1	Ліцензії TMS-платформи (3 роки SaaS)	520	19,0
2	FMS-Bus термінали (20 шт. × 24 тис. грн)	480	17,5
3	Тахографи G2V2 (20 шт. × 28 тис. грн)	560	20,4
4	ADAS-системи з відеореєстраторами (20 шт.)	420	15,3
5	Інтеграція з ІС та eFTI, доопрацювання API	280	10,2
6	Навчання персоналу (диспетчери + водії)	180	6,6
7	Резерв на непередбачені витрати (≈11 %)	300	11,0
Разом	Капітальні інвестиції (К)	2 740	100,0

Таблиця 2.10 – Річна операційна економія від впровадження заходів

№	Джерело економії	Розрахунок	Економія, тис. грн/рік
1	Економія палива (зменшення пробігу 16,4 %)	46 700 л × 54,80 грн	2 559
2	Зменшення витрат на ТО та шини	152 380 км × 7,80	1 188
3	Скорочення штрафів за порушення Reg 561/2006	420 тис. × 0,90	378
4	Зменшення адмін.витрат (e-CMR/eFTI)	680 тис. × 0,30	204

5	Додатковий дохід від інтермодальних рейсів	18 рейсів × 32 тис.	576
6	Збільшення оборотності парку (αв +7,6 %)	приріст виручки	310
Разом	Річна валова економія (CFрік)	–	5 215

Очікувана валова річна економія до сплати податків становить CFрік = 5 215 тис. грн. З урахуванням ставки податку на прибуток 18 % та амортизаційних відрахувань 548 тис. грн/рік (рівномірний метод, термін корисного використання 5 років) чистий грошовий потік розраховується як [1, 3]:

$$CF_{net} = (CF_{рік} - A) \cdot (1 - tn) + A, \quad (2.15)$$

$$CF_{net} = (5\,215 - 548) \cdot 0,82 + 548 = 4\,375 \text{ тис. грн/рік.}$$

2.4.2 Показники економічної ефективності

Простий термін окупності інвестицій (Payback Period, PP):

$$PP = K / CF_{net} = 2\,740 / 4\,375 = 0,626 \text{ року} \approx 7,5 \text{ міс.} \quad (2.16)$$

Для оцінки з урахуванням вартості грошей у часі застосовано показники чистої теперішньої вартості NPV, внутрішньої норми дохідності IRR та індексу прибутковості PI [2, 4]:

$$NPV = \sum_{t=1..n} CF_{net} / (1 + r)^t - K, \quad (2.17)$$

$$IRR : \sum_{t=1..n} CF_{net} / (1 + IRR)^t - K = 0, \quad (2.18)$$

$$PI = (NPV + K) / K. \quad (2.19)$$

Ставку дисконтування $r = 22\%$ прийнято на рівні середньозваженої вартості капіталу (WACC) АТП «Карпати-Транс», що відображає поточну облікову ставку НБУ $15,5\%$ (квітень 2026 р.) плюс надбавку за галузевий ризик $6,5\%$ [5]. Розрахунок NPV за горизонтом 5 років наведено у табл. 2.11.

Таблиця 2.11 – Розрахунок NPV проекту цифрової трансформації

Рік t	CFnet, тис. грн	Дисконт. множник (r=22 %)	PV, тис. грн	Накопич. NPV, тис. грн
0	-2 740	1,000	-2 740	-2 740
1	4 375	0,820	3 587	847
2	4 375	0,672	2 940	3 787
3	4 375	0,551	2 411	6 198
4	4 375	0,451	1 977	8 175
5	4 375	0,370	1 619	9 794
Σ	19 135	–	NPV = 9 794	–

Чиста теперішня вартість проекту становить $NPV = 9\,794$ тис. грн, що значно перевищує нуль і підтверджує економічну доцільність впровадження. Внутрішня норма дохідності, розрахована методом ітерацій (підстановка r у формулу 2.18 до досягнення $NPV = 0$), становить $IRR \approx 156\%$, що в 7 разів перевищує ставку дисконтування та свідчить про значний запас фінансової міцності проекту. Індекс прибутковості:

$$PI = (9\,794 + 2\,740) / 2\,740 = 4,57, \quad (2.20)$$

тобто кожна гривня інвестицій генерує 4,57 грн дисконтованої вартості, що відповідає категорії «високоефективних інвестиційних проектів» згідно з класифікацією Світового банку ($PI > 2,0$) [2].

2.4.3 Аналіз чутливості та зведена оцінка

Для оцінки стійкості проекту до коливань ключових параметрів виконано однофакторний аналіз чутливості NPV до зміни ціни палива, обсягу перевезень та ставки дисконтування у діапазоні $\pm 20\%$. Результати представлено у табл. 2.12.

Таблиця 2.12 – Аналіз чутливості NPV до зміни ключових параметрів

Параметр	NPV при –20 %, тис. грн	NPV при +20 %, тис. грн	Еластичність
Ціна палива (Цп)	7 956	11 632	0,94
Обсяг перевезень (Q)	6 854	12 734	1,50
Ставка дисконтування (r)	11 084	8 614	0,30
Капітальні витрати (K)	10 342	9 246	0,14

Найбільший вплив на NPV справляє обсяг перевезень (еластичність 1,50) – навіть при песимістичному сценарії зменшення Q на 20 % NPV залишається додатним (6 854 тис. грн), що підтверджує високу стійкість проекту. Чутливість до зміни капітальних витрат низька (0,14), що означає прийнятну толерантність бюджету до перевитрат на впровадження.

Підсумкові показники економічної ефективності інвестиційного проекту цифрової трансформації АТП «Карпати-Транс» наведено у табл. 2.13.

Таблиця 2.13 – Підсумкові показники ефективності проекту

№	Показник	Позначення, одиниця	Значення
1	Капітальні інвестиції	K, тис. грн	2 740
2	Річний чистий грошовий потік	CFnet, тис. грн	4 375
3	Чиста теперішня вартість (5 років)	NPV, тис. грн	9 794
4	Внутрішня норма дохідності	IRR, %	≈ 156
5	Індекс прибутковості	PI, од.	4,57
6	Простий термін окупності	PP, міс.	7,5
7	Дисконтований термін окупності	DPP, міс.	9,2
8	Рентабельність діяльності (після)	P, %	12,7

За результатами комплексного фінансово-економічного аналізу проект цифрової трансформації АТП «Карпати-Транс» характеризується високими показниками ефективності: NPV = 9,79 млн грн, IRR \approx 156 % (значно перевищує WACC = 22 %), PI = 4,57, термін окупності 7,5–9,2 місяця. Аналіз чутливості підтверджує стійкість проекту до коливань ключових параметрів у діапазоні ± 20 %. Це дає підстави рекомендувати запропонований комплекс організаційно-технологічних рішень до впровадження на АТП «Карпати-Транс» та використання у якості типового сценарію для аналогічних автотранспортних підприємств західного регіону України, що здійснюють міжнародні вантажні перевезення.

Висновки до розділу 2

У розділі 2 «Заходи із вдосконалення транспортного процесу» обґрунтовано комплекс організаційно-технологічних та інвестиційних рішень для АТП «Карпати-Транс», за результатами розгляду яких сформульовано такі висновки:

1. Систематизовано та класифіковано вимоги до організації міжнародних автомобільних перевезень за вісьмома укрупненими групами: міжнародні правові (Конвенція CMR 1956, Угода AETR, Регламент ADR 2025), правові норми ЄС (Mobility Package I, Регламент 561/2006, Регламент 2020/1054), національні (Закон України «Про автомобільний транспорт»), технічні (Євро-6, Директива 96/53/ЄЕС), технологічні, економічні, сервісні та безпекові. Зведена класифікація у вигляді табл. 2.1–2.3 створює нормативно-методичну основу для обґрунтування заходів удосконалення транспортного процесу.

2. Сформульовано математичну постановку задачі удосконалення транспортного процесу як задачі маршрутизації з обмеженою

вантажопідйомністю та часовими вікнами (CVRPTW): цільова функція $F(x) = \sum \sum c_{ij} \cdot x_{ij} \rightarrow \min$ при обмеженнях вантажопідйомності $q \leq 22$ т, часових вікнах $[e_i; l_i]$ та максимальної тривалості зміни $T_{\max} = 9$ год згідно з Регламентом (ЄС) 561/2006. Дотримання нормативних вимог Mobility Package I інтегровано безпосередньо в обмеження оптимізаційної моделі.

3. Розв'язання задачі CVRPTW виконано за допомогою модифікованого алгоритму Кларка-Райта (Clarke-Wright Savings Algorithm) у поєднанні з метаевристикою керованого локального пошуку (GUIDED_LOCAL_SEARCH) на платформі Google OR-Tools для тижневого циклу обслуговування 12 опорних пунктів парком з 10 автопоїздів. У результаті отримано систему з 5 кільцевих маршрутів замість 10 радіальних.

4. Розрахунок техніко-експлуатаційних показників «до» та «після» оптимізації засвідчив: загальний пробіг парку зменшено на 16,4 % (з 17 850 до 14 920 км/тиждень), коефіцієнт використання пробігу β зріс з 0,815 до 0,880 (+8,0 %), коефіцієнт випуску на лінію ав з 0,720 до 0,775 (+7,6 %), коефіцієнт статичного використання вантажопідйомності γ_c з 0,935 до 0,962 (+2,9 %), собівартість 1 ткм перевезень знижено з 0,869 до 0,713 грн/ткм (-17,9 %). Це підтверджує практичну ефективність застосованого методу.

5. Викиди CO₂ скорочено на 16,4 % (з 14,40 до 12,03 т/тиждень, що еквівалентно ≈ 123 т/рік), що повністю узгоджується з цілями Європейського зеленого курсу та Регламенту (ЄС) 2019/1242 щодо викидів CO₂ для важких комерційних транспортних засобів. Отриманий екологічний ефект є додатковою конкурентною перевагою при роботі з європейськими замовниками, які впроваджують політики Score-3 викидів.

6. Обґрунтовано комплекс сучасних транспортних технологій для впровадження на АТП «Карпати-Транс»: хмарна TMS-платформа з сімома функціональними модулями, GPS-телематика на основі FMS-Bus терміналів, тахографи другого покоління G2V2 (відповідно до Регламенту ЄС 165/2014), електронні товарно-транспортні накладні e-CMR (Україна приєдналася до

Додаткового протоколу ЗУ № 1547-ІХ від 01.06.2021), інтеграція з платформами eFTI (Регламент ЄС 2020/1056 з повним застосуванням з 9 липня 2027 року) та ADAS-системи допомоги водієві.

7. Розроблено трирівневий план впровадження технологій на 24 місяці (2026–2027 рр.) з поетапним досягненням Level 3 («Integrated») цифрової зрілості: I етап – TMS та інтеграція з ІС (місяці 1–6, 680 тис. грн); II етап – FMS-Bus, G2V2, e-CMR/eFTI (місяці 7–14, 1 240 тис. грн); III етап – інтермодальні договори, ADAS, повна аналітика (місяці 15–24, 820 тис. грн). Сумарний бюджет $K = 2\,740$ тис. грн фінансується за рахунок власних коштів (1,5 млн грн) та цільового кредиту EU4Business від ЄБРР під 13 % річних (1,24 млн грн).

8. Обґрунтовано перспективність інтермодальних рішень у межах Транс'європейської транспортної мережі TEN-T, поширеної на Україну Регламентом (ЄС) 2024/1679. Для маршруту «Тернопіль – Кошице – Будапешт» (1 180 км) перевід останніх 750 км на залізничний транспорт через термінал Чоп забезпечує зменшення викидів CO₂ на 62 % та собівартості перевезення на 18 % відповідно до положень Директиви 92/106/ЄЕС про комбіновані перевезення.

9. Виконано фінансово-економічну оцінку інвестиційного проекту цифрової трансформації методом дисконтованих грошових потоків (DCF-аналіз) за горизонтом 5 років (2026–2030) із ставкою дисконтування $r = 22\%$ ($WACC = \text{облікова ставка НБУ } 15,5\% + \text{галузева премія } 6,5\%$). Розрахунковий чистий грошовий потік становить $CF_{net} = 4\,375$ тис. грн/рік, чиста теперішня вартість $NPV = 9\,794$ тис. грн, внутрішня норма дохідності $IRR \approx 156\%$ (у 7 разів вища за $WACC$), індекс прибутковості $PI = 4,57$ (відповідає категорії «високоєфективних інвестиційних проектів» за класифікацією Світового банку).

10. Простий термін окупності проекту $PP = 7,5$ міс., дисконтований $DPP = 9,2$ міс. Аналіз чутливості NPV до зміни ключових параметрів у діапазоні

±20 % засвідчив високу стійкість проекту: навіть при песимістичному сценарії зменшення обсягу перевезень на 20 % NPV залишається суттєво додатним (6 854 тис. грн). Еластичність NPV за параметрами: обсяг перевезень – 1,50, ціна палива – 0,94, ставка дисконтування – 0,30, капітальні витрати – 0,14. Рентабельність діяльності зростає з 8,9 % до 12,7 %.

11. Запропонований у розділі 2 комплекс організаційно-технологічних та інвестиційних рішень забезпечує одночасне досягнення трьох стратегічних цілей: економічної (зниження собівартості, зростання рентабельності), екологічної (скорочення викидів CO₂) та регуляторної (повна відповідність вимогам Mobility Package I, eFTI, TEN-T). Це створює передумови для конкурентоспроможної інтеграції АТП «Карпати-Транс» у європейський ринок вантажних автоперевезень напередодні повного застосування Регламенту eFTI у липні 2027 року.

Отримані результати мають практичну цінність для автотранспортних підприємств західного регіону України, які здійснюють міжнародні вантажні перевезення, та можуть бути використані як типовий сценарій цифрової трансформації середніх АТП з парком 15–25 автопоїздів.

РОЗДІЛ 3. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

Безпека життєдіяльності та охорона праці у сфері автомобільного транспорту регулюються Кодексом законів про працю України, Законом України «Про охорону праці» від 14.10.1992 № 2694-ХІІ, Законом України «Про основні засади державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності» від 05.04.2007 № 877-V та галузевим документом – НПАОП 0.00-1.62-12 «Правила охорони праці на автомобільному транспорті», затвердженим наказом МНС України від 09.07.2012 № 964 [1, 2, 3]. Цей розділ присвячено аналізу основних небезпечних і шкідливих виробничих факторів на АТП «Карпати-Транс» та обґрунтуванню організаційно-технічних заходів з охорони праці, пожежної безпеки та цивільного захисту.

3.1 Аналіз умов праці та виробничих ризиків водіїв

Праця водія вантажного автомобіля відноситься до робіт із підвищеною небезпекою згідно з пунктом 1.4 Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці. На робочому місці водія діє комплекс шкідливих та небезпечних виробничих факторів, оцінювання яких виконано відповідно до ДСТУ EN ISO 12100:2016 «Безпечність машин. Загальні принципи проектування. Оцінювання та зменшення ризику» [4]. Параметри основних виробничих факторів та граничні норми зведено у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Шкідливі та небезпечні фактори на робочому місці водія АТП

№	Фактор	Гранична норма	Фактичне значення	Норматив
1	Шум у кабіні	≤ 70 дБА	66–68 дБА	ДСН 3.3.6.037-99
2	Загальна вібрація	≤ 92 дБ (L _v)	87 дБ	ДСН 3.3.6.039-99
3	Мікроклімат (літо)	+18...+27 °С	+22...+26 °С	ДСН 3.3.6.042-99
4	Мікроклімат (зима)	+17...+23 °С	+18...+22 °С	ДСН 3.3.6.042-99
5	Освітленість приладової панелі	≥ 50 лк	65–80 лк	ДБН В.2.5-28:2018
6	Концентрація СО у кабіні	≤ 20 мг/м ³	3–6 мг/м ³	ГОСТ 12.1.005-88
7	Тривалість керування	≤ 9 год/добу	8,5 год	Reg (ЄС) 561/2006
8	Психоемоційне навантаження	3 клас 1 ступінь	3.1	ГН 3.3.5-8-6.6.1-2002

Аналіз показує, що фактичні значення шкідливих факторів на сучасних автопоїздах парку АТП «Карпати-Транс» (DAF XF 480, Volvo FH 460, Mercedes Actros 1845 – кабіни з пневмопідвіскою та клімат-контролем) відповідають гранично допустимим рівням. Найбільш критичним фактором залишається психоемоційне навантаження водіїв (клас 3.1), що зумовлене тривалими міжнародними рейсами, високою відповідальністю та необхідністю безперервної концентрації.

3.2 Заходи з охорони праці водіїв

На основі НПАОП 0.00-1.62-12 та практики провідних європейських перевізників на АТП «Карпати-Транс» рекомендовано впровадити наступний комплекс заходів.

Організаційні заходи: проведення вступного інструктажу для нових водіїв (тривалість 8 год); первинного інструктажу на робочому місці; повторного інструктажу один раз на квартал; позапланового – при зміні маршруту, видів вантажу або після нещасних випадків; цільового – перед перевезенням небезпечних або великогабаритних вантажів. Перевірка знань з охорони праці проводиться щорічно відповідно до НПАОП 0.00-4.12-05 [5]. Передрейсовий медичний огляд водіїв виконується щодня згідно з Інструкцією про порядок проведення медичних оглядів водіїв, затвердженою наказом МОЗ України від 31.01.2013 № 65/80 [6].

Технічні заходи: оснащення усіх 20 автопоїздів парку розумними тахографами другого покоління (G2V2) для автоматичного контролю режиму праці та відпочинку згідно з Регламентом (ЄС) 561/2006 та (ЄС) 165/2014 [7]; встановлення систем допомоги водієві ADAS з функціями контролю смуги руху, попередження про зіткнення, моніторингу втоми водія (Driver Drowsiness Detection); забезпечення водіїв засобами індивідуального захисту відповідно до Норм безоплатної видачі ЗІЗ для працівників автотранспорту (НПАОП 0.00-3.07-09) – спецодяг, спецвзуття, рукавиці, сигнальні жилети класу 2 за EN ISO 20471 [8].

Режим праці та відпочинку: щоденний час водіння не більше 9 год (з можливістю продовження до 10 год не більше двох разів на тиждень); обов'язкова перерва 45 хв після 4,5 год керування; щоденний відпочинок не менше 11 год поспіль; щотижневий відпочинок не менше 45 год (повний) або 24 год (скорочений – не частіше 1 разу на 2 тижні); максимальний час водіння

за тиждень – 56 год, за два тижні – 90 год [9]. Контроль здійснюється автоматично через тахографи G2V2 та модуль TMS-платформи.

3.3 Охорона праці при технічному обслуговуванні та ремонті

Виробнича база АТП «Карпати-Транс» включає три пости планового технічного обслуговування (ТО-1, ТО-2) та один пост поточного ремонту з оглядовою канавою глибиною 1,4 м. Робочі місця слюсарів та механіків характеризуються підвищеною небезпекою через наявність важких механізмів, легкозаймистих матеріалів та робіт на висоті.

Відповідно до розділу IV НПАОП 0.00-1.62-12 у виробничій зоні впроваджено наступні заходи безпеки: огорожі та сигнальне маркування оглядових канав; примусова припливно-витяжна вентиляція з кратністю 4 об'єми/год згідно з ДБН В.2.5-67:2013 [10]; локальна вентиляція над робочими місцями зварювання та акумуляторної; засоби індивідуального захисту (зварювальні маски DIN 11, респіратори ЗМ 7502, гумові діелектричні рукавиці тип А); підйомні механізми з періодичним технічним оглядом раз на 12 місяців згідно з НПАОП 0.00-1.80-18 «Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів та інших спеціалізованих механізмів» [11]; протиударний та антикорозійний захист підлоги мийних постів.

До робіт підвищеної небезпеки (зварювання, газорізання, фарбування, акумуляторні роботи) допускаються лише працівники, які пройшли спеціальне навчання, мають відповідні посвідчення та виконують роботу за нарядом-допуском, оформленим згідно з Типовим положенням про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці (НПАОП 0.00-4.12-05) [5].

3.4 Пожежна безпека та перевезення небезпечних вантажів

Пожежна безпека на АТП «Карпати-Транс» забезпечується відповідно до Кодексу цивільного захисту України від 02.10.2012 № 5403-VI та Правил пожежної безпеки в Україні, затверджених наказом МВС України від 30.12.2014 № 1417 [12]. Виробничі приміщення віднесено до категорій В і Г за вибухопожежною небезпекою. Основні заходи включають: оснащення приміщень автоматичною системою пожежної сигналізації з димовими сповіщувачами; установку первинних засобів пожежогасіння (порошкові вогнегасники ВП-5, ВП-10 з розрахунку 1 шт. на 200 м² площі); обладнання внутрішнього протипожежного водопроводу; забезпечення евакуаційних шляхів та виходів відповідно до ДБН В.1.1-7:2016 [13]; проведення планових пожежних тренувань 2 рази на рік.

Кожний автопоїзд парку оснащено двома порошковими вогнегасниками ВП-2 (для кабіни) та ВП-6 (для причепа), аптечкою першої медичної допомоги ДСТУ 3961:2000, знаком аварійної зупинки та світловідбиваючим жилетом для кожного члена екіпажу. Це є мінімальним обладнанням, що вимагається Правилами дорожнього руху України та главою 8.1 ДОПНВ (ADR) для всіх транспортних засобів понад 3,5 т.

Перевезення небезпечних вантажів регулюється Європейською угодою про міжнародне дорожнє перевезення небезпечних вантажів (ADR) у редакції 2025 року, до якої Україна приєдналася Законом № 1644-III від 02.03.2000 [14, 15]. Водії, які залучаються до таких перевезень, повинні мати: свідоцтво ДОПНВ про підготовку водія (видається регіональними сервісними центрами МВС після спеціального навчання та складання іспитів – послуга на порталі «Дія») [15]; свідоцтво про допущення транспортного засобу до перевезення небезпечних вантажів; письмові інструкції на випадок аварії; додаткові засоби пожежогасіння, ЗІЗ (захисні окуляри, рукавиці, протигази) відповідно до класу

небезпечного вантажу. Транспортні засоби маркуються помаранчевими табличками з номером безпеки UN та ідентифікаційним номером речовини за класифікацією ADR.

3.5 Безпека життєдіяльності та цивільний захист

В умовах воєнного стану та продовження бойових дій на території України питання цивільного захисту персоналу АТП «Карпати-Транс» набувають критичного значення. Підприємство діє відповідно до Кодексу цивільного захисту України, Положення про єдину державну систему цивільного захисту (постанова КМУ від 09.01.2014 № 11) та власного Плану реагування на надзвичайні ситуації [16].

Передбачено наступні заходи з цивільного захисту: облаштування захисної споруди у підвальному приміщенні адміністративної будівлі на 60 осіб з системою вентиляції та автономним електропостачанням; розробка та доведення до персоналу схеми евакуації; забезпечення засобами індивідуального захисту органів дихання (фільтрувальні протигази ГП-7, респіратори Р-2) – 100 % забезпеченість працівників; проведення щоквартальних тренувань з дій при сигналі «Повітряна тривога», виявленні підозрілих предметів та надзвичайних ситуаціях техногенного характеру; інформування водіїв на маршрутах через TMS-платформу про небезпечні зони та закриті дороги.

Для зменшення ризиків при міжнародних перевезеннях АТП «Карпати-Транс» обмежує маршрутами через західні області (Львівська, Закарпатська, Волинська) з обов'язковим страхуванням вантажу за СМР-страхуванням на повну вартість (з військовими ризиками – додатковий поліс war risk insurance). Водіям заборонено зупинятися на нерегламентованих стоянках і збирати інформацію про переміщення військової техніки.

Узагальнено комплекс організаційно-технічних рішень з охорони праці та БЖД на АТП «Карпати-Транс» забезпечує: дотримання усіх вимог чинного законодавства України та ЄС; зниження виробничого травматизму на $\approx 40\%$ (за рахунок ADAS-систем, тахографів G2V2, передрейсових медоглядів); відсутність штрафів за порушення режиму праці та відпочинку водіїв (потенційна економія ≈ 420 тис. грн/рік, врахована у підрозділі 2.4); готовність персоналу до дій у надзвичайних ситуаціях.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі бакалавра вирішено актуальну науково-практичну задачу обґрунтування комплексу організаційно-технологічних та інвестиційних рішень для підвищення ефективності міжнародних автомобільних вантажних перевезень в умовах інтеграції України до Транс'європейської транспортної мережі TEN-T. За результатами проведеного дослідження сформульовано наступні висновки.

1. Виконано системний аналіз поточного стану ринку автомобільних вантажних перевезень України: за 2020–2025 рр. ринок зріс з 1 232,3 до 1 458,7 млн т (+18,4 %), при цьому частка міжнародних перевезень зросла до 27,5 %, що зумовлено воєнним фактором та закриттям морських коридорів. Західний регіон України (зокрема Тернопільська область) трансформувався у логістичний хаб з обсягом перевезень понад 38 млн т/рік. Це створює об'єктивні передумови для розвитку автотранспортних підприємств регіону, орієнтованих на ринок ЄС.

2. Здійснено комплексну характеристику типового регіонального АТП на прикладі ТОВ «Карпати-Транс» (м. Тернопіль): парк з 20 магістральних автопоїздів (DAF XF 480, Volvo FH 460, Mercedes Actros 1845, Scania R 450, MAN TGX) середнім віком 7,6 років, 75 % Euro-6; штатна чисельність 47 осіб (з них 28 водіїв). Базові техніко-експлуатаційні показники 2025 року: $\alpha_t = 0,880$, $\alpha_v = 0,720$, $\beta = 0,815$, $\gamma_c = 0,935$, обсяг перевезень 31,2 тис. т, транспортна робота 28,7 млн т·км, виручка 83,6 млн грн, рентабельність 8,9 %.

3. Виявлено основні проблемні точки транспортного процесу АТП «Карпати-Транс»: відносно низький коефіцієнт використання пробігу $\beta = 0,815$ (на 5–7 % нижче рекомендованих європейських значень), радіальна структура маршрутів, відсутність TMS-системи та автоматизованого планування, паперовий документообіг, базовий GPS-моніторинг без інтеграції з обліковими системами. Це визначило напрям подальшого дослідження.

4. Систематизовано та класифіковано вимоги до організації міжнародних автомобільних перевезень за вісьмома укрупненими групами (міжнародні правові, ЄС, національні, технічні, технологічні, економічні, сервісні, безпекові). Особливу увагу приділено інтеграції вимог Mobility Package I (Регламенти 561/2006, 2020/1054, 2020/1055, 165/2014) та Директиви 96/53/ЄЕС у нормативно-методичну основу транспортного процесу.

5. Сформульовано та розв'язано задачу удосконалення транспортного процесу як задачу маршрутизації з обмеженою вантажопідйомністю та часовими вікнами (CVRPTW) із цільовою функцією $F(x) = \sum \sum c_{ij} \cdot x_{ij} \rightarrow \min$ при обмеженнях вантажопідйомності, часових вікон та режиму праці водіїв. Розв'язання виконано за допомогою модифікованого алгоритму Кларка-Райта у поєднанні з метаевристикою керованого локального пошуку (GUIDED_LOCAL_SEARCH) на платформі Google OR-Tools.

6. Розрахунок техніко-експлуатаційних показників «до» та «після» оптимізації засвідчив комплексне покращення: загальний пробіг парку зменшено на 16,4 % (з 17 850 до 14 920 км/тиждень), коефіцієнт використання пробігу β зріс з 0,815 до 0,880 (+8,0 %), коефіцієнт випуску на лінію ав з 0,720 до 0,775 (+7,6 %), коефіцієнт статичного використання вантажопідйомності γ з 0,935 до 0,962 (+2,9 %), собівартість 1 ткм перевезень знижено з 0,869 до 0,713 грн/ткм (-17,9 %), викиди CO₂ скорочено на 16,4 % (\approx 123 т/рік).

7. Обґрунтовано комплекс сучасних транспортних технологій: впровадження хмарної TMS-платформи з сімома функціональними модулями, GPS-телематики на основі FMS-Bus терміналів, тахографів другого покоління G2V2 (Регламент ЄС 165/2014), електронних товарно-транспортних накладних e-CMR (приєднання України ЗУ № 1547-IX від 01.06.2021), інтеграції з платформами eFTI (Регламент ЄС 2020/1056 з повним застосуванням з 9 липня 2027 року), систем допомоги водієві ADAS.

8. Розроблено трирівневий план впровадження технологій на 24 місяці (2026–2027 рр.) із сумарним бюджетом 2 740 тис. грн, що фінансується за

рахунок власних коштів підприємства (1,5 млн грн) та цільового кредиту EU4Business від ЄБРР під 13 % річних (1,24 млн грн). Підтверджено перспективність інтермодальних рішень у межах TEN-T: для маршруту «Тернопіль – Кошице – Будапешт» (1 180 км) переведення останніх 750 км на залізничний транспорт через термінал Чоп забезпечує зменшення викидів CO₂ на 62 % та собівартості перевезення на 18 %.

9. Виконано фінансово-економічну оцінку інвестиційного проекту цифрової трансформації методом дисконтованих грошових потоків (DCF-аналіз) за горизонтом 5 років із ставкою дисконтування $r = 22\%$ (WACC = облікова ставка НБУ 15,5 % + галузева премія 6,5 %). Розрахунковий чистий грошовий потік становить $CF_{net} = 4\,375$ тис. грн/рік, чиста теперішня вартість $NPV = 9\,794$ тис. грн, внутрішня норма дохідності $IRR \approx 156\%$ (у 7 разів вища за WACC), індекс прибутковості $PI = 4,57$. Простий термін окупності $PP = 7,5$ міс., дисконтований $DPP = 9,2$ міс. Рентабельність діяльності зростає з 8,9 % до 12,7 %.

10. Однофакторний аналіз чутливості NPV до зміни ключових параметрів у діапазоні $\pm 20\%$ засвідчив високу стійкість проекту: навіть при песимістичному сценарії зменшення обсягу перевезень на 20 % NPV залишається суттєво додатним (6 854 тис. грн). Це підтверджує надійність обґрунтованого комплексу рішень.

11. Обґрунтовано комплекс організаційно-технічних рішень з охорони праці, пожежної безпеки та цивільного захисту відповідно до Закону України «Про охорону праці», НПАОП 0.00-1.62-12, ADR 2025 та Кодексу цивільного захисту України. Передбачено передрейсові медогляди, тахографи G2V2 для автоматичного контролю режиму праці, ADAS-системи, ЗІЗ, захисну споруду на 60 осіб з автономним електропостачанням. Очікуване зниження виробничого травматизму на $\approx 40\%$, потенційна економія штрафів – 420 тис. грн/рік.

12. Запропонований комплекс організаційно-технологічних, інвестиційних та безпекових рішень забезпечує одночасне досягнення чотирьох стратегічних цілей: економічної (зниження собівартості, зростання рентабельності), екологічної (скорочення викидів CO₂ та відповідність Регламенту ЄС 2019/1242), регуляторної (повна відповідність вимогам Mobility Package I, eFTI, TEN-T напередодні липня 2027 р.) та безпекової (відповідність вимогам ОП, БЖД та цивільного захисту в умовах воєнного стану). Отримані результати мають практичну цінність для автотранспортних підприємств західного регіону України з парком 15–25 автопоїздів, які здійснюють міжнародні вантажні перевезення, та можуть бути використані як типовий сценарій цифрової трансформації галузі в Україні.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Конституція України : Закон України від 28.06.1996 № 254к/96-ВР. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254%D0%BA/96-%D0%B2%D1%80>
2. Кодекс законів про працю України від 10.12.1971 № 322-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/322-08>
3. Кодекс цивільного захисту України від 02.10.2012 № 5403-VI. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>
4. Податковий кодекс України від 02.12.2010 № 2755-VI (станом на 01.01.2026). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17>
5. Про автомобільний транспорт : Закон України від 05.04.2001 № 2344-III. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2344-14>
6. Про охорону праці : Закон України від 14.10.1992 № 2694-XII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>
7. Про приєднання України до Додаткового протоколу до Конвенції про договір міжнародного автомобільного перевезення вантажів (КДПВ), що стосується електронної транспортної накладної : Закон України від 01.06.2021 № 1547-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1547-20>
8. НПАОП 0.00-1.62-12. Правила охорони праці на автомобільному транспорті : наказ МНС України від 09.07.2012 № 964. URL: https://dnaop.com/html/32443/doc-%D0%9D%D0%9F%D0%90%D0%9E%D0%9F_0.00-1.62-12
9. НПАОП 0.00-1.80-18. Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання : наказ Мінсоцполітики України від 19.01.2018 № 62. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0244-18>
10. НПАОП 0.00-3.07-09. Норми безоплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам автомобільного транспорту. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0985-09>

11. НПАОП 0.00-4.12-05. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці : наказ Держнаглядохоронпраці від 26.01.2005 № 15. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0231-05>
12. Правила пожежної безпеки в Україні : наказ МВС України від 30.12.2014 № 1417 (із змінами 2024 р.). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15>
13. Положення (стандарт) бухгалтерського обліку 7 «Основні засоби» : наказ Міністерства фінансів України від 27.04.2000 № 92. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0288-00>
14. Інструкція про порядок проведення обов'язкових попередніх та періодичних психіатричних оглядів : наказ МОЗ України від 31.01.2013 № 65/80. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0387-13>
15. Методичні рекомендації з розроблення інвестиційного проекту, для реалізації якого може надаватися державна підтримка : наказ Міністерства економічного розвитку і торгівлі України від 13.11.2012 № 1279. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v1279731-12>
16. ДСТУ EN ISO 12100:2016. Безпечність машин. Загальні принципи проектування. Оцінювання та зменшення ризику. Київ : УкрНДНЦ, 2016. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=66088
17. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. Київ : Мінрегіон, 2017. 39 с. URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3206497706350398478?doc_type=2
18. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. Київ : Мінрегіон України, 2013. 149 с. URL: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-805>
19. Convention on the Contract for the International Carriage of Goods by Road (CMR), Geneva, 19 May 1956. United Nations Treaty Series, Vol. 399. URL: https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/conventn/cmr_e.pdf

20. Additional Protocol to the Convention on the Contract for the International Carriage of Goods by Road (CMR) concerning the Electronic Consignment Note. UNECE. Geneva, 20 February 2008. URL: <https://unece.org/DAM/trans/conventn/e-CMRe.pdf>
21. European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road (ADR). UNECE, Geneva, 2024 (applicable from 1 January 2025). URL: <https://unece.org/transport/adr-2025-files>
22. Regulation (EC) No 561/2006 of the European Parliament and of the Council on the harmonisation of certain social legislation relating to road transport. Official Journal L 102/1, 11.04.2006. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02006R0561-20200820>
23. Regulation (EU) No 165/2014 of the European Parliament and of the Council on tachographs in road transport. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2014/165/oj>
24. Regulation (EU) 2019/1242 of the European Parliament and of the Council setting CO₂ emission performance standards for new heavy-duty vehicles. Official Journal L 198/202, 25.07.2019. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2019/1242/oj>
25. Regulation (EU) 2020/1054 of the European Parliament and of the Council amending Regulation (EC) No 561/2006 and Regulation (EU) No 165/2014. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2020/1054/oj>
26. Regulation (EU) 2020/1055 of the European Parliament and of the Council amending Regulations (EC) No 1071/2009, (EC) No 1072/2009 and (EU) No 1024/2012 with a view to adapting them to developments in the road transport sector. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2020/1055/oj>
27. Regulation (EU) 2020/1056 of the European Parliament and of the Council of 15 July 2020 on electronic freight transport information. Official Journal L 249/33. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2020/1056/oj>
28. Regulation (EU) 2024/1679 of the European Parliament and of the Council on Union guidelines for the development of the trans-European transport network. Official Journal L, 28.06.2024. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1679/oj>

29. Council Directive 96/53/EC laying down for certain road vehicles circulating within the Community the maximum authorized dimensions in national and international traffic and the maximum authorized weights in international traffic. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/1996/53/oj>
30. Council Directive 92/106/EEC of 7 December 1992 on the establishment of common rules for certain types of combined transport of goods between Member States. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/1992/106/oj>
31. Державна служба статистики України. Транспорт України 2024 : статистичний збірник. Київ, 2025. 168 с. URL: https://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2025/zb/06/zb_transport_2024.pdf
32. Національний банк України. Облікова ставка НБУ – динаміка та поточне значення. URL: <https://bank.gov.ua/ua/monetary/stages/archive-rish>
33. Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України. Аналіз ринку автомобільних перевезень 2024–2025. Київ, 2025. URL: <https://mtu.gov.ua/news/avtoperevezennia-2025.html>
34. European Commission. Mobility Package I – Road Transport. URL: https://transport.ec.europa.eu/transport-modes/road/mobility-package-i_en
35. European Commission. The eFTI Regulation. DG MOVE, 2025. URL: https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/logistics-and-multimodal-transport/efti-regulation_en
36. European Commission. Weights and dimensions of road vehicles in the EU. DG MOVE. URL: https://transport.ec.europa.eu/transport-modes/road/weights-and-dimensions_en
37. European Bank for Reconstruction and Development. EU4Business Initiative – EBRD support for SMEs in Ukraine. URL: <https://www.ebrd.com/eu4business.html>
38. European Bank for Reconstruction and Development. Transition Report 2024–25: Navigating Industrial Policy. URL: <https://www.ebrd.com/transition-report>
39. United Nations Treaty Collection. Status of Additional Protocol to CMR (e-CMR). Chapter XI.B.11.b. URL:

https://treaties.un.org/pages/ViewDetails.aspx?src=TREATY&mtdsg_no=XI-B-11-b&chapter=11&clang=en

40. European Transport Safety Council. Briefing: Revision of Directive 96/53/EC on maximum authorised weights and dimensions in national and international traffic.

URL: <https://etsc.eu/briefing-revision-of-directive-96-53-ec-on-maximum-authorised-weights-and-dimensions-in-national-and-international-traffic/>

41. UNIDO. Guidelines for Project Evaluation. Vienna : United Nations Industrial Development Organization, 2018. 290 p. URL:

https://www.unido.org/sites/default/files/files/2018-04/UNIDO_Project_Evaluation_Guidelines.pdf

42. World Bank. Discounting Costs and Benefits in Economic Analysis of World Bank Projects. Operations Policy and Country Services, 2016. URL:

<https://documents1.worldbank.org/curated/en/913451472216897933/pdf/107502-REVISED-PUBLIC-2-9-2017-19-43-19-DiscountingGuidanceNote.pdf>

43. Дмитриченко М. Ф., Левковець П. Р., Ткаченко А. М., Ігнатенко О. С. Транспортні технології в системах логістики : підручник. Київ :

ІНФОРМАВТОДОР, 2020. 676 с. URL: <https://library.ntu.edu.ua/transport-tech-logistics>

44. Сирота В. І. Технологія транспортних процесів. Київ : Центр учбової літератури, 2019. 352 с. URL:

https://stud.com.ua/63876/logistika/obslugovuvannya_spozvivachiv_firm_avtomobilnim_transportom

45. Вельможна Н. С., Кашканов А. А. Методичні вказівки до виконання курсових робіт з дисципліни «Основи теорії транспортних процесів і систем».

Вінниця : ВНТУ, 2020. 56 с. URL: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/28200/56045.pdf>

46. Clarke G., Wright J. W. Scheduling of Vehicles from a Central Depot to a Number of Delivery Points. Operations Research. 1964. Vol. 12, No. 4. P. 568–581.

URL: <https://www.jstor.org/stable/167703>

47. Toth P., Vigo D. Vehicle Routing: Problems, Methods, and Applications. 2nd ed. Philadelphia : SIAM, 2014. 463 p. URL: <https://my.siam.org/Store/Product/viewproduct/?ProductId=24380408>
48. Laporte G. Fifty Years of Vehicle Routing. Transportation Science. 2009. Vol. 43, No. 4. P. 408–416. URL: <https://pubsonline.informs.org/doi/10.1287/trsc.1090.0301>
49. Pichpibul T., Kawtummachai R. A Heuristic Approach Based on Clarke-Wright Algorithm for Open Vehicle Routing Problem. The Scientific World Journal. 2013. Article ID 874349. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3870871/>
50. Brealey R., Myers S., Allen F. Principles of Corporate Finance. 14th ed. New York : McGraw-Hill, 2023. 1064 p. URL: <https://www.mheducation.com/highered/product/principles-corporate-finance-brealey-myers/M9781265074159.html>
51. Damodaran A. Investment Valuation: Tools and Techniques for Determining the Value of Any Asset. 3rd ed. Hoboken : Wiley, 2012. 992 p. URL: <https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>
52. Vehicle routing problem. Wikipedia, the free encyclopedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Vehicle_routing_problem
53. Single-Depot Vehicle Routing Problem. MIT Urban Operations Research Textbook. Chapter 6.4.12. URL: https://web.mit.edu/urban_or_book/www/book/chapter6/6.4.12.html
54. Google OR-Tools. Vehicle Routing Problem documentation. Google for Developers. URL: <https://developers.google.com/optimization/routing/vrp>
55. OpenStreetMap. Distance and routing service. URL: <https://www.openstreetmap.org/>
56. IFRS 16 – Leases. International Accounting Standards Board. URL: <https://www.ifrs.org/issued-standards/list-of-standards/ifrs-16-leases/>

57. A quick guide to transportation management systems (TMS). Motive Blog. 2022. URL: <https://gomotive.com/blog/quick-guide-to-transportation-management-systems/>
58. Advantages of TMS: Optimize Fleet Operations with Ease. Multi Service Fuel Card. 2024. URL: <https://www.multiservicefuelcard.com/news/the-advantages-of-tms-how-transportation-management-systems-optimize-fleet/>
59. TMS Software Fleet Fuel Savings. Princeton TMX. URL: <https://www.princetontmx.com/blogs/tms-software-fleet-fuel-savings>
60. Видача свідоцтва про підготовку водіїв транспортних засобів, що перевозять небезпечні вантажі. Портал «Дія». URL: <https://guide.diaa.gov.ua/view/vydacha-svidotstva-pro-pidhotovku-vodiiv-transportnykh-zasobiv-shcho-perevoziat-nebezpechni-vantazhi-iz-skladenniam-istrytiv-f01073ae-7f65-4822-9f14-f8703b7d66c4>
61. Найважливіші моменти при транспортуванні ADR-вантажів. Bytheway Logistics, 10.04.2025. URL: <https://bytheway.com.ua/news/novini-vantazhoperevezen/najvazhlivishi-momenti-pri-transportuvanni-adr-vantazhiv/>
62. What is eFTI4EU. eFTI4EU Consortium. URL: <https://efti4eu.eu/what-is-efti4eu/>
63. Huang R. Digitalization of consignment notes: CMR Convention and e-CMR Additional Protocol. UNECE SPECA Digital Workshop. 16 November 2023. URL: https://unece.org/sites/default/files/2023-11/Rebecca%20Huang_SPECA_Digital_Workshop_16Nov2023.pdf