

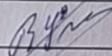
Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

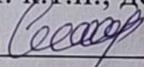
на тему:

«Удосконалення організації вантажних автомобільних перевезень шляхом застосування цифрових технологій на прикладі товариства з обмеженою відповідальністю «Вінницьке автотранспортне підприємство – 10556»»

Виконав: студент 2-го курсу, групи 1ТТ-23мз
спеціальності 275 – Транспортні технології
(за видами), спеціалізація 275.03 –
Транспортні технології (на автомобільному
транспорті)
Освітньо-професійна програма – Транспортні
технології на автомобільному транспорті


Фалович В.А.

Керівник: к.т.н., доцент каф. АТМ


Смирнов С.В.

« 05 » 06 2025 р.

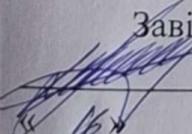
Опонент: к.т.н., доц. Свєдученко

доцент каф. ТАМ

« 16 » 06 2025 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри АТМ


к.т.н., доц. Цимбал С.В.

« 16 » 06 2025 р.

Вінниця ВНТУ – 2025 рік

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

Рівень вищої освіти II-й (магістерський)

Галузь знань – 27 – Транспорт

Спеціальність 275 – Транспортні технології (за видами)

Спеціалізація 275.03 – Транспортні технології (на автомобільному транспорті)

Освітньо-професійна програма – Транспортні технології на автомобільному транспорті

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

« 21 » 03 / 2025 року

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Фаловичу Володимирі Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Удосконалення організації вантажних автомобільних перевезень шляхом застосування цифрових технологій на прикладі товариства з обмеженою відповідальністю «Вінницьке автотранспортне підприємство – 10556», керівник роботи Смирнов Євгеній Валерійович, к.т.н., доцент, затверджені наказом ВНТУ від «20» березня 2025 року № 96.

2. Строк подання студентом роботи: 09.06.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: Законодавчі та інші нормативні документи у галузі вантажних автомобільних перевезень (діючі міжнародні, державні, галузеві стандарти, закони); системні моделі впровадження цифрових технологій на транспорті; показники виробничо-господарської діяльності ТОВ «Вінницьке АТП – 10556»; об'єкт дослідження – система планування автомобільних вантажних перевезень в умовах зовнішнього середовища, що динамічно змінюються.

4. Зміст текстової частини:

1 Стан проблеми організації вантажних автомобільних перевезень. Аналіз функціонування ТОВ «Вінницьке АТП – 10556».

2 Концепція організації вантажних автомобільних перевезень, основана на принципах цифрових об'єктно-орієнтованих моделей управління.

3 Удосконалення методики визначення техніко-експлуатаційних показників вантажних перевезень в цифровій автотранспортній системі.

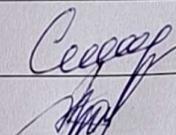
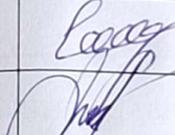
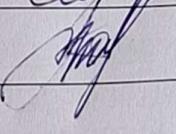
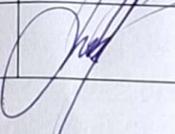
4 Оцінка ефективності методики організації вантажних автомобільних перевезень на прикладі ТОВ «Вінницьке АТП – 10556».

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

1-3 Тема, мета та завдання дослідження.

- 4 Необхідність переходу на цифрові моделі управління вантажними автомобільними перевезеннями
- 5 Характеристика ТОВ «Вінницьке АТП - 10556».
- 6 Структура сервісно-орієнтованої організації підприємства
- 7 Схема структури та взаємодії системних сервісних моделей цифрової автотранспортної системи із зовнішнім середовищем.
- 8 Узагальнена технічна архітектура системи застосування цифрових технологій.
- 9 Бізнес-модель оператора системи МaaS.
- 10 Моделі вирішення багатокритеріальних завдань маршрутизації у динамічних транспортних мережах.
- 11 Концепція організації автомобільних перевезень, що базується на цифрових об'єктно-орієнтованих моделях управління.
- 12 Аналітичний метод уточнення показників ТЕП.
- 13 Методика організації вантажних автомобільних перевезень, заснована на цифрових об'єктно-орієнтованих моделях управління.
- 14 Оцінка ефективності методики на прикладі ТОВ «Вінницьке АТП 10556».
- 15 Висновки

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

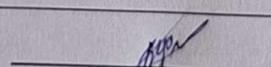
Розділ/підрозділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розв'язання основної задачі	Смирнов Є.В., доцент кафедри АТМ		
Визначення ефективності запропонованих рішень	Макарова Т.В., доцент кафедри АТМ		

7. Дата видачі завдання « 21 » березня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

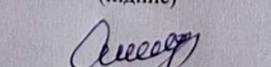
№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вивчення об'єкту та предмету дослідження	17.02-02.03.2025	
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	03.03-16.03.2025	
3	Обґрунтування методів досліджень	17.03-31.03.2025	
4	Розв'язання поставлених задач	01.04-26.05.2025	
5	Виконання розділу/підрозділу «Визначення ефективності запропонованих рішень»	05.05-26.05.2025	
6	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	27.05-30.05.2025	
7	Перевірка роботи на плагіат	02.06-04.06.2025	
8	Оформлення текстових документів та ілюстративних матеріалів	05.06-06.06.2025	
9	Попередній захист МКР	09.06-11.06.2025	
10	Допуск завідувача кафедри до захисту МКР	12.06-17.06.2025	
11	Рецензування МКР	18.06-20.06.2025	
12	Захист МКР	23.06-24.06.2025	

Здобувач


(підпис)

Фалович В.А.

Керівник роботи


(підпис)

Смирнов Є.В.

АНОТАЦІЯ

УДК 656.078

Фалович В.А. Удосконалення організації вантажних автомобільних перевезень шляхом застосування цифрових технологій на прикладі товариства з обмеженою відповідальністю «Вінницьке автотранспортне підприємство – 10556». Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 275 – Транспортні технології (за видами), освітня програма – Транспортні технології на автомобільному транспорті. Вінниця: ВНТУ, 2025. 88 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 49 назв; рис.: 11; табл. 14.

В магістерській кваліфікаційній роботі пророблено питання впровадження цифрових технологій в організацію вантажних автомобільних перевезень. У розділі 1 обґрунтовано необхідність впровадження цифрових технологій в систему вантажних автомобільних перевезень; проаналізовано рухомий склад та показники роботи ТОВ «Вінницьке АТП – 10556». В розділі 2 розроблено концепцію впровадження цифрових технологій в організацію вантажних автомобільних перевезень. В розділі 3 удосконалено методику визначення техніко-експлуатаційних показників вантажних перевезень в цифровій автотранспортній системі. В розділі 4 виконано оцінку ефективності методики на прикладі ТОВ «Вінницьке АТП – 10556».

Ілюстративна частина складається з 17 плакатів.

Ключові слова: вантажні автомобільні перевезення, цифрові технології, цифрові сервіси, системна сервісна модель, маршрутизація, техніко-експлуатаційні показники.

ABSTRACT

UDC 656.078

Falovych V.A. Improving the organization of freight road transportation through the use of digital technologies on the example of the limited liability company “Vinnytsia Motor Transport Enterprise – 10556”. Master's qualification work in the specialty 275 – Transport technologies (by types), educational program – Transport technologies in road transport.. Vinnytsia: VNTU, 2025. 88 p.

In Ukrainian Language. Bibliography: 49 titles; Fig.: 11; table 14.

The master's qualification work deals with the issue of introducing digital technologies into the organization of freight road transportation. In section 1, the need to introduce digital technologies into the freight road transportation system is substantiated; the rolling stock and efficiency indicators of LLC "Vinnytsia ATP - 10556" are analyzed. In section 2, the concept of introducing digital technologies into the organization of freight road transportation is developed. In section 3, the methodology for determining technical and operational indicators of freight transportation in the digital road transportation system is improved. In section 4, the effectiveness of the methodology is assessed using the example of LLC "Vinnytsia ATP - 10556".

The illustrative part consists of 17 posters.

Keywords: freight road transportation, digital technologies, digital services, system service model, routing, technical and operational indicators.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 СТАН ПРОБЛЕМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ. АНАЛІЗ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТОВ «ВІННИЦЬКЕ АТП – 10556»	9
1.1 Необхідність цифрової трансформації моделей управління вантажними автомобільними перевезеннями	9
1.2 Огляд методів визначення ефективності вантажних автомобільних перевезень	12
1.3 Вплив умов руху на техніко-експлуатаційні показники роботи рухомого складу	17
1.4 Загальна характеристика ТОВ «Вінницьке АТП - 10556»	22
1.5 Аналіз складу, структури і стану рухомого складу	23
1.6 Аналіз виробничо-господарської діяльності.....	26
1.7 Висновки	29
2 КОНЦЕПЦІЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ, ОСНОВАНА НА ПРИНЦИПАХ ЦИФРОВИХ ОБ'ЄКТНО-ОРІЄНТОВАНИХ МОДЕЛЕЙ УПРАВЛІННЯ	30
2.1 Механізми інструментів реструктуризації складних систем на основі цифрових сервісів.....	30
2.2 Цифрові технології, що реалізують системно-сервісні та бізнес-моделі керування вантажними перевезеннями.....	37
2.3 Актуальні моделі вирішення багатокритеріальних завдань маршрутизації у динамічних транспортних мережах	44
2.4 Висновки	49
3 УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В ЦИФРОВІЙ АВТОТРАНСПОРТНІЙ СИСТЕМІ	51

3.1 Вимоги до моделі керування вантажними перевезеннями, що базується на цифрових сервісах.....	51
3.2 Модель визначення показників ефективності вантажних автомобільних перевезень, що передбачає застосування цифрових технологій.....	53
3.3 Методика організації вантажних автомобільних перевезень, заснована на цифрових об'єктно-орієнтованих моделях управління	62
3.4 Висновки	66
4 ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТОДИКИ ОРГАНІЗАЦІЇ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ПРИКЛАДІ ТОВ «ВІННИЦЬКЕ АТП – 10556»	67
4.1 Методика розрахунку виробничої програми з експлуатації вантажних транспортних засобів	67
4.2 Оцінка ефективності методики на прикладі ТОВ «Вінницьке АТП – 10556».....	74
4.3 Висновки	79
ВИСНОВКИ	81
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	83
Додаток А (обов'язковий) Ілюстративна частина	89
Додаток Б (обов'язковий) Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень.....	107

ВСТУП

Актуальність теми. В сучасних умовах господарювання одним із найперспективніших методів удосконалення організації вантажних автомобільних перевезень є застосування цифрових технологій в системі планування та управління перевезеннями. За даними досліджень, продуктивність роботи вантажного автомобільного транспорту в Україні є в 2...3 рази нижчою в порівняно з продуктивністю роботи вантажних автомобілів у зарубіжних країнах, які активно впроваджують цифрові технології в моделі організації перевезень.

Цифрові сервісно-орієнтовані моделі формування систем вантажних автомобільних перевезень передбачають обов'язковий поділ організації на виробничу та координаційну складові, а цифрові послуги (цифрові сервіси) дозволяють інтегрувати їх в єдину інтелектуальну систему на основі цифрових сервісно-орієнтованих моделей управління. Досвід застосування даних сервісно-орієнтованих моделей управління за кордоном показує можливість підвищення продуктивності роботи вантажних автотранспортних засобів на 5...6%, при чому більше половини цього збільшення досягається лише за рахунок оптимізації процесів управління.

Задача цифровізації управління процесами вантажних автомобільних перевезень в умовах динамічного нестабільного зовнішнього середовища потребує ряду науково-технічних розробок, що дозволять вирішити неузгодженість між сучасним рівнем розвитку цифрових технологій і застарілими формами організації вантажних перевезень.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дослідження по темі магістерської роботи належить до основних наукових напрямків кафедри «Автомобілі та транспортний менеджмент» Вінницького національного технічного університету.

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є удосконалення методики розрахунку виробничої програми вантажних автомобільних перевезень для

застосування цифрових сервісно-орієнтованих моделей управління, що дозволяє об'єктивно регулювати та планувати техніко-експлуатаційні показники в динамічно нестабільних умовах.

Задачі магістерської кваліфікаційної роботи:

– обґрунтувати необхідність переходу на цифрові моделі управління вантажними автомобільними перевезеннями в умовах динамічно нестабільних показників використання транспортних засобів;

– проаналізувати сучасний та техніко-експлуатаційні показники роботи ТОВ «Вінницьке АТП - 10556»;

– розробити концепцію організації вантажних автомобільних перевезень, основу на принципах цифрових об'єктно-орієнтованих моделей управління;

– розробити модель та удосконалити методику визначення техніко-експлуатаційних показників вантажних автомобільних перевезень що передбачає застосування можливостей цифрових технологій для встановлення фактичних показників використання транспортних засобів на маршрутах з урахуванням впливу зовнішніх умов перевезення;

– оцінити ефективність запропонованої методики організації вантажних автомобільних перевезень на прикладі ТОВ «Вінницьке АТП - 10556».

Об'єктом дослідження є система планування автомобільних вантажних перевезень в умовах зовнішнього середовища, що динамічно змінюються.

Предметом дослідження є методи та моделі оцінки ефективності вантажних автомобільних перевезень, що передбачають можливість застосування цифрових технологій та визначення інформаційного стану транспортних процесів у «он-лайн» режимі.

Новизна роботи:

– розроблено концепцію організації вантажних автомобільних перевезень, основу на принципах цифрових об'єктно-орієнтованих моделей управління;

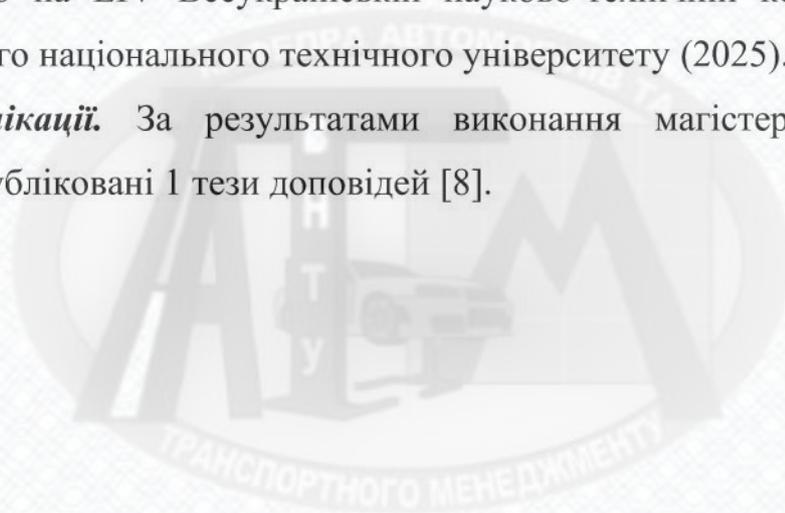
– розроблено модель та удосконалити методику розрахунку виробничої програми з експлуатації транспортних засобів при сервісно-орієнтованій організації та плануванні вантажних автомобільних перевезень, призначеної для

аналізу інформаційних ситуацій впливу зовнішнього середовища на результативні показники та оперативного коригування оцінюваної ефективності процесів експлуатації автомобілів.

Практична цінність роботи полягає у тому, що дозволяє планувати вантажні автомобільні перевезення з застосуванням сучасних цифрових технологій з максимальним ступенем ефективності. Ефективність удосконаленої методики оцінено на прикладі ТОВ «Вінницьке АТП - 10556».

Апробація результатів. Основні положення магістерської роботи апробовано на LIV Всеукраїнській науково-технічній конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (2025).

Публікації. За результатами виконання магістерської кваліфікаційної роботи опубліковані 1 тези доповідей [8].



1 СТАН ПРОБЛЕМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ. АНАЛІЗ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТОВ «ВІННИЦЬКЕ АТП – 10556»

1.1 Необхідність цифрової трансформації моделей управління вантажними автомобільними перевезеннями

Автомобільний транспорт (АТ) порівняно з іншими галузями господарювання завжди мав певні специфічні особливості, що принципово відрізняло системи управління та методи організації технологічних процесів. Головною особливістю, що відрізняє АТ від інших галузей, є те, що виробничий процес (перевезення вантажів) протікає за межами автотранспортних підприємств, що його організують. Отже, до системи управління перевезеннями включаються як автотранспортні підприємства, так і підприємства, яким надаються транспортні послуги [2, 4]. Тому структура об'єктів виробництва на АТ різноманітніша та складніша, ніж у інших галузях. Таким чином, з одного боку, організувати ефективне управління в багаторівневій і гетерогенній системі виробництва АТ набагато складніше, ніж на локалізованому виробництві, але, з іншого боку, тільки за рахунок застосування оптимальних у рамках досліджуваної структури рішень можна домогтися підвищення якості в цілому в соціально-технічній системі, всередині якої здійснюється діяльність АТ. Зокрема, у документі «Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року», наголошується, що транспорт є однією з найбільш важливих галузей національної економіки, що забезпечує переміщення людей і товарів, доступ до робочих місць і послуг, а також розвиток торгівлі та економічне зростання.

АТ забезпечує доставку вантажів для всіх галузей економіки України. Високий попит на вантажні автомобільні перевезення формується за рахунок конкурентоспроможних тарифів, високої швидкості доставки товарів та організації перевезень від дверей до дверей. У сучасних умовах АТ лідирує при

перевезеннях на відстані до 1000-1500 км, а в разі доставки вантажів, що швидко псуються – до 3000 км.

Значний попит на вантажні автомобільні перевезення пов'язаний з великою кількістю промислових, складських і торгових об'єктів, розташованих як у промислових зонах міст, так і в межах міської щільної забудови. У зв'язку з цим гостро постає питання створення ефективної системи керування вантажною логістикою, особливо в умовах міст. Незважаючи на обмеження руху вантажного автомобільного транспорту в містах, на низці доріг в денний час спостерігається значна кількість вантажних автомобілів, що негативно позначається на умовах руху транспортних потоків та екологічній ситуації. Це призводить до того, що місцеві адміністрації починають вводити систему обмеження доступу великовантажного автомобільного транспорту на певних територіях і в певні години доби. Проте такі заходи мають не оптимізаційний, а обмежувальний характер, що не дозволяє в повному обсязі вирішити проблему руху вантажного автомобільного транспорту.

Таким чином, АТ є багатокомпонентною системою, що функціонує у динамічно нестабільних умовах, управління якою пов'язане з великими труднощами, обумовленими необхідністю враховувати величезну кількість факторів, показників використання та результативних показників різної фізичної природи походження [3, 4]. Вирішувати завдання раціонального розподілу ресурсів управління та обґрунтованості обмежень у цих системах можливо лише за допомогою сучасних математичних методів, що впорядковують та оптимізують процес організації перевезень [2, 4, 6, 7].

При невпорядкованому характері обмежень на переміщення автомобілів і неможливості вулично-дорожньої мережі впоратися з «хаотичним» навантаженням, коли кожне АТП застосовує для організації перевезень «власну логістику», система перевезень в цілому призводить до такої транспортно-логістичної (інформаційної) ситуації, коли існуюча модель вирішення завдань у транспортній системі не задовольняє нікого, ні місцеву владу, ні

вантажоперевізників, ні власників транспортно-складських комплексів, а ні власників вантажу.

Альтернативою даному підходу є використання моделей управління, що дозволяють здійснювати багатокритеріальну синхронізацію показників об'єктів транспортної інфраструктури і вантажних автомобільних перевезень [5-7, 9]. Така трансформація об'єктів у складних транспортних системах є здійсненою, але вимагає розробки спеціальних об'єктно-орієнтованих моделей управління, що формують індивідуальні траєкторії переміщення автомобілів у транспортній мережі. При цьому модель управління повинна формувати не тільки опис об'єктів та критеріїв, але й методи їх взаємодії та перетворення атрибутів, що дозволяють будувати похідні структури на основі базових для складніших станів системи, що робить процес управління більш гнучким та універсальним.

Для побудови перспективної системи управління вантажною логістикою необхідно активне використання цифрових моделей управління із застосуванням інформаційно-комунікативних технологій, навігаційно-інформаційних систем контролю руху транспортних засобів з використанням можливостей супутникової навігації GPS та у складі ситуаційних центрів міст. Це дозволить забезпечити контроль за роботою та моніторинг параметрів руху транспортних засобів, що пройшли процедуру підключення до навігаційно-інформаційної системи та належать транспортним компаніям, які здійснюють міські вантажні перевезення, або тісно пов'язані з перевезеннями до об'єктів в середині зон міст із необхідністю обмеження руху. Створення систем управління вантажними автомобільними перевезеннями, заснованих на активному застосуванні інформаційно-комунікативних технологій, необхідно здійснювати послідовно, нарощуючи обсяги оброблюваної інформації поступово.

Для створення перспективних системно-дозволяючих (ноосферних) технологій роботи автомобільних транспортних засобів вони обов'язково повинні бути організовані в централізовану систему управління, реалізовану в сучасному цифровому середовищі. Цифрові сервісно-орієнтовані моделі формування систем вантажних автомобільних перевезень припускають обов'язковий поділ організації

процесу перевезень на виробничу та координаційну складові, а цифрові сервіси дозволяють інтегрувати їх в єдину інтелектуальну систему з урахуванням цифрових сервісно-орієнтованих моделей управління. Досвід застосування таких сервісно-орієнтованих моделей управління вантажними автомобільними перевезеннями за кордоном показує можливість підвищення продуктивності роботи вантажних автотранспортних засобів на 5...6%, причому більше половини цього збільшення досягається лише за рахунок оптимізації процесів управління.

Необхідність розвитку сервісно-орієнтованих систем планування вантажних автомобільних перевезень насамперед аргументується значним рівнем витрат через низьку продуктивність роботи вантажного автомобільного транспорту в Україні. Даний показник в Україні у декілька разів гірший порівняно з продуктивністю роботи вантажних автомобілів у зарубіжних країнах, які активно впроваджують цифрові технології в моделі організації вантажних перевезень.

Тому закономірний процес переходу від традиційних предметно-орієнтованих методів управління (розробка сценаріїв) до об'єктно-орієнтованих аналітичних моделей, що дозволяє автоматизувати процеси управління на базі аналітичних методів та розробляти алгоритми та програмне забезпечення для визначення оптимальних параметрів системи перевезень. Тільки такий підхід забезпечить автоматизований збір, оцінку та зберігання інформації, як за конкретним транспортним засобом, так і за групою транспортних засобів, за певний проміжок часу та облік транспортної роботи за певними маршрутами.

1.2 Огляд методів визначення ефективності вантажних автомобільних перевезень

Ще за радянських часів транспортні підприємства користувалися досить ефективними методиками формування маршрутів руху: збірних, маятникових, розвізних тощо. Теоретичну основу розвитку вантажних автомобільних перевезень були закладені та розвивалися у роботах [2, 4-6] та інших авторів.

Дослідження, присвячені організації та плануванню перевезень автомобільним транспортом в сучасних умовах його роботи, здійснюють і сучасні автори наукових праць [4-7, 9 та ін.]. Усі перелічені роботи під час вирішення завдань ефективності перевезень спираються на класичні методи і методики. Розглянемо докладніше особливості їх застосування у сучасних умовах. У всіх роботах зазначається, що перехід до ринкових відносин змінює практику, змінює вхідні дані та склад показників, що застосовуються для визначення ефективності вантажних автомобільних перевезень.

Аналіз наукових робіт показує, що об'єктивно існує динамічна нестабільність інформаційного середовища в системі вантажних автомобільних перевезень, але всі запропоновані рішення спираються на традиційний склад усереднених значень ТЕП:

- 1) довжина їздки з вантажем – l_{ij} ,
- 2) час у наряді – T_n ,
- 3) середня технічна швидкість – V_m ,
- 4) коефіцієнт використання пробігу β ,
- 5) коефіцієнт використання вантажопідйомності γ та ін.

Перевізні можливості парку автомобілів у цьому випадку визначаються за відомими співвідношеннями:

$$Q = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m Q_{ij}, \quad (1.1)$$

$$Q_{ij} = A_{cnij} D_k \alpha_{vi} q_{ij} \gamma_{ij} n_{ij}, \quad (1.2)$$

$$n_{ij} = \frac{T_n - t_n}{\frac{l_{vij}}{\beta_{ij} V_{Tij}} + t_{n-pij}}, \quad (1.3)$$

де Q - загальні перевізні можливості АТП, т;

Q_{ij} – обсяг перевезень автомобілями i -го типу j -ої заявки;

A_{cnij} – облікова кількість транспортних засобів, що залучаються для вантажних перевезень, од.

D_k - число календарних днів у досліджуваному періоді, од.

α_{ei} - коефіцієнт випуску i -го типу автомобілів;

q_{ij} – вантажопідйомність i -го типу транспортних засобів, що реалізує j -у заявку;

γ_{ij} – коефіцієнт використання вантажопідйомності i -го типу транспортного засобу, що реалізує j -у заявку;

n_{ij} – кількість їздок i -го типу автомобілів на j -ій заявці;

T_n - час роботи в наряді автомобілів;

l_{vij} – довжина завантаженої їздки i -го типу автомобілів, що реалізує j -у заявку;

β_{ij} – коефіцієнт використання пробігу i -го типу транспортного засобу, що реалізує j -у заявку;

VT_{ij} – середня технічна швидкість i -го типу автомобілів, що реалізує j -у заявку;

t_{n-pij} – час простою під навантаженням та розвантаженням i -го типу транспортних засобів, що реалізує j -у заявку.

Далі для отримання сумарного значення перевізних можливостей АТП визначається кількість рухомого складу в автомобіле-днях AD_e , яке АТП зможе виділити для виконання кожного конкретного договору (замовлення), тобто зробити попередній розподіл рухомого складу для виконання замовлень клієнтів.

$$AD_{ej} = \frac{Q_j}{q_{ij}\gamma_{ij}n_{ij}}. \quad (1.4)$$

Потреба в автомобілях для виконання j -ої заявки визначається за такою формулою:

$$AD_{cij} = \frac{AD_{ej}}{\alpha_{ei}}. \quad (1.5)$$

Інші ТЕП роботи автомобілів встановлюють на основі аналізу звітних даних за попередній період роботи. Виходячи з отриманих результативних показників, ТЕП планують орієнтовний обсяг транспортної роботи: обсяг перевезень на запланований період, необхідний пробіг загальний і з вантажем, заплановану величину вантажообігу, можливу продуктивність автомобільних транспортних засобі та їх виробітку на 1 середньооблікову автомобіле-тонну (у тоннах, в тонно-кілометрах) та інші необхідні для виробничого планування результативні показники ТЕП. Щоб вирішувати перелічені актуальні завдання, у даний час АТП вкладають великі кошти в закупівлю програмного забезпечення (ПЗ) для визначення маршрутів перевезення, формування раціонального завантаження автомобілів, контролю роботи автомобілів лінії. Проаналізуємо можливості деяких з них: ПЗ SoftCargo – це система управління вантажними перевезеннями, яка дозволяє відстежувати послідовність виконання кожного перевезення, визначати на якому етапі виконання зараз знаходиться заявка та коригувати процес переміщення вантажу для досягнення результату перевезення «точно в строк».

Більш змістовне програмне забезпечення ABM Rinkai TMS розроблено для автоматизованого планування щоденних міських маршрутів та позиціонує такі можливості:

1. Оптимальний вибір транспортних засобів для виконання 100% замовлень, що надходять.
2. Задіяння мінімально можливої кількості автомобілів, необхідних для здійснення перевезень.
3. Оптимальна послідовність об'їзду вантажопунктів на маршруті тощо.

За заявленими можливостями ПЗ ABM Rinkai TMS досить повно відбиває завдання оперативно-виробничого планування перевезень, але досить складно оцінити алгоритми оптимізації, закладені у програмне забезпечення (зазвичай, вони передбачають простий перебір варіантів з розрахунком за одним критерієм ефективності – витратами перевезення). Можна й надалі аналізувати можливості запропонованого на ринку програмного забезпечення, але, у результаті воно

передбачає рішення окремих завдань, але не визначає весь складний комплекс оперативного і поточного планування перевезень.

Отже організація вантажних автомобільних перевезень є складним багатограним процесом, ніж представлена у існуючих методиках і застосовуваних на практиці для планування перевезень. Аналіз навчальних, методичних та наукових праць показав, що для того щоб наблизитися до об'єктивного розподілу перевізних можливостей вантажних АТП у складних динамічних системах необхідно проводити планування на основі об'єктного (індивідуального) аналізу окремих заявок на транспортне обслуговування, при цьому необхідно враховувати конкретні умови вантажних автомобільних перевезень по кожній заявці, що визначаються показниками використання: можливі зміни в відстанях доставки вантажів, можлива невідповідність запланованого часу простою під навантажувально-розвантажувальними операціями реальної ситуації в метах вантажопереробки, зміни в середньотехнічній швидкості руху транспортних засобів, прогноз стану парку автомобілів і випуску його на лінію, відмінності транспортних засобів за показниками використання вантажопідйомності та інших експлуатаційних показників.

Важливо підкреслити, що програмні продукти, що застосовуються сьогодні на підприємствах, не вирішують ці стохастичні завдання. Існуюче ПЗ організації вантажних автомобільних перевезень вирішує локальні завдання та вимагає постійного ручного коригування, тобто не є інструментом автоматизації процесів планування перевезень.

Тому визначається необхідність переходу на нові централізовані методи цифрового управління перевізним процесом, обов'язковими елементами якого є використання в процесі управління сучасного програмного забезпечення автоматизуючого процедури прийняття рішень при регулюванні перевізного процесу.

1.3 Вплив умов руху на техніко-експлуатаційні показники роботи рухомого складу

Розглянемо, як позначається застосування класичної структури ТЕП при розрахунку виробничої програми вантажних автомобільних перевезень на точність і достовірність визначення ефективності експлуатації транспортних засобів. Розрахунок виробітку від експлуатації автомобілів проводиться за такими відомими і загальноприйнятими в теорії вантажних автомобільних перевезень залежностям:

$$W_Q = \frac{T_n \cdot q \cdot \gamma \cdot V_m}{l_g + t_{up} \cdot \beta \cdot V_m}; \quad (1.6)$$

$$W_P = \frac{T_n \cdot l_g \cdot q \cdot \gamma \cdot \beta \cdot V_m}{l_g + t_{up} \cdot \beta \cdot V_m}, \quad (1.7)$$

де T_n – час перебування транспортного засобу у наряді, год.;

q – вантажопідйомність транспортного засобу, т;

γ – коефіцієнт використання вантажопідйомності;

l_g – довжина навантаженої їздки, км;

β – коефіцієнт використання пробігу на маршруті;

V_m – середня технічна швидкість, км/год;

t_{up} – час простою під час навантаження-розвантаження, год.

Визначимо значимість та необхідність урахування стохастичності ТЕП на ефективності планування обсягів перевезень за допомогою загального графіка перебігу транспортного процесу (рисунок 1.1).

Перехід досліджуваної системи вантажних автомобільних перевезень з одного стану в інший відбувається дискретно в окремі моменти часу, в кожному з яких цілий ряд ТЕП носить складно прогнозований характер, так як тривалість всіх операцій λ_{jn} транспортного процесу носить стохастичний характер. Схема перебігу транспортного процесу наведена на рисунку 1.2.

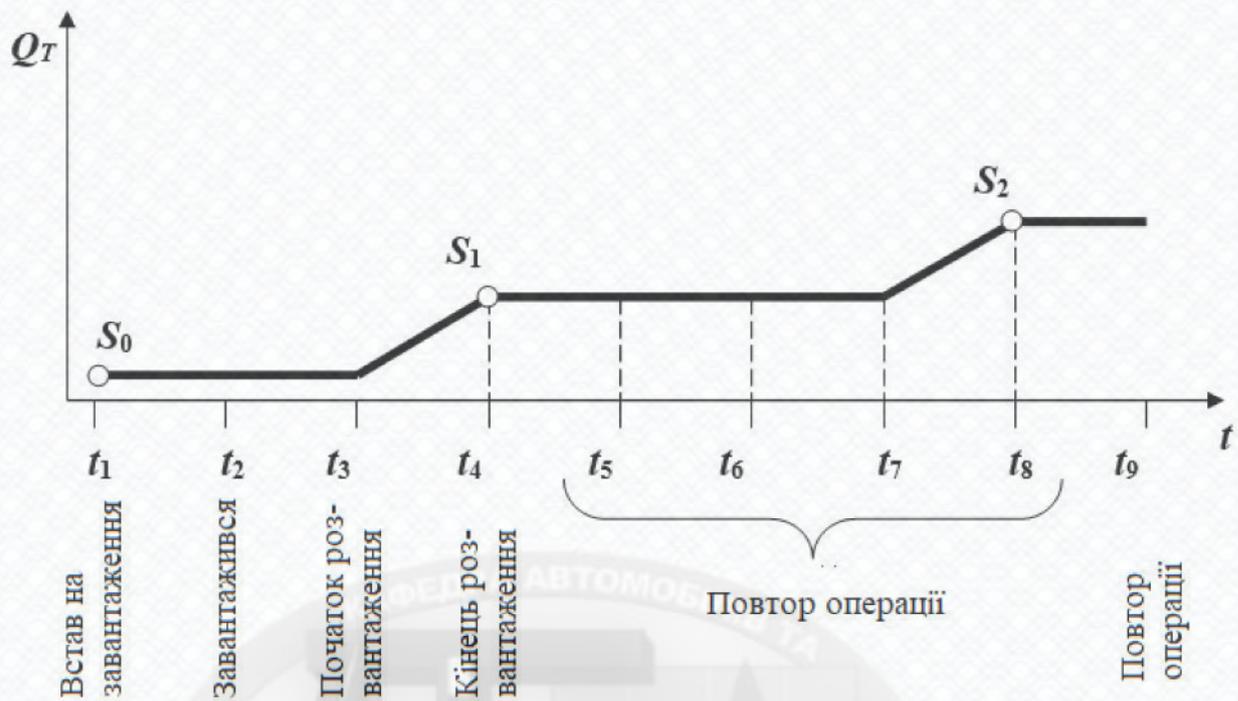
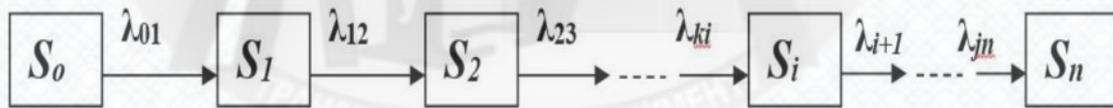


Рисунок 1.1 – Загальний графік перебігу транспортного процесу



S_1 - перша виконана їздка, S_2 - перша та друга виконані їздки, S_i - виконано i їздок,
 S_n - виконано n їздок

Рисунок 1.2 – Схема послідовності транспортного процесу

Природно, що при великій кількості елементів, що послідовно виконуються, експоненційно розвивається у бік збільшення стохастична неточність при прогнозуванні ТЕП, так як наступне значення кожного з них множиться на попереднє і збільшує величину невизначеності в системі і т. д. Чим більші інтервали часу (доба, місяць, рік), які є розрахунковим циклом визначення результативних показників роботи рухомого складу, залученого до перевезень, тим значніше проявляється основна проблема застосування існуючих методик розрахунку виробничої програми з комерційної експлуатації автомобільних транспортних засобів.

Основною проблемою застосування даної методики на практиці є динамічна нестабільність показників використання рухомого складу, що застосовуються у формулах (1.6) та (1.7). Якщо ряд показників є досить добре прогнозованими та керованими ($T_n; l_v; t_{n-p}; q; \gamma$), то середня технічна швидкість (V_m) в сучасних умовах є складно-прогнозованою величиною – стохастично невизначеною величиною, яка залежить від факторів зовнішнього середовища вантажних автомобільних перевезень.

Як відомо, зростання чисельності автомобілів призводить до вичерпання пропускної спроможності дорожньої мережі та погіршення умов руху. Наприклад, у будні в м. Вінниця можна виділити години пік: вранці з 8:00 до 10:00 і ввечері з 17:00 до 20:00, причому ввечері завантаженість вулично-дорожньої мережі істотно вища, ніж вранці. Відповідно, у вечірні години пік погіршується транспортна доступність периферійних районів порівняно з ранковим часом. Транспортні потоки починають помітно зростати з 7 години ранку і досягають максимального значення після 8 години, створюючи затори практично на всіх основних напрямках. Наступний пік транспортних потоків спостерігається від 17:00 до 19:00 годин. Середні швидкості руху автомобілів під час заторів становлять 6...10 км/год, у зонах середнього завантаження – 10...15 км/год, у межах щільної забудови – 20...26 км/год.

Негативні фактори зовнішнього середовища переводять систему управління перевезеннями в нестійкий стан, коли результативні показники використання транспортних засобів можуть не відповідати стохастичним законам розподілу ймовірності досліджуваної величини. Наведемо результати дослідження показника середньої технічної швидкості на одному маршруті в різні інтервали часу, що підтверджують це твердження.

Проведемо перевірку нормальності розподілу за умови відповідності коефіцієнт варіації – $v(x)$, якщо $v(x) < 0,33$ розподілу випадкової величини нормальному закону. При розмаху варіації 6σ :

$$x - 3\sigma(x) < x < x + 3\sigma(x), \quad (1.8)$$

де x - статистичне значення математичного очікування випадкової величини;

$\sigma(x)$ – статистичне значення середнього квадратичного відхилення випадкової величини.

Визначимо обсяг вибірки генеральної сукупності з ймовірністю 95% для нормального розподілу:

$$n = \frac{t^2 \sigma^2}{\varepsilon^2}, \quad (1.9)$$

де t – обернене значення функції Лапласа;

σ^2 - дисперсія оцінки;

ε^2 – щільність обчислення вибіркової середньої величини (x).

Враховуючи, що точність (ε_0) може бути виражена через відносну точність

$$(\varepsilon_0) + \varepsilon_0 = \frac{\varepsilon}{x}, \quad (1.10)$$

$$n > \frac{t^2 \sigma^2}{\varepsilon^2 x} > \frac{t^2 v^2}{\varepsilon_0^2}. \quad (1.11)$$

Приймаємо п'ятивідсотковий рівень значущості, якому відповідає $t = 1,96$. Приймаючи $\varepsilon_0 = 0,1$ при п'ятивідсотковому рівні значущості $\alpha = 0,05$, варіації, обсяг вибірки спостережень склав $n \approx 95$.

Розглянемо показники, що характеризують кількісну оцінку розподілу. Середнє арифметичне \bar{x} при згрупованих даних

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^k f_i x_i}{\sum_{i=1}^k f_i}, \quad (1.12)$$

де x_i - середнє значення i -го інтервалу;

f_i – кількість потраплянь в інтервал;

k – кількість інтервалів.

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

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^k f_i (x_i - \bar{x})^2}{n-1}, \quad (1.13)$$

де n – загальний обсяг вибірки.

Вихідні дані середньої технічної швидкості для розрахунку:

{16,7; 20,3; 19,7; 14,3; 9,01; 25,8; 15,7; 12,3; 18,7; 12,6; 19,5; 31,6; 13,2; 25,6; 25,6; 13,2; 21,3; 25,7; 14,3; 27,6; 22,1; 10,2; 16,3; 36,7; 16,7; 28,9; 19; 23,1; 26,7; 24,5; 18,9; 31,7; 24,2; 26,7; 23,7; 34,2; 29,1; 33,4; 25,6; 28,2; 21,9; 39,6; 27,8; 35,7; 26,7; 21,2; 19,6; 14,6; 28,3; 36,1; 36,1; 28,9; 35,6; 24,6; 25,7; 29,3; 36,2; 34,2; 12,9; 27,9; 18,5; 27,4; 34,2; 15,2; 13,1; 31,3; 20,3; 11,9; 16,7; 25,6; 14,7; 12,6; 15,6; 35,3; 34,5; 22,9; 25,1; 35,8; 23,4; 13,3; 32,1; 12,5; 19,1; 38,9; 17,8; 25,1; 35,5; 17,1; 38,3; 14,6; 17,9; 24,9; 12,4; 31,1; 35,1; 10,2; 22,3; 19,3; 38,1; 34,2; 16,9; 17,8; 25,2; 19,3; 25,6; 30,9; 35,3; 27,3}.

Результати розрахунку:

- розмах варіації випадкової величини $R=10,6$;
- кількість інтервалів – 8;
- математичне сподівання $x_{cp} \approx 24$ км/год;
- середньоквадратичне відхилення $\sigma = 8,1$;
- коефіцієнт варіації $v = 0,34$.

У випадку, коли статистичні дані показників використання транспортних засобів не підпорядковуються нормальному закону розподілу випадкових величин, може бути застосована відома концепція визначення ентропії для вирішення транспортних завдань [47-49]. Ентропія системи визначається як

максимум деякої функції у просторі можливих станів як математичних станів, що визначається найбільшим статистичним показником [48]. Тоді ентропія системи визначається наступним виразом:

$$H(f) = \sum_{i,j} f_{ij} \ln \frac{f_{ij}}{v_{ij}}, \text{ де } f = \{f_{ij} | i, j \in R\}, \quad (1.14)$$

де f_{ij} — вся кількість елементів системи, що перебувають у станах (i, j) ;

v_{ij} — величина, яка визначається «апріорними даними для найбільш ймовірних» f_{ij} .

Тоді «апріорні дані для найімовірніших», визначають значення F_{ij} з вирішення задачі знаходження (max) – ентропії при заданих обмеженнях f_{ij} .

Обмеження, що накладаються на розподіл ймовірностей f_{ij} , можуть бути будь-якої природи, що відображають апріорну інформацію про макроскопічні характеристики стану досліджуваної системи. Цей клас завдань вирішується із застосуванням кібернетичної теорії або теорії інформаційної взаємодії у складних динамічних системах.

Застосування концепції визначення ентропії для вирішення транспортних задач, як правило, утруднене через відсутність прикладних математичних моделей, що дозволяють адаптувати модель визначення ентропії (1.13) у системі вимірювачів, що застосовується в вантажних автомобільних перевезеннях. Тобто визначити F_{ij} , v_{ij} та обмеження f_{ij} в системі, послідовності транспортного процесу.

1.4 Загальна характеристика ТОВ «Вінницьке АТП - 10556»

Товариство з обмеженою відповідальністю «Вінницьке автотранспортне підприємство - 10556» уже понад 50 років надає послуги з вантажних перевезень автомобільним транспортом. Підприємство має розвинену виробничо-технічну

базу, що забезпечує повноцінний та якісний ремонт автотранспорту. Для ефективного та оперативного обслуговування клієнтів Товариство володіє власною заправкою, мийкою та стоянкою.

ТОВ «Вінницьке АТП – 10556» було засноване на підставі рішення регіонального відділення Фонду державного майна України у Вінницькій області від 26 липня 1995 року №6-ДП. Його створення відбулося шляхом перетворення державного Вінницького автотранспортного підприємства 10556 у відкрите акціонерне товариство відповідно до Указу Президента України від 26 листопада 1994 року №699/94 «Про заходи щодо забезпечення прав громадян на використання приватизаційних майнових сертифікатів».

АТП знаходиться за адресою: м. Вінниця, вул. Сергєєва-Ценського 14.

З півночі та сходу підприємство межує з територією Вінницького Олієжиркомбінату, з півдня – зі спеціалізованою монтажньо-налагоджувальною дільницею №55 та жилим масивом, з заходу – річка Вінничка.

Основними клієнтами ТОВ «Вінницьке АТП-10556» є ПрАТ «Вінницький Олієжиркомбінат», ПрАТ «Чернівецький ОЖК», ТОВ «Вінницязерносервіс», СП ВКП «Поділля-Агро» та інші.

Керівник підприємства координує роботу всіх структурних підрозділів, забезпечуючи їх ефективну взаємодію. Його діяльність спрямована на виконання договірних зобов'язань з надання транспортних послуг, оптимізацію логістичних процесів, збільшення обсягів перевезень та підвищення прибутковості компанії. Він також впроваджує заходи для підвищення ефективності роботи підрозділів, гарантуючи споживачам якісні та безпечні транспортні послуги.

1.5 Аналіз складу, структури і стану рухомого складу

Для виконання перевезень ТОВ «Вінницьке АТП – 10556» використовує автопоїзди-зерновози самовскідного типу у складі сідлових тягачів з напівпричепами та невелику кількість самоскидів із причепами.

Структура парку автомобілів станом на 2024 р.наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Основний рухомий склад АТП-10556

№	Марка, модель	VIN номер	Рік випуску
1	2	3	4
1	RENAULT MAGNUM	VF611GTA000119466	2002
2	RENAULT MAGNUM 40	VF617GSA000000852	2005
3	RENAULT MAGNUM 440	VF617GSA000000852	2005
4	RENAULT MAGNUM 440	VF6111GTA000130061	2004
5	RENAULT PREMIUM 420	VF622GVA000141871	2005
6	SCANIA 124L	XLET4X20004469490	2002
7	SCANIA 124L	XLET4X20004469490	2002
8	SCANIA P124	XLET4X2000446107	2001
9	SCANIA P380	XLER4X20005187553	2007
10	SCANIA P380	XLEP4X2000524147	2010
11	SCANIA R 114LA4X2NA380	VLUR4X20009075176	2002
12	SCANIA R 420	VLUR4X2000911216	2006
13	SCANIA R 420	VLUR4X20009112159	2006
14	SCANIA R114LA	VLUR4X20009076462	2002
15	SCANIA R114LA	XLER4X20004490318	2005
16	SCANIA R114	XLER4X20004512220	2004
17	SCANIA R114 GA4X2NA	XLER4X20004488964	2004
18	SCANIA R114LA	XLER4X20004490318	2005
19	SCANIA R380	XLER4X20005199277	2008
20	SCANIA R380	XLER4X20005199277	2008
21	SCANIA R380 LA	XLER4X20005204945	2008
22	SCANIA R380 LA	XLER4X20005187543	2007
23	SCANIA R400	XLER4X20005228064	2009
24	SCANIA R420 LA	XLER6X20005166441	2007

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4
25	SCANIA R420 LA	XLER6X20005166441	2007
26	SCANIA R420 LA4X2MNA	XLER4X20005160983	2006
27	SCANIA R420 LA4X2MNA	XLER4X20005159858	2006
28	SCANIA R420LA	YS2R4X20002007347	2005
29	SCANIA R480	XLER4X20005204255	2008
30	VOLVO FH 13.400	YV2ASG0A48B499150	2008
31	VOLVO FH 13.480	YV2ASW0A28B499478	2008
32	VOLVO FH 400	YV2ASG0A47B455034	2007
33	VOLVO FH 400	YV2ASG0A37B447393	2006
34	VOLVO FM 12	YV2J4CMC82A551164	2002
35	VOLVO FM 12	YV2J4CMC82A551164	2002
36	VOLVO FM 370 EEV	YV2J1E1A4AB559049	2010
37	VOLVO FM 4X2	YV2JG00A5AB560794	2010
38	VOLVO FM 9.340	YV2JL60A46B439602	2006
39	VOLVO FM 9.340	YV2JL60A68A665309	2008
40	VOLVO FM 9.340	YV2JL60A68A665309	2008
41	VOLVO FM340	YV2JL60A87B477321	2007

Крім в наявності напівпричіпи і причіпи в кількості 41 одиниця.

Усі транспортні засоби АТП — закордонного виробництва. Рухомий склад є доволі різноманітним, охоплюючи понад три групи марок та моделей, водночас зберігаючи технологічну сумісність. Вік автомобілів досить значний та варіюється в діапазоні 15-22 років. Попри те, що віковий показник рухомого складу становить понад 10 років, вся техніка підтримується у належному стані. Щороку вона проходить планову перевірку технічного стану без суттєвих ускладнень.

Підприємство перебуває на етапі помірною розвитку: оновлює рухомий склад, зокрема шляхом заміни старих автомобілів уживаними з меншим терміном

служби, розширює сферу діяльності та впроваджує нові методи вдосконалення організації робочих процесів.

В цілому за результатами аналізу рухомого складу рекомендується оновити старі автомобілі новими.

1.6 Аналіз виробничо-господарської діяльності

Виконаємо аналіз основних показників виробничо-господарської діяльності. Метою даного аналізу є визначення основних техніко-експлуатаційних показників роботи рухомого складу.

Результати роботи автотранспорту за останній період часу, визначені за даними АТП, та наведені в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Основні дані про роботу автотранспорту

Показник	Період		
	2022	2023	2024
Наявність автомобілів у господарстві, одиниць	43	41	41
Автомобіле-дні перебування в господарстві, тис	15,7	15,0	15,0
Автомобіле-дні в роботі, тис	10,7	10,8	10,6
Час у наряді, тис.год	97,1	100,2	98,3
Загальний пробіг, тис.км	3575,3	3900,5	3787,6
Перевезено вантажів, тис.тонн	178,8	215,6	197,5
Вантажообіг, тис.ткм	40222,4	40955,0	41663,2

На основі відомостей, наведених в таблиці 1.2, визначимо основні техніко-експлуатаційні показники роботи рухомого складу підприємства за заданий період.

Коефіцієнт випуску автомобілів на лінію визначається за формулою:

$$\alpha^i_{\text{в}} = \frac{AD^i_{\text{роб}}}{AD^i_{\text{зосп}}}, \quad (1.15)$$

де $AD^i_{\text{роб}}$ – автомобіледні в роботі за i -тий період, тис.;

$AD^i_{\text{зосп}}$ – автомобіледні перебування в господарстві за i -тий період, тис.

$$\alpha^{22}_{\text{в}} = \frac{10,7}{15,7} = 0,68, \quad \alpha^{23}_{\text{в}} = \frac{10,8}{15,0} = 0,72, \quad \alpha^{19}_{\text{в}} = \frac{10,6}{15,0} = 0,71$$

Середній час перебування рухомого складу в наряді за добу визначається за формулою:

$$T^i_{\text{н}} = \frac{AG^i_{\text{нар}}}{AD^i_{\text{роб}}}, \quad (1.16)$$

де $AG^i_{\text{нар}}$ – час перебування автомобілів в наряді за i -тий період, тис. год.;

$$T^{22}_{\text{н}} = \frac{97,1}{10,7} = 9,1 \text{ год.}, \quad T^{23}_{\text{н}} = \frac{100,2}{10,8} = 9,3 \text{ год.}, \quad T^{24}_{\text{н}} = \frac{98,3}{10,6} = 9,3 \text{ год.}$$

Середньодобовий пробіг одиниці рухомого складу визначається за формулою:

$$l^i_{\text{сд}} = \frac{L^i_{\text{заг}}}{AD^i_{\text{роб}}}, \quad (1.17)$$

де $L^i_{\text{заг}}$ – загальний пробіг рухомого складу за i -тий період, тис. км.;

$$l^{22}_{\text{сд}} = \frac{3575,3}{10,7} = 335 \text{ км.}, \quad l^{23}_{\text{сд}} = \frac{3900,5}{10,8} = 362 \text{ км.}, \quad l^{24}_{\text{сд}} = \frac{3787,6}{10,6} = 359 \text{ км.}$$

Для розгляду динаміки зміни обсягів транспортних послуг розрахуємо індекси зміни обсягів перевезень та транспортної роботи. Індекси зміни визначаються за формулою:

$$I_{A_i} = \frac{A'_i}{A_i}, \quad (1.18)$$

де A_i , A'_i - відповідно базисне і звітне значення параметрів.

Для обсягів перевезень:

$$I_Q^{23/22} = \frac{215,6}{178,8} = 1,21; \quad I_Q^{24/23} = \frac{197,5}{215,6} = 0,92.$$

Для транспортної роботи:

$$I_W^{23/22} = \frac{40955}{40222} = 1,02; \quad I_W^{24/23} = \frac{41663}{40955} = 1,02.$$

Аналізуючи виконані розрахунки, можемо прийти до таких висновків:

- за останній час кількість автомобілів на підприємстві знизилась на дві одиниці;
- час перебування автомобілів в наряді складає 9,1-9,3 годин, що є нормальним показником;
- обсяги перевезень та транспортної роботи мають певні коливання, але в цілому дані коливання є не значними.

Отже спостерігається позитивна динаміка основних виробничих показників АТП.

1.7 Висновки

1. Збільшення парку автомобілів викликає проблеми, пов'язані з вичерпанням пропускної спроможності вулично-дорожньої мережі. Більшість заходів, що вживаються для вирішення проблеми, носять не оптимізаційний, а обмежувальний характер та є малоефективними.

2. Методи управління вантажними автомобільними перевезеннями, що застосовуються в даний час, дозволяють враховувати окремих дискретний стан ТЕП експлуатації рухомого складу і отримувати їх оперативні значення і коригувати план перевезень на підставі поточного стану ТЕП, але при цьому не вирішується питання можливості активного або проактивного управління вантажними перевезеннями, оскільки фактично йдеться про усунення помилок, допущених при попередньому плануванні. Тому перехід на нові централізовані методи цифрового управління перевізним процесом, обов'язковими елементами якого є використання в процесі управління сучасного програмного забезпечення, що автоматизує процедури прийняття рішень при регулюванні перевізного процесу.

3. Основною проблемою переходу на цифрові моделі управління є відсутність ефективних інструментів управління вантажними перевезеннями в умовах динамічно нестабільних показників використання транспортних засобів, а саме середня технічна швидкість у сучасних умовах є складнопрогнозованою величиною, яка залежить від факторів зовнішнього середовища.

4. Виконавши аналіз рухомого складу та техніко-експлуатаційних показників роботи ТОВ «Вінницьке АТП - 10556», встановлено, що рухомий склад потребує оновлення. Технічний стан автомобілів знаходиться на задовільному рівні. Аналіз динаміки основних техніко-експлуатаційних показників не показав суттєвих змін за останні роки.

2 КОНЦЕПЦІЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ, ОСНОВАНА НА ПРИНЦИПАХ ЦИФРОВИХ ОБ'ЄКТНО-ОРІЄНТОВАНИХ МОДЕЛЕЙ УПРАВЛІННЯ

2.1 Механізми інструментів реструктуризації складних систем на основі цифрових сервісів

У першому розділі встановлено необхідність застосування концепції визначення ентропії для вирішення транспортних завдань. При цьому необхідно адаптувати модель визначення ентропії до вантажних автомобільних перевезень в структура вимірювачів. Тобто необхідно визначити значення F_{ij} , v_{ij} та обмеження f_{ij} для окремих елементів (об'єктів) у системі послідовної оцінки стану ефективності транспортного процесу. Основною складністю у вирішенні цього завдання є необхідність обробляти великі обсяги даних, причому ці бази даних за своїми формальними (кількісними) значеннями для окремих підприємств будуть відрізнятися, а за змістом та встановленими зв'язками в системі повинні бути однакові. Вирішити це завдання сьогодні можливо лише за допомогою цифрових систем обробки великих баз даних та цифрових технологій моніторингу математичного стану системи. У вантажних автомобільних перевезеннях цей математичний стан визначається показниками використання та результативними показниками ефективності, структурованими у вигляді методики розрахунку виробничої програми з експлуатації транспортних засобів.

Цифрові технології (ЦТ) сьогодні – обов'язкова частина будь-якого бізнес-процесу та їх впровадження в процес організації вантажних автомобільних перевезень спричинить зміни в її структурі, методах управління та методах оцінки ефективності, тому важливо розглянути особливості застосування ЦТ.

Особливості застосування ЦТ пояснюються рядом переваг властивостей інформації, перетвореної у цифровий формат:

- 1) можливість передачі кодової інформації з використанням різних фізичних носіїв;
- 2) можливість розповсюджувати інформацію за допомогою копіювання без втрати її якості та точності;
- 3) можливість багаторазового збільшення швидкості передачі за рахунок збільшення щільності запису тощо.

Як основний елемент у цифрових системах сфери послуг сьогодні розглядається цифрові сервіси (ЦС), що закріплюють «цифровий поділ праці» (digital division of labor). Різні дослідження показують, що цифрова економіка формує нові схеми у поділ праці «організація – автор і постачальник сервісу».

Нехай якась організація виконує певну виробничу діяльність, а зовнішня структура виконує інформаційні послуги цифровими каналами, доповнюючи «недостатню цінність» і актуалізуючи бізнес-процес [13, 28]. Даний підхід сприяв зміні існуючих бізнес-моделей з метою створення нової цінності та отримання нових доходів, позначаючи перехід до нових форм бізнесу – цифровим, коли продається не товар, а сервіс [29]. Визначення цього типу сервісу включено до бібліотеки IT Infrastructure Library 2011 р. (ITIL 2011): «сервіс – спосіб надання цінності замовнику через сприяння отриманні кінцевих результатів, які замовник хоче досягти без володіння специфічними витратами та ризиками». Наведене формулювання визначається чотирма основними поняттями:

- 1) ЦС має власну комерційну цінність, яка повинна виражатися у вигляді витрат підприємства, що його використовує, через ціну доступу, правила доступу, час доступу;
- 2) кінцевий результат – це отримані та підтверджені економічні, організаційні чи маркетингові ефекти, одержувані замовниками у разі використання ЦС;
- 3) ризики несе власник ЦС;
- 4) витрати розподіляються між власником ЦС (це витрати на обслуговування сервісу) та замовником (витрати за тарифом на обсяг споживаних послуг).

Важливо відзначити, що створення ЦС передбачає необхідність конструювання нової інформаційно-аналітичної системи, яка є зручною у використанні та необхідною для потенційних замовників та легко адаптується до їх потреб зручною у застосуванні в адаптивному вигляді до потреб замовника.

Найбільш видима економічна цінність впровадження інформаційно-аналітичних платформ на базі ЦС – це можливість значного скорочення інформаційно-технологічних (далі – ІТ) витрат окремих підприємств, що складаються з капітальних витрат на купівлю програмного забезпечення, оплати ліцензій та оновлень ПЗ. Це особливо значуще при активному розвитку бізнесу, коли витрати на ПЗ зростають нелінійно, через необхідність формування нових структур, відділів і служб. Застосування ЦС кардинально трансформує цю ситуацію, перетворюючи модель фінансової діяльності на модель «циклічно повторюваних витрат» на зразок абонентської плати, що значно нижче витрат на капітальні вкладення.

Іншим ефектом від впровадження ЦС є необхідність та переосмислення підходів до управління бізнесом та організацією, поширених сьогодні. За реалізації нових процесів управління ЦС доцільна сервісно-орієнтована архітектура (COA) підприємства. COA це спосіб формування структури підприємства як набір ЦС, пропонований споживачам та партнерам організації. Таким чином, COA організації визначає місце ЦС у структурі сучасного підприємства, а їх сукупність, розташованих на різних рівнях управління, визначає економічний зміст діяльності організації.

Даний підхід до розвитку бізнес-процесів може забезпечити вихід підприємства на якісно новий рівень розвитку. Тобто якщо підприємство сформоване у вигляді набору ЦС:

- зовнішніх ЦС, що використовуються для потреб організації, що знижують вартість володіння ІТ за допомогою скорочення витрат за їх утримання;
- власних ЦС, що використовуються для обслуговування COA підприємства (управління, планування бізнес-процесів тощо);

- власних чи зовнішніх ЦС, які забезпечують потік інформації зовнішніх замовників (рисунок 2.1)

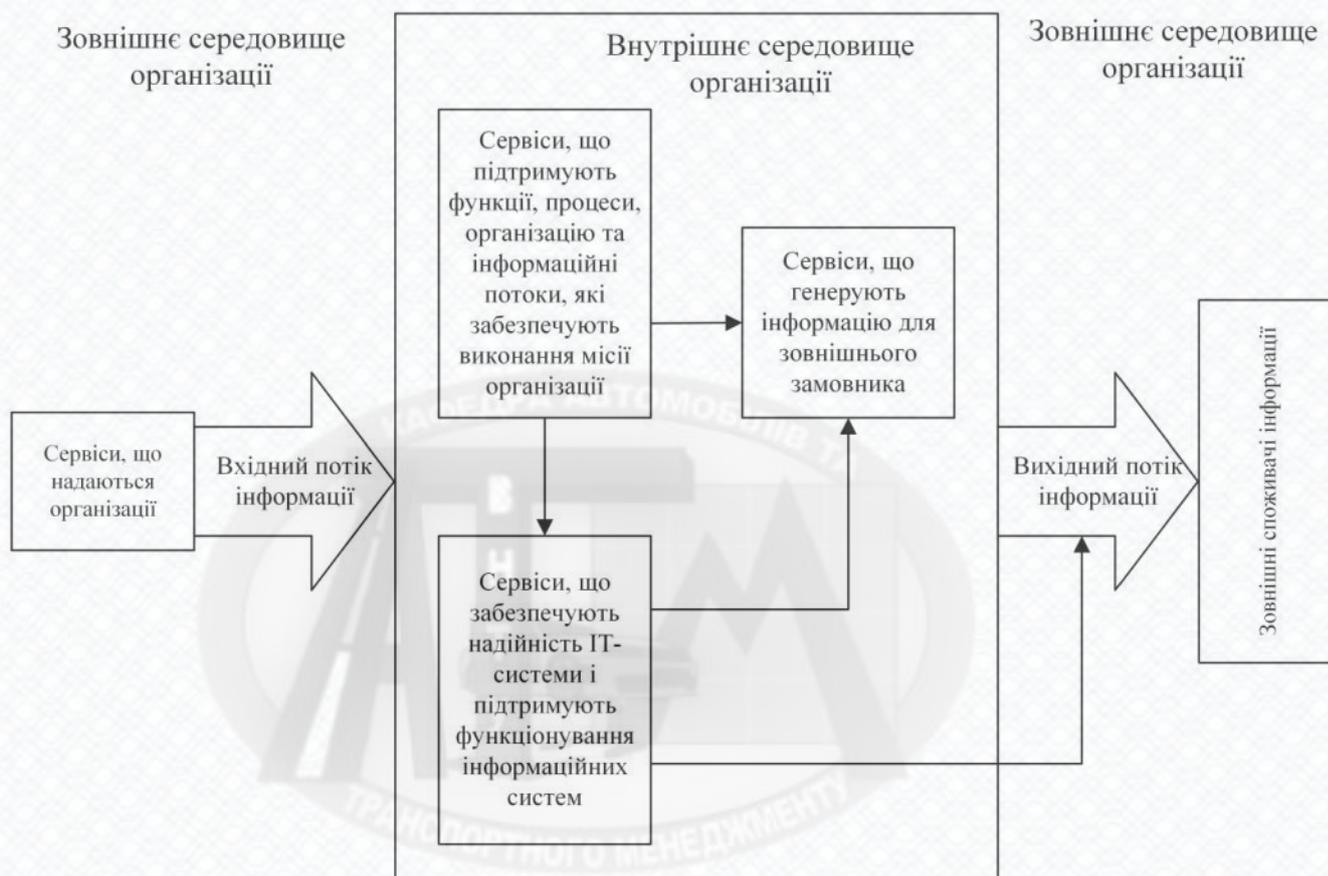


Рисунок 2.1 – Структура сервісно-орієнтованої організації підприємства з елементами ЦС

Розробка СОА повинна здійснювати у повній взаємодії з розробкою структури ЦС, оскільки перелік необхідних ЦС визначається структурою та обсягами розроблених бізнес-процесів, тобто мати системний характер. Саме системна постановка завдання може визначити оптимальні обсяги інформаційної підтримки ззовні, яка потрібна підприємству у вирішенні стратегічних завдань управління та планування діяльності тощо.

Сьогодні існує тенденція формування СОА, що розглядає ЦС як деякі «будівельні цеглини», з яких формується загальна структура підприємства з новими якісними характеристиками. Свого роду конструктор для повної архітектури підприємства, включаючи як ІТ архітектуру, так і класичну структуру

підприємства загалом, що у принципі правомірно при відході від формальних механізмів планування, контролю та управління у створенні цифрових організацій, активно впроваджують інноваційні інформаційно-комунікативні технології, проектують нові екосистеми, залучають до своєї діяльності соціальні мережі.

Але при цьому не слід забувати, що будь-яке завдання формування структури підприємства, що навіть базується на ЦС, має бути вирішено за допомогою комплексу методів та моделей, що гарантують майбутній ефективний процес управління. Особливо актуально це при побудові СОА, в якій руйнуються традиційні схеми формування структури підприємства, коли ієрархія взаємодії, рівні управління та комплекси завдань визначалися переважно об'ємними (кількісними) вимірювачами ефективності. Якщо ж йдеться про систему, площина інтересів і сфера діяльності якої перебуває в інформаційній сфері, то виникає необхідність не тільки аналізу наявної інформації, а й застосування методів управління інформаційними потоками при необхідності розробки останніх.

Створення нової моделі СОА, що включає нові атрибути, вимагає створення ефективно функціонуючої системи інформаційного управління бізнес-процесами, що базується на принципах теорії дослідження операцій, теорії ігор та/або теорії ігор з природою. Швидше за все, формування єдиного шаблону з організації СОА із застосуванням ЦС для будь-яких форм і видів соціально-економічної діяльності буде утруднено з об'єктивних причин різноманітності інформаційних ситуацій у зовнішньому та внутрішньому середовищі діяльності організацій, тому можна говорити лише про деяку ефективну композицію ЦС, як про шаблон, але кожному окремому підприємству або галузевій системі доведеться створювати власну систему ЦС та власну модель СОА підприємства. А саме, для кожного підприємства повинні бути виявлені власні критерії мети, що дозволяють визначити загальний клас завдань управління, що вирішуються за допомогою зовнішнього інформаційного забезпечення. Природно, що в рамках однієї галузі автомобільних перевезень завдання управління або підвищення ефективності будуть розміщені в межах одного класу. Отже, якщо говорити про деякий

універсальний шаблон моделювання та подальшого масштабування СОА із застосування ЦС, то модель організації, що розробляється, повинна бути універсальна всередині галузі вантажних автомобільних перевезень, але враховувати специфічні види робіт при різних видах перевезень.

Тобто має бути розроблена модель формування СОА АТП, які активно впроваджують ЦС у вигляді системних сервісних моделей (ССМ) для окремих видів перевезень, що характеризуються індивідуальними структурами критеріїв з погляду специфіки бізнес-процесів, технологічних особливостей, структури додатків, що використовуються. Системно-сервісна модель у вантажних автомобільних перевезеннях – модель з оптимальної сукупності цифрових ресурсів: персоналу, технологій та обладнання, що формують інформаційну систему цифрових послуг.

Головна перевага ССМ полягає у можливості користуватися певною функцією управління вантажними перевезеннями, а саме розрахунком виробничої програми з експлуатації транспортних засобів, що має властивість об'єктивно обробляти та аналізувати задані та отримані параметри для досягнення заданої мети підвищення ефективності вантажних автомобільних перевезень. При цьому користувачеві не потрібно самому знати і розуміти, яким чином організований даний сервіс, яку він містить методологічну основу та які компоненти в ньому беруть участь. Концентрація на результатах є критично важливим фактором ефективності застосування ЦТ у вигляді ССМ.

Схема структури та взаємодії у цифровій автотранспортній системі наведена на рисунку 2.2.

Модель формування СОА організацій, що активно впроваджують ЦС у вигляді ССМ для окремих видів перевезень, що характеризуються індивідуальними структурами критеріїв з точки зору специфіки бізнес-процесів, технологічних особливостей, структури додатків, що використовуються і т.д., при цьому:



Рисунок 2.2 - Схема структури та взаємодії ССМ цифрової автотранспортної системи із зовнішнім середовищем

1. Базовим інформаційно-технологічним елементом ССМ має бути інформаційно-аналітична платформа.

2. Повинні бути розроблені інструменти управління та оптимізації функціонування в ССМ з урахуванням потенційних можливостей СОА із застосуванням цифрових технологій на основі адаптації існуючих методів теорії прийняття рішень до умов роботи автомобільного транспорту. Особливо це важливо для складних процесів управління, що характеризуються наявністю великих обсягів даних.

2.2 Цифрові технології, що реалізують системно-сервісні та бізнес-моделі керування вантажними перевезеннями

Сучасні хмарні технології забезпечують можливість мережевого доступу на вимогу експлантатів (споживачів) ССМ до загального ресурсу обчислювальних ресурсів. Віртуалізація обчислювальних процесів – це процес, коли програмні додатки (програмне забезпечення) написані на одному обчислювальному модулі. Така схема віртуалізації обчислювальних процесів набула поширення та продовжує активно розвиватися.

Крім явних фізичних переваг, впровадження хмарних технологій та ССМ активно відбувається на світовому ринку вантажних автомобільних перевезень, що підвищує ефективність перевезень та сприяє прозорості бізнес-процесів. Наприклад, у 2016 році компанія Uber Technologies анонсувала запуск нового сервісу для вантажних перевезень Uber Freight. Він створений компанією «Otto» паралельно із розробкою безпілотних вантажівок. Привабливість ССМ на основі Uber у сегменті вантажних автомобільних перевезень підтверджується інвестиціями, які залучаються у світі в цю галузь. Наприклад, фірма Transfix (США) залучила 36 млн дол., uShip – 25 млн дол., Convooy - близько 80 млн дол. інвестицій, створивши інноваційні мобільні програми.

В основі сучасних ЦС лежать хмарні технології цифрового кластеру:

- IaaS (Infrastructure as a Service) – «Інфраструктура як послуга»,
- PaaS (Platform as a Service) – «Платформа як послуга»,
- SaaS (Software as a Service) – «Програмне забезпечення як послуга»;
- CaaS (Communication as a Service) – «Комунікація як послуга»;
- MaaS (Monitoring as a Service) – «Моніторинг як послуга».

Зупинимося докладніше на технології Monitoring as a Service. Система MaaS може бути представлена кінцевим користувачам по-різному (з різними технологіями та у різних форматах), незалежно від того, чи надається вона як додаток для смартфонів чи як організаційна структура. Вже досягнуті результати та аналіз тематичних досліджень показали, що вебтехнології є ключовою

рушійною технологією для надання послуг MaaS. Саме ці технології є основою для створення нових комбінованих та інтегрованих служб цифрової мобільності відповідно до визначення MaaS. В основному, архітектура ІТС характеризується високим рівнем інтеграції послуг, автоматизації та можливостей підключення. Дотримуючись цього напрямку, можна досягти вищого ступеня гармонізації послуг і контенту. Подібні вимоги виникають при наданні послуг MaaS для синхронізації різних організацій, що співпрацюють, та надання високоякісних послуг кінцевим користувачам. Концептуальна модель MaaS враховує всі виявлені технічні вимоги. Архітектура системи охоплює принципи надання послуг, визначених у ланцюжку створення вартості послуг. Навіть незважаючи на те, що архітектура системи MaaS є описом технологічних і технічних рішень, що використовуються в системі, і пов'язаних з нею операцій, можуть існувати і використовуватися інші технічні рішення, які відповідають тим же вимогам. Технології можуть використовуватися різними способами, тому були виділені лише визначені на практиці технології, що застосовуються до різних доступних послуг MaaS (рисунок 2.3).

На практиці аналіз архітектури системи систематично зв'язується з організаційним тлом відповідної системи MaaS. Іншими словами, процеси та технології, необхідні для надання послуг MaaS, представлені в технічній архітектурі системи, ролі та обов'язки визначені у конкретних ССМ.

Концепція MaaS приділяє значну увагу наданню гнучких послуг мобільності, маючи кілька транспортних режимів, підключених та об'єднаних в одну загальну платформу бронювання та інформації, а висока цільова величина інтеграції MaaS обумовлена кількістю інтегрованих транспортних режимів, що забезпечують плавні переходи режимів. З технічного погляду як інфраструктурні, так і транспортні оператори можуть представляти, як дані, так і послуги.

Нижче наведено різні рівні надання послуг MaaS кінцевим користувачам. Основний домен MaaS представлений новим рівнем API MaaS – інтеграція послуг. Дотримуючись принципу об'єднання послуг з кількома підписками за одним спільним інтерфейсом, користувачам надається один загальний простий

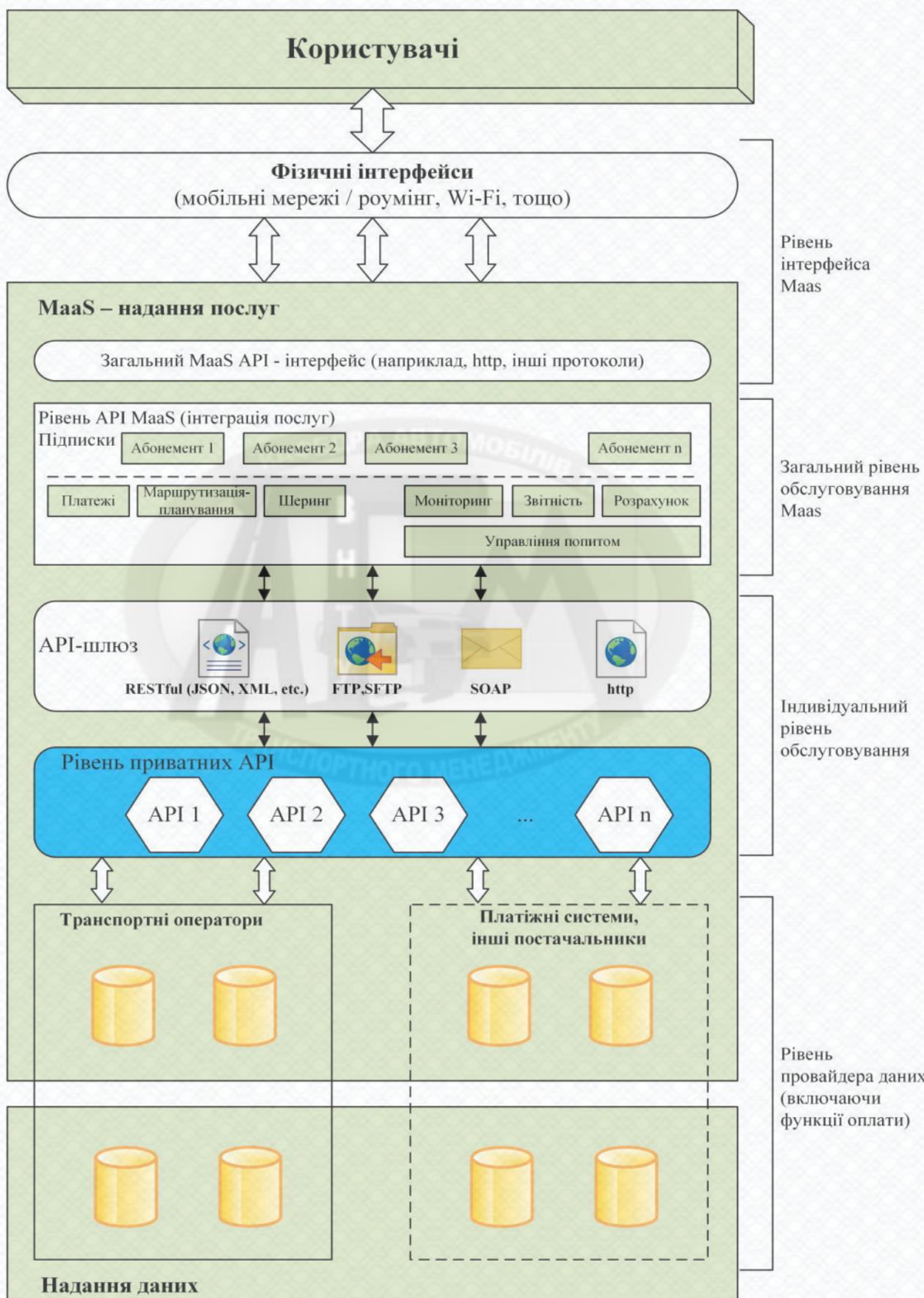


Рисунок 2.3 – Узагальнена технічна архітектура системи застосування цифрових технологій

інтерфейс транзакцій через різні зареєстровані підписки, що дає користувачам можливість вибирати кращі пропозиції мобільності. З поточної погляду співіснують кілька різних мобільних сервісів/додатків, які мають інтерфейси/з'єднання один з одним.

Автономні пропріетарні послуги виділені в синьому полі (рисунок 2.3), яке називається рівнем приватного API. Рівень приватного API є сумою всіх доступних мобільних сервісів, які потенційно доступні на ринках цифрових послуг і вже використовуються, наприклад, безпосередньо пасажирями. Ці послуги можуть надаватися, наприклад, транспортними операторами, які також виконують роль постачальників послуг. З іншого боку, послуги можуть пропонуватися сторонніми організаціями, здатними забезпечити всю архітектуру віртуальних послуг.

Залежно від застосовуваної ССМ, деякі транспортні оператори, як згадувалося раніше, можуть виступати як постачальники даних і послуг, тому вони представлені як на сайтах даних, так і на рівні обслуговування. Щоб підключити різні сервіси (і/або функції) до однієї платформи загального доступу, потрібні інтерфейси технічних сервісів для збору всіх доступних джерел контенту та інформації. На рис. 2.3 показано API-шлюз, що описує приклади інтерфейсів з використанням технологій розповсюдження на основі веб-служб. Наприклад, Restful (Rest), простий HTTP та/або SOAP вказують, коли звертатися до даних/обмінюватися даними між різними сайтами. Всі ці технології веб-сервісів в основному реалізовані як частина серверних систем. Оскільки кінцеві користувачі взаємодіють лише з інтерфейсною службою МaaS, необхідно встановити фонові системи між різними постачальниками даних/послуг.

ССМ формує бізнес-модель, яка визначає як організація створює, постачає та отримує цінності (включаючи економічні, соціальні, культурні чи інші контексти). Таким чином, процес побудови бізнес-моделі є важливою частиною формування бізнес-стратегії та оцінки потенціалу та позиції ринку. Найбільш відомим інструментом для цього є схема бізнес-моделі (А. Osterwalder, Y. Pigneur, 2013). Вона дозволяє описувати нові чи існуючі бізнес-моделі за допомогою

пропозиції (ціннісна пропозиція), інфраструктури (ключові види діяльності, ресурси, партнери), клієнтів (сегменти, канали, відносини) та фінансів (структура витрат, потоки доходів). Універсальна схема бізнес-моделі для оператора послуг MaaS, що базується на закордонному досвіді, представлена на рисунку 2.4. Наведена схема бізнес-моделі розкриває широкий спектр ключових партнерів та клієнтів, а також джерел доходу. Послуги, засновані на платформі системи MaaS (наприклад, керовані оператором MaaS), є новим способом управління пропозицією окремих постачальників послуг. У результаті це збільшує додану вартість для клієнтів, конкретизуючи синергетичні переваги бізнес-системного підходу.



Рисунок 2.4 – Універсальна схема бізнес-моделі оператора системи MaaS

По суті, існують два типи бізнес-моделей операторів МaaS та потоків доходів: модель агента та модель продавця. На рисунку 2.5 показано моделі комерційних операторів МaaS. У моделі посередника кілька послуг від різних постачальників послуг пропонуються користувачам через один інтерфейс. Модель інтегратора включає, крім того, постачальника ІТ-послуг, який надає ключові технології та послуги, що забезпечують підтримку (наприклад, мобільні квитки та оплату).



Рисунок 2.5 – Моделі комерційних операторів МaaS

Незалежно від моделі оператора МaaS, угоди про обслуговування між оператором МaaS та транспортними операторами різняться. Одна послуга МaaS може включати різні угоди про обслуговування. Типами угод про обслуговування є перепродані послуги та договірні послуги (рис. 2.6).

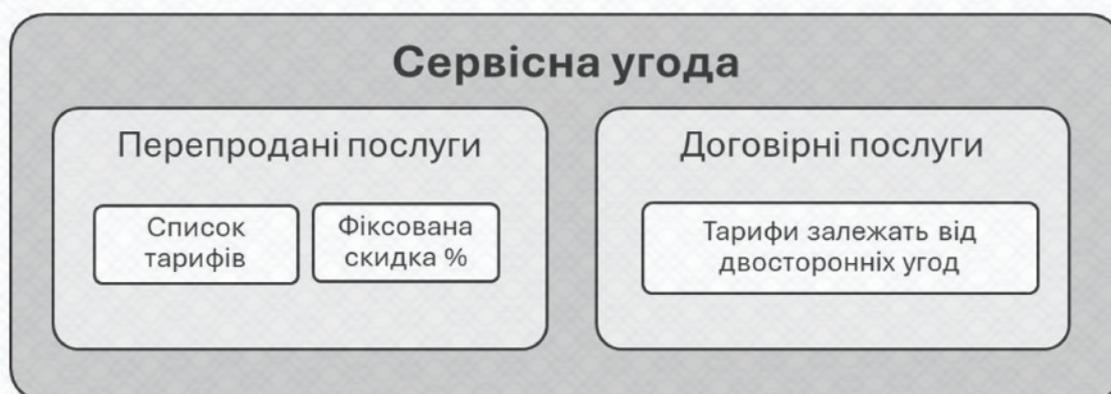


Рисунок 2.6 – Типи угод про обслуговування

Природно, що в результаті ССМ на основі хмарних технологій знижують ризики непередбачених витрат та оптимізують роботу транспортного підприємства. Спеціалізовані рішення, як правило, є системами автоматизації планування маршрутів доставки продукції та використовуються для автоматизації процесів диспетчеризації та автоматизації роботи диспетчерів.

Розглянуті технології та ССМ-організації процесів та бізнес-моделі найбільш ефективні в системах вантажних автомобільних перевезень з великими централізованими пунктами переробки вантажів (терміналами) та дозволяють великим та середнім вантажним АТП автоматизувати процеси управління перевезеннями та планування маршрутів, та оптимально використовувати перевізні можливості парку рухомого складу.

Як правило, такі рішення дозволяють не лише обробляти велику кількість інформації за короткий проміжок часу, а й оптимізувати структуру технологічних процесів, що підвищує ефективність роботи компанії загалом. Зазвичай маршрути оптимізуються в обов'язковому порядку за двома основними критеріями: міні пробіг всього парку автомобілів та максимум завантаження автомобіля. Але в умовах завантаженості дорожньо-транспортної інфраструктури, наявності ряду специфічних вантажів нерідко виникають додаткові критерії, які безпосередньо не корелюються з величиною пробігу та коефіцієнтом вантажопідйомності транспортного засобу, як час доставки, час виконання вантажно-розвантажувальних робіт тощо. Спеціалізовані рішення із застосуванням хмарних технологій дозволяють вирішувати це багатокритеріальне завдання найефективніше реалізуючи:

- автоматичне створення довідників та баз, що дозволяють застосовувати перехресне введення інформації;
- автоматизоване планування маршрутів;
- формування графіка маршрутних завдань одному або групі транспортних засобів автоматично за заданими умовами роботи;
- автоматична оптимізація планування на основі аналітичних даних системи.

Вирішення цих завдань має здійснюватися за єдиним основним функціоналом і побудовою на загальних принципах. У той же час, у першому випадку рішення можуть бути розширені за рахунок врахування модулями взаємовідносин з клієнтами, диспетчеризації та погодження з вантажоодержувачами умов доставки.

2.3 Актуальні моделі вирішення багатокритеріальних завдань маршрутизації у динамічних транспортних мережах

Сучасні транспортні мережі мають активну тенденцію бути динамічними, тобто із непередбачуваними затримками, пробками чи закриттям дорожнього руху. Потреба враховувати цю обставину давно досліджується зарубіжними вченими та дослідниками. У результаті було виділено основні підходи.

1. Можна просто «підправити» попередньо оброблені дані, а не будувати їх із нуля. Цей підхід був випробуваний для різних методів, у тому числі для методу "Геометричних Контейнерів" [20], ALT [14], метод "Прапорів Дуг" [27] та "СН-метод" [41], зі змінним успіхом. Для СН, наприклад, слід відстежувати залежності між «ярликами» – (поточним станом процесу), частково, за необхідності, перезапускаючи скорочення.

2. Другий підхід полягає в адаптації алгоритмів «запиту» так, щоб оминати «неправильні» або невідповідні домінуючій статистиці розділи на етапі попередньої обробки. Зокрема метод «ALT» є стійкою до збільшення витрат на дуги [14]. Це необхідно, коли є потреба вирішувати задачу маршрутизації рідше, ніж відбувається оновлення поточної інформації в транспортній мережі.

3. Третій підхід поділяє інформацію на метрико-незалежні (МН) та метрико-залежні фази (МЗ). МН-фаза – це досить стабільна інформація про топологію мережі. МЗ-фаза – коли поточна інформаційна ситуація змінюється (ALT, СН та CRP методи). Наприклад, в ALT можна зберегти орієнтири чи перерахувати нові показники [10, 14]. Для СН можна зберегти ієрархічність і просто повторно

запустить програму скорочення [46]. Для CRP можна зберегти фрагментацію та топологію накладання і просто перерахувати довжини ярликів [15].

Друга складність, що призводить сьогодні до неточності побудови маршрутів у просторі та часі, це те, що в реальних транспортних мережах оптимальний маршрут часто передбачувано залежить від часу відправлення. Наприклад, деякі дороги постійно перевантажені в години пік, тоді формується завдання часозалежного найкоротшого шляху, в якому призначається функцією тривалості поїздки до (деяких) крайніх точок з рішенням, що представляє час їх проходження у будь-який час доби. Багато вже описаних методів працюють за цим сценарієм, включаючи двонаправлений ALT [16], CH [24] або SHARC [42].

На жаль, навіть незначне відхилення від моделі часу в дорозі, коли сукупні витрати є лінійною комбінацією часу в дорозі і постійних витрат, робить задачу важко вирішуваною за час, що не перевищує полінома від розміру даних [24]. Розв'язання першої задачі полягає у моделюванні розкладу для залучення алгоритмів, що обчислюють оптимальні маршрути. Оскільки завдання найкоротшого шляху добре вивчена, тому розглянемо більш детально часорозширені і часозалежні моделі.

Часорозширена модель складається з залежних від часу подій, які відбуваються в дискретні моменти часу і припускають побудову «подійного графа» [45]. Як правило, базова версія моделі містить вершини для кожного відправлення та прибуття, з наступними відправленнями та прибуттями, з'єднані сполучними дугами [19, 44]. Мюллер-Ханнеман і Вейхе [31] розширили модель для розрізнення транспортних засобів, щоб оптимізувати кількість переходів (пересадок або перевантажень), прийнятих у ході запитів шляхом поділу кожної сполучної дуги новою вершиною з подальшим з'єднанням вершин на кожному маршруті.

Пайрга та співавтори [23] та Мюллер-Ханнеман і Шнії [32] розширили часорозширену модель, включивши мінімальні зміни часу (заданого на вході), які необхідні як межі при зміні маршрутів у дорозі. Отримана ними так звана реалістична модель вводить додаткову перехідну вершину для відправлення і

з'єднує кожну вершину прибуття з першою вершиною перенаправлення, яка задовольняє мінімальній зміні часових обмежень. Ця модель була допрацьована [17] так, щоб зменшити кількість дуг, які були «надмірно» досліджені під час запитів.

Головним недоліком часорозширеної моделі є те, що підсумкові графи досить складні для обробки даних.

Часозалежний підхід, навпаки, створює значно менш трудомісткі графи (у плані кількості вершин і дуг). Натомість кодуються часові залежності функціями часу в дорозі на дугах, які з'єднують час відправлення з часом на маршруті. Оцінка «витрат» дуги далі залежить від часу, коли вона прокладена. Загальний аналіз часозалежних найкоротших шляхів для різних обмежень очікування виконаний Ордою та Ромом [11]. Виявляється, що задача найкоротшого шляху може бути ефективно вирішена, якщо функції часу в дорозі невід'ємні, і використовується правило перший-увійшов перший-вийшов (що передбачає, що очікування ніколи не окупається). Часозалежний підхід було розглянуто Бродалом і Джакобом [26]. Точний час відправлення та прибуття кодується функцією часу в дорозі. Пайрга та співавтори [23] далі розширили цю базову модель для забезпечення мінімальної зміни часу, створюючи для кожного маршруту вершину (p). Вершини маршруту (p) з'єднуються із загальною вершиною зупинки по дугах постійних «витрат», що відображають мінімальну зміну часу (p). Поїздки розподіляються маршрутними дугами, що з'єднують наступні вершини маршруту, як показано на рис. 2.8.

Для деяких програм можна поєднувати маршрутні вершини, переходи між якими не порушують мінімальну зміну часу.

Природним рішенням описаних вище завдань є розгляд функцій кількох «витрат», виконавши пошук за багатьма критеріями. У такому пошуку мета – знайти множину Парето. Алгоритм Дейкстри можна розширити для розрахунку множин Парето, і він досить ефективний, поки ці множини не великі [31], але ряд зарубіжних джерел говорить про значні труднощі обчислювального характеру, коли критеріїв ефективності досить багато [18]. Тому нерідко це завдання

спрощують, звівши його до одно- або двокритеріальних [43]. Проте повноцінна багатокритеріальна задача та необхідність у цьому випадку отримувати значення множини Парето досить добре вивчена.

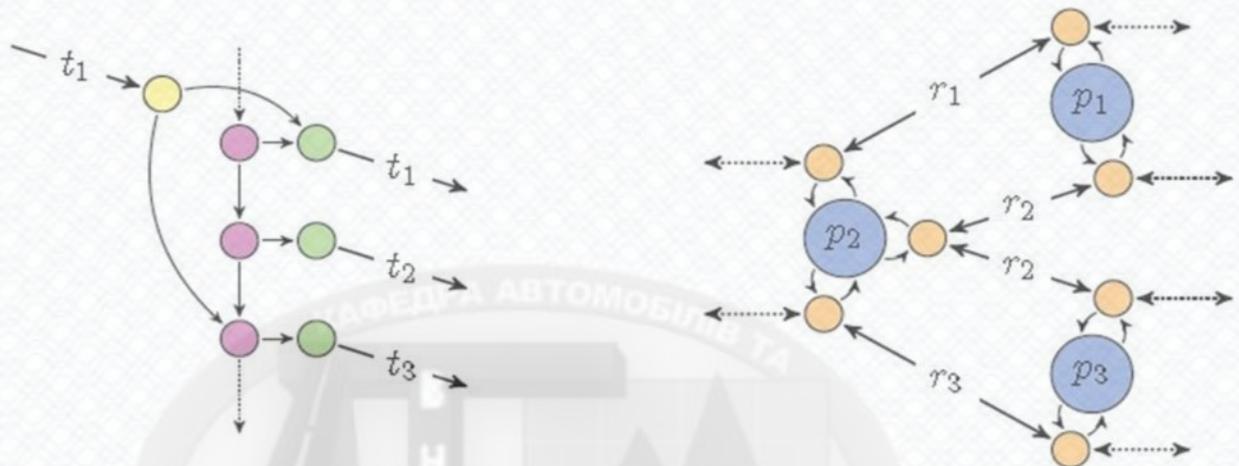


Рисунок 2.8 - Реалістичні часорозширена (ліворуч) і часозалежна (праворуч) моделі: що з'єднують дуги в часорозширеній моделі – t_i , а маршрутні дуги в часозалежній моделі – маршрутами r_i

Обчислення множини Парето найкоротших шляхів у (основному) графі можна здійснити розширеннями алгоритму Дейкстри [30] для огляду комбінаторної оптимізації множини критеріїв. Із застосуванням алгоритму Установки Позначень Множини Критеріїв (MLS) [22, 34]. Даний алгоритм розширює алгоритм Дейкстри для кожної вершини, але при цьому виконується велика кількість обчислень, пов'язаних із принципом комбінаторних рішень.

Хансен [34] зазначає, що множини Парето можуть містити експоненційно багато рішень, навіть для обмеженого випадку двох критеріїв оптимізації. На практиці множин Парето набагато менше, але їх все ще може бути досить багато, щоб бути вузьким місцем при обчисленнях [31]. Щоб прискорити запит, можна обчислювати наближені рішення, наприклад, ослаблення домінування (тим самим скорочуючи кількість критеріїв). Зокрема, множина Парето $(1 + \epsilon)$ доказово мають поліноміальну розмірність [12] і можуть бути ефективно обчислені [21, 35].

Більшість розглянутих алгоритмів було розроблено через необхідність їх практичного застосування. Майже всі розглянуті нами методи є досить точними: вони доказово визначають найкоротший шлях, проте їх продуктивність (в плані попередньої обробки та запитів) значно змінюється в залежності від складності досліджуваного вхідного графа. Більшість алгоритмів добре працюють для реальних дорожньо-транспортних мереж, але мають певний ступінь свободи під час попередньої обробки (такі як розбиття, порядок вершин або вибір орієнтирів). Очевидним питанням є те, чи можна ефективно визначити кращі варіанти таких виборів для конкретного вхідного сигналу так, щоб мінімізувати простір пошуку запиту (природне опосередкування числа запитів).

Наприклад, в [36] встановлено, що знаходження оптимальних орієнтирів для ALT є складними за час, що не перевищує полінома від розміру даних. Те саме стосується методу «Прапорів Дуг» (з урахуванням розбиття), «SHARC» (з урахуванням порядку ярликів), «Графів Багаторівневого Накладення» (з урахуванням сепаратора). Насправді зведення до мінімуму кількості «ярликів» для СН є складним завданням на рівні апроксимованих алгоритмів поліноміальної складності з постійним коефіцієнтом апроксимації [33, 36]. Однак у методі «SHARC» існує алгоритм апроксимації за фактором (k) [37]. Рішення про те, які (k) – поточні ситуації «ярлики» додавати до графу з метою мінімізації простору пошуку рішень є трудомістким у часі, що не перевищує полінома від розміру даних [37]. В [38] показано, що знаходження оптимального (k)-розбиття є складним завданням, що вимагає обробки великих обсягів даних. Тобто є теоретичні межі продуктивності алгоритмів для ефективної реалізації їх на практиці. Таким чином, пошук вирішення завдань у дорожньо-транспортній мережі мотивують необхідність великого обсягу теоретичної роботи з розробки нових методик, моделей та алгоритмів [40], що реалізуються в концепції організації вантажних автомобільних перевезень (рисунок 2.8).

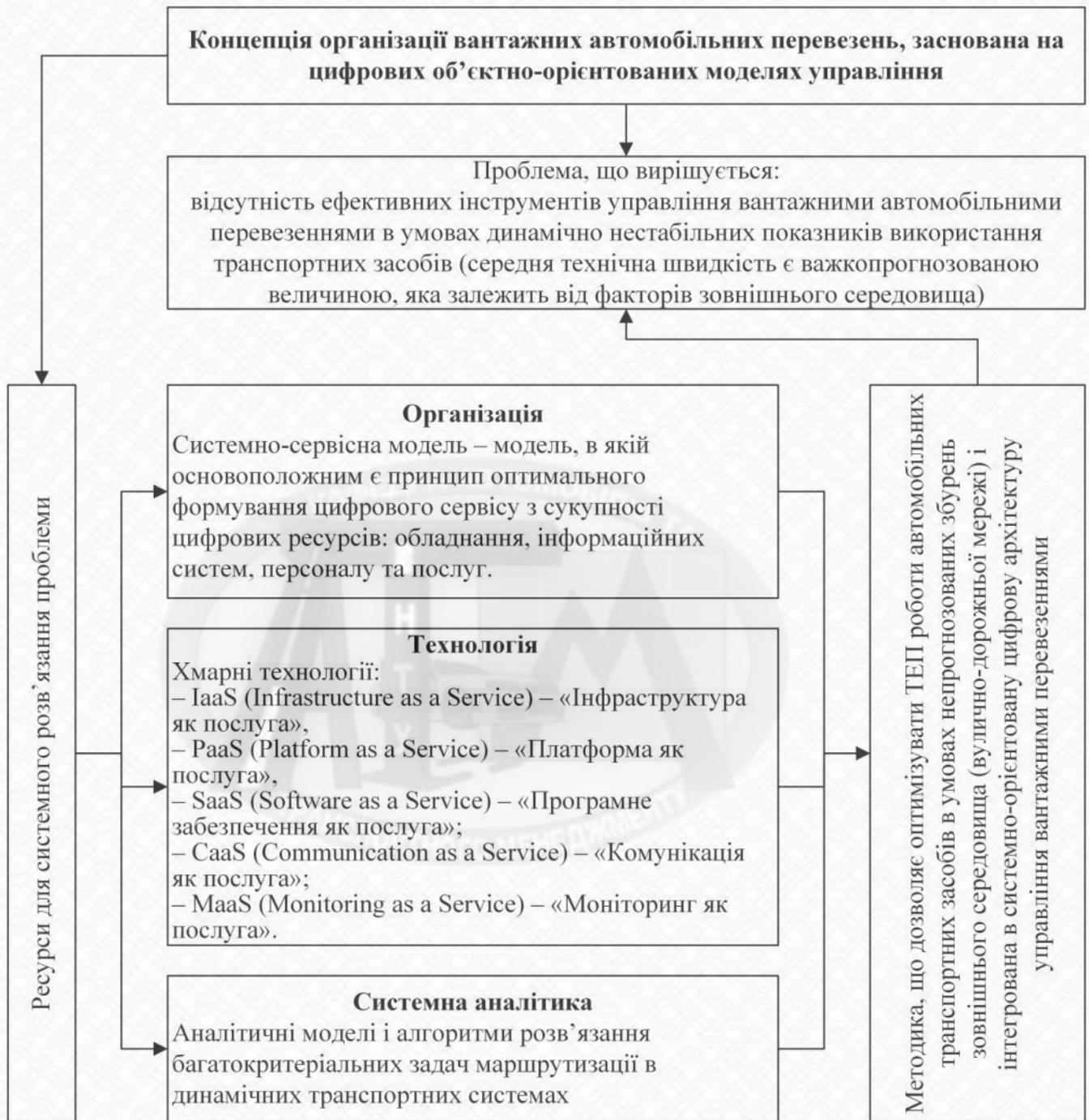


Рисунок 2.8 – Схема реалізації концепції організації автомобільних перевезень, що базується на цифрових об'єктно-орієнтованих моделях управління

2.4 Висновки

1. ЦС є самостійним інноваційним продуктом, заснованим на інформаційній діяльності. ЦС не тільки сприяють підвищенню ефективності існуючих бізнес-

процесів, звільняючи їх від ризиків і витрат, пов'язаних з обслуговуванням ІТ, але є самостійною бізнес-послугою, реалізованою з використанням інформаційно-комунікативних технологій. Найбільш ефективна організація виробництва із застосуванням ЦС – сервісно-орієнтовані моделі управління. Головна перевага ССМ полягає у можливості користуватися певною функцією управління вантажними автомобільними перевезеннями, а саме розрахунком виробничої програми з експлуатації транспортних засобів, що має властивість об'єктивно обробляти та аналізувати задані та отримані параметри для підвищення ефективності перевезень.

2. Сучасні хмарні технології (технології хмарних обчислень та технологій віртуалізації) забезпечують можливість мережного доступу на вимогу експлантатів (споживачів) ССМ до загального ресурсу обчислювальних ресурсів.

3. Актуальні моделі вирішення багатокритеріальних задач маршрутизації в динамічних транспортних мережах, засновані на «часозалежному» підході, як найменш витратному за кількістю обчислювальних процедур, що кодує часові залежності «функціями часу в дорозі» на (ділянках маршруту), які агрегують в один обчислювальний ресурс час відправлення з часом на маршруті.

3 УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В ЦИФРОВІЙ АВТОТРАНСПОРТНІЙ СИСТЕМІ

3.1 Вимоги до моделі керування вантажними перевезеннями, що базується на цифрових сервісах

Обов'язкові вимоги, які мають бути враховані під час розробки моделі керування вантажними автомобільними перевезеннями, що базується на цифрових сервісах є такими:

1. «Он-лайн» контроль руху транспортних засобів:

1.1 Можливість застосування функції «похвилинного контролю розташування транспортного засобу та вантажу» – точне визначення географічних координат, швидкості та напрямки руху;

1.2 Використання моделі даних фіксації місцезнаходження транспортного засобу на електронній карті;

1.3 Регулярне оновлення показників використання та результативних показників на основі отримання «он-лайн»-даних про значення ТЕП та технічний стан транспортних засобів.

2. Оперативно-виробниче управління:

2.1 Автоматизована аналітична обробка, отриманої інформації про маршрут транспортного засобу в «он-лайн» режимі;

2.2 Можливість автоматизованої оперативної зміни маршрутних завдань з автоматичним перерахунком ТЕП у процесі руху транспортних засобів на маршруті.

3. Організація взаємодії з водієм:

3.1 Забезпечення аналітичними даними для реалізації функції «Оперативний виклик водія при виявленні нецільового використання транспортного засобу або відхилення від маршрутного завдання та графіка руху»;

3.2 «Он-лайн» спілкування з водієм – відео (голосовий) зв'язок та обмін SMS повідомленнями диспетчером (системою) з обов'язковим збереженням інформації у базі даних.

4. Функції забезпечення безпеки руху:

4.1 Забезпечення аналітичними даними для реалізації функції «Оперативне реагування при спрацьовуванні контрольних датчиків, що попереджають про сходження з маршруту або вихід транспортного засобу із зони маршрутного завдання» та ін.

4.2 Забезпечення аналітичними даними для реалізації функції «Забезпечення контролю режиму експлуатаційної та допустимої швидкості руху транспортного засобу».

5. Функції визначення та контролю результативних ТЕП:

5.1 Визначення фактичного пробігу транспортних засобів;

5.2 Визначення фактичного часу виконання маршрутних завдань;

5.3 Контроль часу доставки вантажів, відповідно до стратегії «точно-в-строк»;

5.4 Забезпечення аналітичними даними реалізації функції «Контроль часу проведення вантажно-розвантажувальних робіт»;

5.5 Формування результативних ТЕП у вигляді даних, що дозволяють аналізувати результативні ТЕП виконання транспортної роботи в різних форматах за будь-який період, що цікавить.

Спеціалізовані рішення можуть відрізнятися для різних категорій перевезень: внутрішньоміські перевезення, включаючи великі міста та мегаполіси з їх агломераціями та міжміські перевезення. Це можуть бути системи з завершенням маршруту в середньому протягом одного дня, розраховані на великий потік вхідних даних при взаємодії з великою кількістю фізичних осіб і малим бізнесом. В іншому випадку це магістральні перевезення, прив'язані до терміналів, як до пунктів виконання вантажно-розвантажувальних робіт тощо.

При вирішенні завдань маршрутизації у сучасних складних економічних умовах необхідно максимально точно та прогнозовано визначати показники

ефективності у кожному окремому варіанті доставки вантажів (за кожною заявкою). При цьому формується багатокритеріальна задача вибору ефективного варіанта, де як критерії ефективності можуть виступати не тільки показники вартості (витрат) на перевезення, але і часу доставки та показники продуктивності роботи рухомого складу.

3.2 Модель визначення показників ефективності вантажних автомобільних перевезень, що передбачає застосування цифрових технологій

Схема реалізації концепції організації вантажних автомобільних перевезень, що ґрунтується на цифрових об'єктно-орієнтованих моделях управління, неможлива без адаптації аналітичної моделі визначення показників ефективності, що розкриває потенціал можливостей цифрових технологій. Існуючий, але не завжди застосовуваний на практиці, методичний підхід до визначення ефективності використання автомобілів під час виконання вантажних перевезень визначається низкою результативних показників. Покажемо недостатню точність традиційної моделі визначення комплексних показників вантажних автомобільних перевезень на прикладі одного з показників продуктивності роботи, що, у свою чергу, не дозволяє виконувати вимоги до моделі керування вантажними перевезеннями, що базуються на цифрових сервісах.

Обсяг транспортної роботи в т-км за один оборот транспортного засобу при встановленому часі у наряді T_n визначається за формулою:

$$P = Z_e \cdot q \cdot \gamma \cdot l_g, \quad (3.1)$$

де Z_e - кількість оборотів автомобіля на маршруті, од.;

q - вантажопідйомність транспортного засобу, т;

γ - коефіцієнт використання вантажопідйомності;

l_g - довжина їздки з вантажем, км.

Годинна продуктивність роботи вантажного транспортного засобу за кількістю перевезеного вантажу W_q (т/год) або виконаною транспортною роботою W_p (ткм/год) відповідно визначаються:

$$W_q = \frac{q \cdot \gamma \cdot \beta \cdot V_m}{l_s + t_{np} \cdot \beta \cdot V_m}; \quad (3.2)$$

$$W_p = \frac{l_s \cdot q \cdot \gamma \cdot \beta \cdot V_m}{l_s + t_{np} \cdot \beta \cdot V_m}, \quad (3.3)$$

де β - коефіцієнт використання пробігу на маршруті;

V_m – середня технічна швидкість, км/год;

t_{np} – час простою транспортних засобів у пунктах навантаження та розвантаження, год.

Іншими словами, продуктивність роботи вантажного рухомого складу є детермінованою функцією низки показників:

$$P = f(T_n; l_s; \beta; q; \gamma; t_{np}; V_T). \quad (3.4)$$

У наведеному функціональному ряді показники: T_n ; l_s ; β ; q ; γ ; t_{np} , безумовно, є показниками з керованими, а відповідно прогнозованими значеннями, але показник V_m у сучасних умовах є складно-прогнозованою величиною, яка залежить від факторів зовнішнього середовища. Це твердження було обґрунтовано у першому розділі, де показано, що зміна показника V_m протягом доби не підпорядковується нормальному закону розподілу випадкових величин.

Середня технічна швидкість V_m – це середня швидкість руху транспортних засобів на даній відстані з урахуванням простоїв та затримок у русі залежно від зовнішніх умов. Нерідко під впливом множинних факторів вулично-дорожньої мережі V_m є стохастичною величиною розподілу випадкових величин, що підкоряється стандартним законам. Тобто об'єктивно існує значний ступінь невизначеності при прогнозуванні V_m . Як правило, V_m розраховують за формулою:

$$V_m = \frac{L_{заг}}{AD_e \cdot \alpha_e \cdot \beta \cdot \delta}, \quad (3.5)$$

де $L_{заг}$ - загальний пробіг всіх автомобільних транспортних засобів, км;

AD_e - автомобілі-дні у використанні;

α_e - коефіцієнт випуску автомобілів на лінію;

β - коефіцієнт, що враховує час протягом доби, коли транспортні засоби знаходяться на лінії;

δ - коефіцієнт, що враховує використання робочого часу.

Коефіцієнт використання робочого часу (δ) для однієї одиниці рухомого складу визначається за формулою:

$$\delta = \frac{t_{пyx}}{T_n}; \quad (3.6)$$

$$T_n = t_{пyx} + t_{np} + t_{mn} + t_{on}, \quad (3.7)$$

де $t_{пyx}$ - час руху транспортного засобу;

t_{mn} - час простою транспортного засобу з технічних причин;

t_{on} - час простою транспортного з причин, що носять організаційний характер.

Для всієї кількості транспортних засобів за досліджуваний період δ визначається за формулою:

$$\delta = \frac{At_{пyx}}{24 \cdot AD_e \alpha_e \rho}, \quad (3.8)$$

де A – кількість автомобілів, од.;

ρ – коефіцієнт використання часу доби.

Коефіцієнт використання часу доби (ρ) визначається виходячи з балансу часу, що визначається співвідношенням:

$$24AД_e = AT_n + (At_{пух}). \quad (3.9)$$

Для одного транспортного засобу:

$$\rho = \frac{T_n}{24}. \quad (3.10)$$

Для всіх транспортних засобів АТП за досліджуваний період:

$$\rho = \frac{AT_n}{24 \cdot AД_e \alpha_e}. \quad (3.11)$$

Виходить, що тоді продуктивність робочого парку автомобільних транспортних засобів визначається з огляду на суб'єктивні коефіцієнти (ρ) і (δ). При цьому час (T_n) може виражатися через відповідний коефіцієнт (ρ)

$$AT_n = 24AД_e \alpha_e \rho. \quad (3.12)$$

Далі визначається транспортна робота:

$$\sum U_i = q \cdot L_{заг} \cdot \beta \cdot \gamma_\delta. \quad (3.13)$$

Загальний пробіг з урахуванням середньої технічної швидкості визначається за формулою:

$$L_{заг} = AГ_{пух} V_m, \quad (3.13)$$

де $AГ_{пух}$ – автомобіле-години руху транспортних засобів.

Автомобілі-години руху транспортних засобів також визначаються з

урахуванням відповідних коефіцієнтів:

$$AG_{\text{pyx}} = 24AD_e\alpha_e\rho\delta. \quad (3.14)$$

Тоді:

$$L_{\text{заг}} = 24AD_e\alpha_e\rho\delta \cdot V_m. \quad (3.15)$$

Остаточно отримаємо:

$$\sum U_i = 24AD_e\alpha_e\rho\delta \cdot V_m q \cdot \beta \cdot \gamma_\delta, \quad (3.16)$$

а продуктивність, відповідно:

$$W_u = \frac{\sum U_i}{AT_n} = q \cdot \delta \cdot V_m \cdot \beta \cdot \gamma_\delta. \quad (3.17)$$

Об'єктивно проаналізувати продуктивність транспортних засобів за формулами (3.16) і (3.17) неможливо, оскільки показники: відстані перевезень та часу простою навантажувально-розвантажувальних роботах приховані в коефіцієнті (δ). Тоді, щоб зняти невизначеність, визначають коефіцієнт (δ) наступним чином:

$$\delta = \frac{t_{\text{pyx}}}{T_n} = \frac{1}{1 + \frac{t_n}{t_{\text{pyx}}}}. \quad (3.18)$$

Припускаючи, що робота транспортних засобів організована правильно: $t_n = t_{\text{нр}}$. Природно, що це припущення негативно позначається на об'єктивність розрахунку виробничої програми з експлуатації транспортних засобів.

Далі, виразивши ($t_{нс}$) через час простою в вантажно-розвантажувальних роботах за одну їздку ($t_{нр}^1$), визначають час простою в навантажувально-розвантажувальних роботах:

$$t_n = t_{нр}^1 Z_e, \quad (3.19)$$

і час в русі ($t_{рух}$):

$$t_{рух} = \frac{l_e \cdot Z_e}{\beta \cdot V_m}. \quad (3.20)$$

Підставляючи формули (3.19) і (3.20) у вираз (3.18), отримаємо:

$$\delta = \frac{1}{1 + \frac{t_{нр}^1 Z_e}{\frac{l_e \cdot Z_e}{\beta \cdot V_m}}} = \frac{1}{1 + \frac{t_{нр}^1 \cdot \beta \cdot V_m}{l_e}}. \quad (3.21)$$

Підставивши (δ) у вираз визначення продуктивності отримують остаточну формулу продуктивності парку транспортних засобів, ткм/авт.-год.

$$W_u = \frac{q\gamma_\delta}{\frac{1}{\beta \cdot V_m} + \frac{t_{нр}^1}{l_e}}; \quad (3.22)$$

$$W_u^1 = \frac{\alpha_e \cdot \rho \cdot q \cdot \gamma_\delta}{\frac{1}{\beta \cdot V_m} + \frac{t_{нр}^1}{l_e}}. \quad (3.23)$$

На прикладі алгоритму розрахунку за формулами (3.5 ... 3.23) ми показали, як при великій кількості послідовно виконуваних елементів збільшується стохастична неточність ТЕП, при чому більші інтервали часу (доба, місяць, рік), який служить розрахунковим циклом для визначення результативних показників

роботи транспортних засобів, тим сильніше проявляється основна проблема застосування сучасних методик розрахунку виробничої програми з комерційної експлуатації автомобільних транспортних засобів.

Основною проблемою застосування даної методики на практиці є динамічна нестабільність показників використання транспортних засобів, що застосовуються у формулах (3.5) – (3.23). Якщо ряд показників досить добре прогнозуємо і управляємо $(T_n; l_b; t_{np}; q; \gamma)$, то V_m в сучасних умовах є складнопрогнозованою величиною – стохастично невизначеною величиною, яка залежить від факторів зовнішнього середовища процесу перевезень.

Розглянемо альтернативний аналітичний метод уточнення показників ТЕП, заснований на визначенні їх вагових коефіцієнтів залежно від поточної інформаційної ситуації, що склалася. Як відомо, цільова спрямованість у будь-якій системі відображена у вигляді деяких технічних умов (зовнішнє середовище), які в кінцевому рахунку є комплексом обмежень, що накладаються на основні показники, що варіюються. У цьому контексті показник середньої технічної швидкості руху автомобіля може бути визначений двома методами.

1. Може бути визначений за деяким заздалегідь відомим інтервалом змін часу в часі. Тобто коли і зверху, і знизу ці показники обмежені можливостями їх технічної реалізації. Тоді систему показників $x_j (j=1...m)$ логічно подати у вигляді m -мірного простору, а значення обмежень, як виділення у цьому просторі деякої області, яка є областю визначення показників x_j :

$$\begin{cases} x_1^* \leq x_{i1} \leq x_1^{**} \\ x_j^* \leq x_{ij} \leq x_j^{**} \\ x_m^* \leq x_{im} \leq x_m^{**} \end{cases}, \quad (3.24)$$

де n – номер варіанта розв'язку.

Якщо прийняти, що вплив показника на якість та ефективність рішення обернено пропорційно величині його коливань в області (3.24), то коефіцієнти значущості його можуть бути знайдені зі співвідношення:

$$\psi_j^{(1)} = \alpha \frac{x_j^{**}}{x_j^{**} - x_j^*}, \quad (3.25)$$

де α – коефіцієнт пропорційності.

Якщо вважати, що $\sum_{j=1}^m \bar{\psi}_j = 1$, отримаємо

$$\alpha = \frac{1}{\sum_{j=1}^m \frac{x_j^{**}}{x_j^{**} - x_j^*}}. \quad (3.26)$$

2. Можливе застосування іншого методу визначення вагових коефіцієнтів. Якщо значення шуканих коефіцієнтів пов'язані з деякими номінальними значеннями або гранично допустимими, наприклад, обмеження швидкості руху автомобіля, вантажопідйомність автомобіля тощо. Тоді для тих показників, які відповідають підвищенню ефективності процесу, слід застосовувати вираз:

$$\psi_j^{(2)} = \frac{1}{\frac{x_j^0 - x_j^*}{x_j^0 - x_j^*}} = \frac{1}{\sum_{j=1}^m \frac{1}{x_j^0 - x_j^*}}, \quad (3.27)$$

де x_j^0 – номінальне значення показника.

А для тих показників, які відповідають зниженню ефективності процесу слід застосовувати вираз:

$$\psi_j^{(3)} = \frac{1}{\sum_{j=1}^m \frac{1}{x_j^{**} - x_j^0}}, \quad (3.28)$$

Тоді вираз (3.25) виглядатиме так:

$$\psi_j^{(1)} = \frac{1}{\sum_{j=1}^m \frac{1}{1 - \frac{x_j^*}{x_j^{**}}}} \cdot \frac{1}{1 - \frac{x_j^*}{x_j^{**}}}. \quad (3.29)$$

Порівнюючи вирази (3.25) і (3.28), можна побачити, що основна різниця у підході до визначення коефіцієнта ваги полягає в тому, що в другому випадку значення коефіцієнтів обернено пропорційні різницям відповідних номінальних і гранично допустимих значень показників, а в першому випадку їх значення обернено пропорційні величині коливань показника в області визначення і не залежать від поточного значення.

На жаль, як зазначалося вище, нині у дослідженнях присвячених оптимізації процесів управління, домінують евристичні методи, до яких відносять всі методи, отримані з урахуванням думки фахівців (експертів). Навіть створено низку раціональних процедур, з допомогою яких математичній обробці піддається матеріал евристичного походження, при цьому можливі різні підходи щодо визначення вагових коефіцієнтів. Тим часом чисельні методи пошуку оптимальних значень керуючих коефіцієнтів, необхідні для прогнозування ситуацій розвитку досліджуваної системи, дозволяють ефективно визначати їх значення. Застосування чисельних методів щодо керуючих коефіцієнтів має особливе значення для формування цифрових систем організації вантажних перевезень, у яких необхідно зводити до мінімуму суб'єктивізм прийнятих рішень, одержуваних під час оперування даними, відірваними від реальних

виробничих ситуацій, що виникають у практиці реалізації системи вантажних автомобільних перевезень.

3.3 Методика організації вантажних автомобільних перевезень, заснована на цифрових об'єктно-орієнтованих моделях управління

Основне призначення даної методики:

1. Формування бази вихідних даних показників (входів у систему організації перевезень), що дозволяють системно оцінювати процес експлуатації транспортних засобів.

2. Здійснювати розрахунок результативних показників експлуатації транспортних засобів, які максимально об'єктивно відображають ефективність вантажних автомобільних перевезень, що формують виробничу програму з експлуатації транспортних засобів.

3. Проводити аналіз визначених результативних показників вантажних автомобільних перевезень з метою забезпечення можливості розробки заходів, що підвищують ефективність організації перевезень з урахуванням встановлених цільових показників.

Обов'язковою вимогою перерахованих завдань є наявність аналітичного апарату, що дозволяє формувати структуру функціональних зв'язків у системі, що максимально знімає фактори невизначеності або не допускають грубих наближень або уточнень.

Етап 1. Формування бази вихідних даних показників

Виконується на основі методики визначення оптимальних маршрутів в умовах, що динамічно змінюються, оперативного планування автомобільних вантажних перевезень і ПЗ, що його реалізує (протоколу маршрутизації), яке має такі унікальні властивості:

– аналітичний апарат маршрутизатора передбачає можливість вибору ефективної дії за наявності стохастичної невизначеності, коли відсутня

інформація, що гарантує обґрунтоване застосування відомих законів розподілу випадкових величин (нормальний, логарифмічно нормальний та ін.);

– враховує ділянки, де транспортний засіб припиняє рух у зв'язку з необхідними процедурами вантажопереробки, та стан дорожньої мережі, де відбувається різка зміна режимів руху транспортних засобів.

Застосування маршрутизатора, заснованого на об'єктно-орієнтованому моделюванні та цифрових сервісах зберігання та передачі даних, дозволяє сформувати базу даних з необмеженою кількістю входів у систему. Тому з'являється можливість у методиці, що розробляється, диференційовано враховувати часові показники руху транспортних засобів на маршрутах.

Етап 2. Формування складу та розрахунок показників методики

Проводиться трансформація традиційного складу показників (3.4), що визначають продуктивність роботи транспортних засобів:

$$P = f(T_n; l_v; \beta; q; \gamma; t_{пyx}; t_{np}; t_{mn}; t_{on}; L_{заг}) \quad (3.30)$$

При цьому виключається показник середньої технічної швидкості руху, але визначається фактична середня швидкість руху транспортних засобів на кожному окремому маршруті (V_ϕ). При розрахунку виробничої програми експлуатації транспортних засобів може застосовуватися показник середньої фактичної швидкості руху (\bar{V}_ϕ).

Далі формуються масиви даних за кожним показником кожного окремого маршруту, виходячи зі значень фактичних обмежень.

Наведемо приклад формування бази даних обмежень, що враховує всі види простоїв транспортних засобів на маршруті – t_{nj} ($j = 1, \dots, m$):

$$\begin{pmatrix} t_{ni1}^{\min} \leq t_{ni1} \leq t_{ni1}^{\max} \\ \dots \\ t_{nij}^{\min} \leq t_{nij} \leq t_{nij}^{\max} \\ \dots \\ t_{nmm}^{\min} \leq t_{nmm} \leq t_{nmm}^{\max} \end{pmatrix}. \quad (3.31)$$

Далі за формулами (3.26)–(3.27) визначаються коефіцієнти вкладів (α_{ij}) або вагові коефіцієнти для кожного з показників, з яких формується матриця ефективності для всіх запланованих маршрутів відповідно до існуючих заявок на перевезення вантажів (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 - Таблиця вагових коефіцієнтів показників

Показник № маршруту	Ваговий коефіцієнт показника, який характеризує вплив на ефективність системи				
	t_{pyx}	t_{np}	t_{ni}	...	t_{nn}
1	α_{ij}	α_{ij}	α_{ij}	...	α_{ij}
2	α_{ij}	α_{ij}	α_{ij}	...	α_{ij}
3	α_{ij}	α_{ij}	α_{ij}	...	α_{ij}
...
k	α_{ij}	α_{ij}	α_{ij}	...	α_{ij}
Ціль в системі	max	min	min	min	opt

З даних таблиц 3.1 формується матриця розподілів пропорцій впливу вагових коефіцієнтів показників на собівартість перевезень (таблиця 3.2).

Таблиця 3.2 - Матриця розподілу пропорцій впливу вагових коефіцієнтів показників на собівартість перевезень

Показник № маршруту	Ваговий коефіцієнт показника, який характеризує вплив на ефективність системи				
	t_{pyx}	t_{np}	t_{ni}	...	t_{nn}
1	s_{ij}	s_{ij}	s_{ij}	...	s_{ij}
2	s_{ij}	s_{ij}	s_{ij}	...	s_{ij}
3	s_{ij}	s_{ij}	s_{ij}	...	s_{ij}
...
k	s_{ij}	s_{ij}	s_{ij}	...	s_{ij}
Ціль в системі	max	min	min	min	opt

З отриманих даних визначається ефективність кожного маршруту в кількісних оцінках і виробляється аналітична оцінка впливу кожного показника на загальну ефективність системи.

Етап 3. Постановка задачі та розв'язання багатокритеріальної задачі оптимізації системи вантажних автомобільних перевезень

Отримане рішення як матриці коефіцієнтів розподілу керованих ресурсів буде шуканим рішенням поставленої задачі оптимізації:

$$\|c_{ij}\| = \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{m1} & c_{m2} & \dots & c_{mn} \end{pmatrix}. \quad (3.32)$$

Постановка задачі лінійного програмування для кожного порівнюваного варіанта добре висвітлено в літературі:

$$\begin{cases} D_i = \sum_{j=1}^n \alpha_{ij} c_j \rightarrow \max; \\ \sum_{j=1}^n c_j = 1; \quad 0 \leq c_j \leq 1; \quad c_j \geq c_{j+1}; \quad j = \overline{1, n-1} \end{cases}. \quad (3.33)$$

Визначаються значення коефіцієнтів, що відповідають за розподіл керованих ресурсів у системі вантажних автомобільних перевезень:

$$c_j = \begin{cases} \frac{1}{k}, & \text{якщо } j = k; \\ \frac{\lambda}{k}, & \text{якщо } j < k; \\ \frac{1-\lambda}{n-k}, & \text{якщо } j > k; \end{cases} \quad \text{де } \lambda = \frac{n-1}{n}, \quad (3.34)$$

де індекс k визначається з умови $\alpha_{kj} = \max_j \alpha_{ij}$.

3.4 Висновки

1. У третьому розділі розроблено аналітичну модель сервісно-орієнтованої методики визначення ТЕП при організації вантажних автомобільних перевезень. Дана модель заснована на визначенні керуючих коефіцієнтів, що враховують стохастичний характер показника середньої технічної швидкості. Метод визначення керуючих коефіцієнтів полягає в наступному: цільова спрямованість у системі вантажних автомобільних перевезень відображається у вигляді технічних умов, що визначаються зовнішнім середовищем. Аналітична модель застосування комплексу обмежень, які накладаються на показники, що варіюються на встановленому інтервалі часу, визначається періодом дослідження.

2. Розроблено алгоритм, який покладений в основу методики організації вантажних автомобільних перевезень, що дозволяє реалізувати можливість цифрових технологій. Він передбачає виконання з трьох основних етапів:

- Формування бази вихідних даних показників на базі протоколу маршрутизації та ПЗ, що його реалізує, та передбачає можливість застосування «онлайн»-даних про стан процесу при виборі ефективної дії та за наявності стохастичної невизначеності досліджуваних показників;

- Формування складу показників, що виключає показник середня технічна швидкість руху, але передбачає розрахунок фактичної середньої швидкості руху транспортного засобу кожному окремому маршруті (V_{ϕ});

- Постановка та розв'язання задачі багатокритеріальної оптимізації аналізованої системи вантажних автомобільних перевезень у вигляді матриці коефіцієнтів розподілу керованих ресурсів.

4 ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТОДИКИ ОРГАНІЗАЦІЇ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ПРИКЛАДІ ТОВ «ВІННИЦЬКЕ АТП – 10556»

4.1 Методика розрахунку виробничої програми з експлуатації вантажних транспортних засобів

Методика призначена для:

- визначення кількості автомобілів, які необхідні для виконання обсягу перевезень за запланованими заявками, враховуючи фактичну продуктивність конкретного автомобіля на кожному окремому маршруті;
- встановлення фактичних показників використання транспортних засобів на маршрутах з урахуванням впливу зовнішніх умов перевезення;
- аналізу інформаційних ситуацій впливу зовнішнього середовища на результативні показники та оперативного коригування оцінюваної ефективності процесів експлуатації транспортних засобів.

На першому етапі планування перевезень усі ТЕП розраховуються за кожним маршрутом з урахуванням інформації систем навігаційного позиціонування.

Планований час, що витрачається на оборот на кожному маршруті:

$$t_{\text{заг}} = t_{\text{рух}} + t_{\text{пр}} + t_n^{\text{зс}}, \quad (4.1)$$

де $t_n^{\text{зс}}$ – загальний час простоїв, визначальних сукупністю факторів зовнішнього середовища (зазвичай під час планування перевезень $t_n^{\text{зс}} \rightarrow 0$), год.;

$t_{\text{рух}}$ - час руху транспортного засобу на маршруті, год.,

$t_{\text{пр}}$ - час простою в вантажно-розвантажувальних роботах, год.

Встановлюється заявлений обсяг перевезення за кожним маршрутом: Q_m , т.
Встановлюється замовником термін виконання перевезень в повному обсязі: T_m .

Визначається кількість можливих оборотів одного транспортного засобу на окремому маршруті:

$$Z_{заг} = \frac{T_m}{t_{заг}}. \quad (4.2)$$

Визначається продуктивність одного транспортного засобу з урахуванням встановленого строку виконання заявки:

у тоннах:

$$W_{qm} = Z_{заг} q_n \gamma_c, \quad (4.3)$$

у тонно-кілометрах:

$$W_{qткм} = Z_{заг} q_n \sum_{i=1}^n l_{vi} \gamma_{ci}, \quad (4.4)$$

де q_n – номінальна вантажопідйомність транспортного засобу, т;

l_{vi} – довжина їздки з вантажем на i -тій ділянці маршруту, км;

γ_{ci} – коефіцієнт статичного використання вантажопідйомності транспортного засобу на i -тій ділянці маршруту, км.

Визначається планова кількість транспортних засобів в експлуатації за кожним маршрутом за формулою:

$$A_m = \frac{Q_m}{W_{qm}}. \quad (4.5)$$

Встановлюється:

$L_{тзм}$ - пробіг транспортного засобу на маршруті, км;

$L_{вм}$ - пробіг з вантажем транспортного засобу на маршруті, км;

Визначається β_m - коефіцієнт використання пробігу на маршруті.

Визначаються фактичні бази обмежень, що враховують усі види простоїв транспортних засобів на кожному маршруті – $t_{nj}(j = \overline{1, m})$:

$$\left| \begin{array}{l} t_{npi1}^{\min} \leq t_{npi1} \leq t_{npi1}^{\max} \\ t_{npij}^{\min} \leq t_{npij} \leq t_{npij}^{\max} \\ t_{npi m} \leq t_{npi m} \leq t_{npi m}^{\max} \end{array} \right| ; \quad (4.6)$$

$$\left| \begin{array}{l} t_{nij}^{\min} \leq t_{nij} \leq t_{nij}^{\max} \\ t_{nij}^{\min} \leq t_{nij} \leq t_{nij}^{\max} \\ t_{nmm} \leq t_{nmm} \leq t_{nmm}^{\max} \end{array} \right| ; \quad (4.7)$$

$$\left| \begin{array}{l} t_{pyxi1}^{\min} \leq t_{pyxi1} \leq t_{pyxi1}^{\max} \\ t_{pyxij}^{\min} \leq t_{pyxij} \leq t_{pyxij}^{\max} \\ t_{pyxnm} \leq t_{pyxnm} \leq t_{pyxnm}^{\max} \end{array} \right| . \quad (4.8)$$

Визначаємо вплив часових показників на ефективність роботи транспортних засобів на кожному маршруті обернено пропорційно величині його коливань в областях: (4.6, 4.7 та 4.8)

$$\alpha_i = \frac{1}{\sum_{j=1}^m \frac{t_j^{\max}}{t_j^{\max} - t_j^{\min}}} . \quad (3.26)$$

Визначається середня фактична швидкість транспортного засобу на кожному маршруті:

$$\bar{V}_\phi = \frac{L_{mzm}}{T_m} . \quad (3.10)$$

За потреби та виходячи з умов перевезення визначаються фактичні бази обмежень за величиною фактичної швидкості руху (для кожного маршруту) та

номінальної вантажопідйомності автомобіля (для кожного автомобіля) за формулами (3.27 – 3.29).

Формуються таблиці вагових коефіцієнтів розподілу вкладів у ефективність системи для кожного показника (таблиця 4.1...4.3):

- α_{ij} – вагові коефіцієнти показників, що враховують часові показники;
- β_{ij} – вагові коефіцієнти показників, що враховують можливі обмеження швидкості руху;
- γ_{ij} – вагові коефіцієнти показників, що враховують обмеження вантажопідйомності автомобіля.

Таблиця 4.1 - Таблиця вагових коефіцієнтів показників, що враховують часові показники

Показник № маршруту	Ваговий коефіцієнт показника, який характеризує вплив на ефективність системи				
	$t_{рух}$	$t_{пр}$	$t_{ні}$...	t_{nn}
1	α_{ij}	α_{ij}	α_{ij}	...	α_{ij}
2	α_{ij}	α_{ij}	α_{ij}	...	α_{ij}
3	α_{ij}	α_{ij}	α_{ij}	...	α_{ij}
...
k	α_{ij}	α_{ij}	α_{ij}	...	α_{ij}
Ціль в системі	max	min	min	min	opt

Таблиця 4.2 - Таблиця вагових коефіцієнтів показників, що враховують можливі обмеження швидкості руху вулично-дорожньої мережі з урахуванням існуючих постійних та тимчасових обмежень

Показник № маршруту	Ваговий коефіцієнт показника, який характеризує вплив на ефективність системи				
	$\bar{V}_\phi < 30\text{км/г}$	$\bar{V}_\phi < 50\text{км/г}$...	$\bar{V}_\phi < 90\text{км/г}$...
1	β_{ij}	β_{ij}	...	β_{ij}	...
2	β_{ij}	β_{ij}	...	β_{ij}	...
3	β_{ij}	β_{ij}	...	β_{ij}	...
...
k	β_{ij}	β_{ij}	...	β_{ij}	...
Ціль в системі	max	max	max	max	max

Таблиця 4.3 - Таблиця вагових коефіцієнтів показників, що враховують можливі обмеження вантажопідйомності транспортних засобів за конструктивними характеристиками або з урахуванням існуючих постійних та тимчасових обмежень вулично-дорожньої мережі

Показник № маршруту Тип тр.зас.	Ваговий коефіцієнт показника, який характеризує вплив на ефективність системи				
	$q_m < 3t$	$q_m < 5t$...	$q_m < 20t$...
1	γ_{ij}	γ_{ij}	...	γ_{ij}	...
2	γ_{ij}	γ_{ij}	...	γ_{ij}	...
3	γ_{ij}	γ_{ij}	...	γ_{ij}	...
...
k	γ_{ij}	γ_{ij}	...	γ_{ij}	...
Ціль в системі	max	max	max	max	max

Далі за відомими методиками та з урахуванням фактичних даних про час обороту розраховуються фактичні показники використання рухомого складу по кожному маршруту та результативні показники вантажних автомобільних перевезень (таблиця 4.4 та 4.5).

Таблиця 4.4 - ТЕП роботи транспортного засобу за кожним маршрутом (форма 1)

Назва показника	Значення показника			
	1	2	...	n
1. № маршрута				
2. Час обороту, год				
3. Кількість оборотів, од.				
4. Продуктивність автомобіля, т				
5. Продуктивність автомобіля, ткм				
6. Середньодобовий пробіг автомобіля, км				
7. Середньодобовий пробіг з вантажем, км				
8. Коефіцієнт використання пробігу				
9. Час в наряді, год				
10. Експлуатаційна швидкість, км/год.				
11. Кількість автомобілів на маршруті, од.				
12. Автомобіле-години в наряді				

Продовження таблиці 4.4

Назва показника	Значення показника			
13. Автомобіле-дні в експлуатації				
14. Загальний пробіг, км/доб.				
15. Загальний пробіг з вантажем, км/доб.				
16. Обсяг перевезень, т				
17. Вантажність, ткм				

Таблиця 4.5 - Результативні ТЕП роботи транспортних засобів (форма 2)

Назва показника	Значення показника
1. Кількість автомобілів в експлуатації, од.	
2. Автомобіле-дні в експлуатації	
3. Автомобіле-години в наряді	
4. Середній фактичний час в наряді, год	
5. Загальний пробіг, км	
6. Загальний пробіг з вантажем, км	
7. Коефіцієнт використання пробігу	
8. Обсяг перевезень, т	
9. Вантажообіг, т	
10. Середньодобовий пробіг автомобілів, км	
11. Продуктивність автомобіля, т/доб.	
12. Продуктивність автомобіля, ткм/доб.	

За сформованими таблицями вагових коефіцієнтів розподілу вкладів окремих показників визначається ефективність кожного маршруту в заданій системі обмежень та її цілей (таблиця 4.1 ... 4.3) за формулою (3.33). Таким чином формалізується перший ієрархічний рівень у системі оцінки впливу фактичних показників роботи транспортних засобів на ефективність вантажних автомобільних перевезень (4.12).

Вирішення першого завдання дозволяє формалізувати другий рівень ієрархічної системи визначення ефективності вантажних автомобільних перевезень. При цьому завдання визначення оцінки впливу фактичних показників використання транспортних засобів може вирішуватися не тільки за трьома

$$\left\{ \begin{array}{l} \|E_i^\alpha\| = \begin{pmatrix} e_1^\alpha \\ \dots \\ e_m^\alpha \end{pmatrix} \\ \|E_i^\beta\| = \begin{pmatrix} e_1^\beta \\ \dots \\ e_m^\beta \end{pmatrix} \\ \|E_i^\gamma\| = \begin{pmatrix} e_1^\gamma \\ \dots \\ e_m^\gamma \end{pmatrix} \end{array} \right. . \quad (4.12)$$

видами обмежень, що накладаються зовнішнім середовищем, але і враховувати їх досить велику кількість:

$$\|E_i^{\alpha,\beta,\dots,\gamma}\| = \begin{pmatrix} e_1^\alpha & e_1^\beta & \dots & e_1^\gamma \\ e_2^\alpha & e_2^\beta & \dots & e_2^\gamma \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ e_m^\alpha & e_m^\beta & \dots & e_m^\gamma \end{pmatrix} . \quad (4.13)$$

Аналітичне розв'язання багатокритеріальних задач першого та другого рівнів аналогічні і виконуються із застосуванням методів векторної оптимізації за формулою (3.34). Принциповою відмінністю між рівнями розв'язків є: на першому рівні визначаються диференційовані оцінки за окремими вимірниками (час, швидкість, вантажопідйомність тощо), але на другому рівні виконується комплексна оцінка ефективності організації процесу перевезень за сукупністю досліджуваних параметрів. Рішення оформляється у вигляді матриці коефіцієнтів розподілу керованих ресурсів, які оцінюють величину негативного та/або позитивного впливу досліджуваного показника

$$\|c_{ij}^{\text{II}}\| = \begin{pmatrix} c_{11}^{\text{II}} & c_{12}^{\text{II}} & \dots & c_{1n}^{\text{II}} \\ c_{21}^{\text{II}} & c_{22}^{\text{II}} & \dots & c_{2n}^{\text{II}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{m1}^{\text{II}} & c_{m2}^{\text{II}} & \dots & c_{mn}^{\text{II}} \end{pmatrix}. \quad (4.14)$$

4.2 Оцінка ефективності методики на прикладі ТОВ «Вінницьке АТП – 10556»

Оцінка ефективності методики розрахунку виробничої програми з експлуатації транспортних засобів здійснювалася на прикладі ТОВ «Вінницьке АТП 10556» при розрахунку маршрутів перевезень насіння соняшника з елеваторів в Вінницькій області до ПрАТ «Вінницький олійножировий комбінат». Усі розрахунки були здійснені на основі фактичних даних про перевезення в ТОВ «Вінницьке АТП 10556» на прикладі добової заявки на доставку насіння соняшника за трьома маршрутами (№1 – Вороновиця – Вінниця; №2 – Жмеринка – Вінниця; №3 – Вапнярка – Вінниця). У таблиці 4.6 наведено вихідні дані для планування ТЕП роботи транспортних засобів, сформовані із застосуванням традиційної методики розрахунку програми по експлуатації автомобільних транспортних засобів.

Таблиця 4.6 – Вихідні дані для планування ТЕП за традиційними методиками

Назва показника	Значення показника		
	№1	№ 2	№3
1	2	3	4
1. Плановий обсяг перевезень, т	200	100	100
2. Час в наряді, год.	10,5	10,5	10,5
3. Середня технічна швидкість, км/год	40	45	45
4. Час простою під завантаженням, год./їзд.	0,5	0,5	0,5
5. Час простою під розвантаженням, год./їзд.	0,15	0,15	0,15

Продовження таблиці 4.6

1	2	3	4
6. Довжина маршруту, км	18	52	100
7. Перший нульовий пробіг, км	19	53	101
8. Другий нульовий пробіг, км	1	1	47
9. Коефіцієнт випуску на лінію	0,8	0,8	0,8
10. Дні в експлуатації, дн./рік	256	256	256
11. Номінальна (нормативна) вантажопідйомність автопоїзда, т	25	25	25
12. Коефіцієнт використання вантажопідйомності	1,0	1,0	1,0
13. Пробіг з вантажем, км	18	52	100
14. Довжина порожнього пробігу, км	18	52	100

У таблиці 4.7 наведено вихідні дані для планування ТЕП роботи транспортних засобів із застосуванням удосконаленої методики розрахунку виробничої програми з експлуатації автомобільних транспортних засобів з урахуванням фактичних даних показників, що визначають ТЕП та відповідних вагових вкладів цих показників.

Таблиця 4.7 – Вихідні дані для планування ТЕП за удосконаленою методикою

Назва показника	Значення показника		
	№1	№ 2	№3
1	2	3	4
1. Плановий обсяг перевезень, т	200	100	100
2. Термін доставки заявленого обсягу, год.	10	10	10
3. Середня фактична швидкість, км/год	33	43	42
4. Час простою під завантаженням, год./їзд.	0,8	0,8	0,8
5. Час простою під розвантаженням, год./їзд.	0,3	0,3	0,3
6. Довжина маршруту, км	18	52	100
7. Перший нульовий пробіг, км	19	53	101
8. Другий нульовий пробіг, км	1	1	47
9. Коефіцієнт випуску на лінію	0,8	0,8	0,8
10. Дні в експлуатації, дн./рік	256	256	256

Продовження таблиці 4.7

1	2	3	4
11. Номінальна (нормативна) вантажопідйомність автопоїзда, т	25	25	25
12. Коефіцієнт використання вантажопідйомності	1,0	1,0	1,0
13. Пробіг з вантажем, км	18	52	100
14. Довжина порожнього пробігу, км	18	52	100

У таблиці 4.8 наведено розрахунки результативних показників ТЕП роботи транспортних засобів із застосуванням традиційної методики розрахунку виробничої програми з експлуатації, а у таблиці 4.9 наведено результати показників ТЕП роботи автомобілів із застосуванням удосконаленої методики розрахунку виробничої програми з експлуатації.

Таблиця 4.8 – Результати розрахунку ТЕП із застосуванням традиційної методики

Назва показника	Значення показника		
	№1	№2	№3
1. Час обороту, год	1,55	2,96	5,09
2. Кількість оборотів, од.	4	2	2
3. Продуктивність автомобіля, т	100	50	25
4. Продуктивність автомобіля, ткм	1800	2600	2500
5. Середньодобовий пробіг автомобіля, км	146	210	248
6. Середньодобовий пробіг з вантажем, км	72	104	100
7. Коефіцієнт використання пробігу	0,49	0,50	0,40
8. Час в наряді, год	6,25	5,97	6,16
9. Експлуатаційна швидкість, км/год.	23,36	35,20	40,25
10. Кількість автомобілів на маршруті, од.	2	2	4
11. Автомобіле-години в наряді	12	25	12
12. Автомобіле-дні в експлуатації	2	4	2
13. Загальний пробіг, км/доб.	420	992	420
14. Загальний пробіг з вантажем, км/доб.	208	400	208
15. Обсяг перевезень, т	100	100	100
16. Вантажність, ткм	5200	10000	5200

Таблиця 4.9 – Результати розрахунку ТЕП із застосуванням удосконаленої методики

Назва показника	Значення показника		
	№1	№2	№3
1. Час обороту, год	2,19	3,52	5,86
2. Кількість оборотів, од.	4	2	1
3. Продуктивність автомобіля, т	100	50	25
4. Продуктивність автомобіля, ткм	1800	2600	2500
5. Середньодобовий пробіг автомобіля, км	146	210	248
6. Середньодобовий пробіг з вантажем, км	72	104	100
7. Коефіцієнт використання пробігу	0,49	0,50	0,40
8. Час в наряді, год	8,82	7,08	7,00
9. Експлуатаційна швидкість, км/год.	16,55	29,65	35,40
10. Кількість автомобілів на маршруті, од.	2	2	4
11. Автомобіле-години в наряді	14	28	14
12. Автомобіле-дні в експлуатації	2	4	2
13. Загальний пробіг, км/доб.	420	992	420
14. Загальний пробіг з вантажем, км/доб.	208	400	208
15. Обсяг перевезень, т	100	100	100
16. Вантажність, ткм	5200	10000	5200

У таблиці 4.10 та на рисунку 4.1 наведено дані, що дозволяють порівняти результати застосування удосконаленої методики розрахунку виробничої програми з експлуатації вантажних автомобілів з метою більш точного планування та оптимального управління рухомим складом. Принциповою відмінністю між наведеними рішеннями є таке: у другому випадку (див. рис. 4.1) визначаються диференційовані оцінки по окремих вимірювачах (час, швидкість, вантажопідйомність тощо) і проводиться комплексна оцінка ефективності організації процесу перевезень за сукупністю досліджуваних параметрів.

Таблиця 4.10 - Порівняння результативних показників роботи автомобілів за традиційною і удосконаленою методиками

Назва показника	Значення показника	
	Традиційна методика	Запропонована методика
1. Кількість автомобілів в експлуатації, од.	8	8
2. Автомобіле-дні в експлуатації	8	8
3. Автомобіле-години в наряді	49	60
4. Середній фактичний час в наряді, год	6,13	7,48
5. Загальний пробіг, км	1704	1704
6. Загальний пробіг з вантажем, км	752	752
7. Коефіцієнт використання пробігу	0,44	0,44
8. Обсяг перевезень, т	400	400
9. Вантажообіг, т	18800	18800
10. Середньодобовий пробіг автомобілів, км	213	213
11. Продуктивність автомобіля, т/доб.	50	50
12. Продуктивність автомобіля, ткм/доб.	2350	2350

Як видно з таблиці 4.10 та рисунку 4.1 є відмінності в результатах розрахунків за удосконаленою методикою. Враховуючи, що реальні значення середньої технічної швидкості та часу простою досить суттєво відрізняються від нормативних, відповідно за новою методикою:

- автомобіле-години в наряді більші на 22,4%;
- середній фактичний час в наряді більше на 22,0%;
- інші показники є незмінні.

Проте збіг інших показників легко пояснюється тим, що плановий обсяг перевезень за заявками на дану добу забезпечується однією і тією ж кількістю рухомого складу за обома методиками. На інших маршрутах, або за інших обсягів заявок, чи на більшому інтервалі часу прогнозування ця різниця була б суттєвою. Тобто план перевезень за традиційною методикою може бути не реалізовним, що призведе до невиконання заявки на перевезення та втрати прибутку підприємством

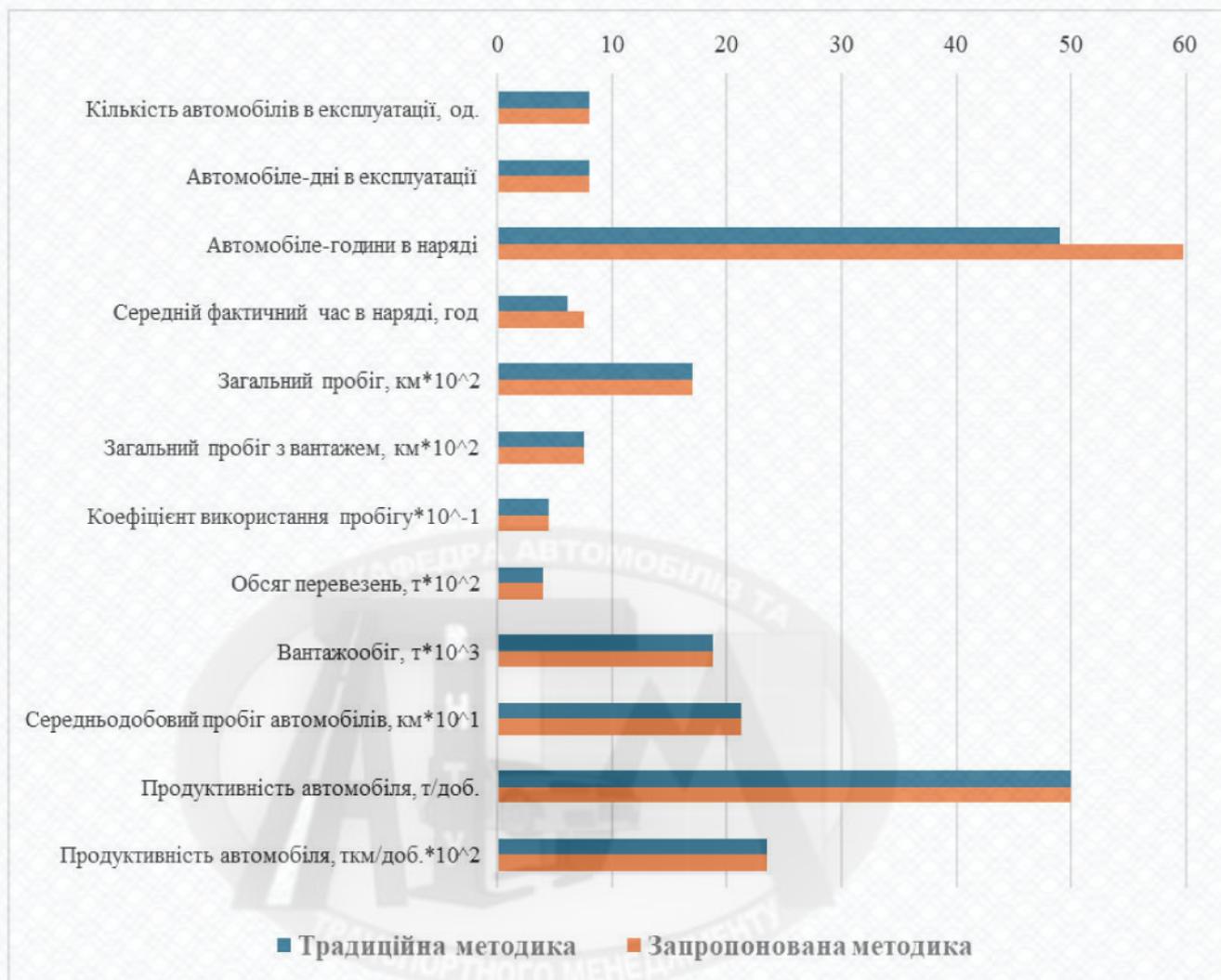


Рисунок 4.1 – Порівняння результативних показників роботи автомобілів за традиційною і удосконаленою методиками

4.3 Висновки

У четвертому розділі було апробовано розроблену методику розрахунку виробничої програми з експлуатації транспортних засобів при сервісно-орієнтованій організації вантажних автомобільних перевезень.

З метою оптимального планування вантажних автомобільних перевезень і з умов перевезення визначаються фактичні бази обмежень за величиною фактичної швидкості руху, фактичних простоїв під завантаженням-розвантаженням і номінальної вантажопідйомності автомобіля. Для досягнення поставленої мети

формується таблиці вагових коефіцієнтів розподілу вкладів у ефективність системи для кожного показника. За сформованими таблицями вагових коефіцієнтів визначається ефективність кожного маршруту в заданій системі обмежень та цілей.

Порівняння результатів розрахунку роботи автомобілів при застосуванні традиційної методики визначення виробничої програми та удосконаленої методики на прикладі ТОВ «Вінницьке АТП 10556» показало відмінність в часі роботи рухомого складу за добовою заявкою на 22%. Ця обставина дозволяє рекомендувати дану методику для застосування при плануванні перевізних можливостей АТП з максимальним ступенем ефективності.



ВИСНОВКИ

В результаті виконання магістерської кваліфікаційної роботи було вирішено питання Удосконалення організації вантажних автомобільних перевезень шляхом застосування цифрових технологій.

1. В першому розділі був проведений аналіз методів управління вантажними автомобільними перевезеннями. Встановлено, що більшість існуючих методів дозволяють враховувати окремий дискретний стан ТЕП експлуатації рухомого складу і отримувати їх оперативні значення і коригувати план перевезень на підставі поточного стану ТЕП, але при цьому не вирішується питання можливості активного або проактивного управління вантажними перевезеннями. Дана проблема може бути усунена шляхом впровадження цифрові моделі управління вантажними автомобільними перевезеннями.

2. Аналіз рухомого складу та техніко-експлуатаційних показників роботи ТОВ «Вінницьке АТП - 10556», встановлено, що рухомий склад потребує оновлення. Основні техніко-експлуатаційні показників не зазнали суттєвих змін за останні роки.

3. Розроблено концепцію організації вантажних автомобільних перевезень, що базується на цифрових об'єктно-орієнтованих моделях управління. Основою розробленої концепції є організаційні, технологічні та науково-методологічні досягнення та розробки, що активно розвиваються в сучасних інтелектуальних транспортних системах.

4. Розроблено модель сервісно-орієнтованої методики визначення ТЕП при організації вантажних автомобільних перевезень. Дана модель заснована на визначенні керуючих коефіцієнтів, що враховують стохастичний характер показника середньої технічної швидкості.

5. Удосконалено методику визначення техніко-експлуатаційних показників вантажних автомобільних перевезень що дозволяє реалізувати можливість цифрових технологій. Він передбачає виконання з трьох основних етапів:

– Формування бази вихідних даних показників на базі протоколу маршрутизації та ПЗ, що його реалізує, та передбачає можливість застосування «онлайн»-даних про стан процесу при виборі ефективної дії та за наявності стохастичної невизначеності досліджуваних показників;

– Формування складу показників, що виключає показник середня технічна швидкість руху, але передбачає розрахунок фактичної середньої швидкості руху транспортного засобу кожному окремому маршруті (V_{ϕ});

– Постановка та розв'язання задачі багатокритеріальної оптимізації аналізованої системи вантажних автомобільних перевезень у вигляді матриці коефіцієнтів розподілу керованих ресурсів.

6. Виконано оцінку економічної ефективності розробленої методики на прикладі ТОВ «Вінницьке АТП - 10556». Розрахунки при застосуванні традиційної методики визначення виробничої програми та удосконаленої методики на прикладі ТОВ «Вінницьке АТП 10556» показали відмінність в часі роботи рухомого складу за добовою заявкою на 22%, що дозволяє рекомендувати дану методику до застосування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Біліченко В. В., Крещенецький В. Л., Варчук В. В.. Автомобілі та автомобільне господарство. Дипломне проектування : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2010. 171 с.
2. Босняк М.Г. Вантажні автомобільні перевезення: навчальний посібник для студентів спеціальності 7.100403 «Організація перевезень і управління на транспорті (автомобільний)».К.: Видавничий Дім "Слово", 2010. 408 с.
3. Економіка підприємства: Навч. посіб. / За ред. А.В. Шегди. К.: Знання, 2005. 431 с.
4. Левковець П.Р. Управління автомобільним транспортом: Навчальний посібник / П.Р. Левковець, Д.В. Зеркалов, О.І. Мельниченко, О.Г. Казаченко. К.: Арістей, 2006. 416 с.
5. Нагорний Є.В. Комерційна робота на транспорті : Підручник / Є. В. Нагорний, Н. Ю. Шраменко, Г. І. Переста. Х.: Видавництво ХНАДУ. 2011. 298 с.
6. Оліскевич М. С. Організація автомобільних перевезень: у 2-х ч.: навч. посібник. Ч. 1: Вантажні перевезення. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2017. 336 с.
7. Планування діяльності автотранспортного підприємства : підручник / М. О. Турченко, М. Д. Швець, О. Г. Кірічок, М. Є. Кристопчук. Вид. 2-ге, перероб. та доповн. Рівне : НУВГП, 2017. 367 с.
8. Смирнов Є.В., Фалович В.А. Особливості визначення техніко-експлуатаційних показників вантажних автомобільних перевезень // Матеріали LIV науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ–2025). Збірник доповідей [Електронний ресурс]. – Вінниця : ВНТУ, 2025. С. 2884-2886. URL: <https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog/view/904/1576/2888-1>

9. Сорока В. С. Транспортно-експедиційна робота : Навчальний посібник [За редакцією д-ра економ, наук, професора Е. А. Зіня] / В. С. Сорока, О. О. Гладковська. Рівне : НУВГП. 2013. 347 с.
10. Alexandros Efentakis and Dieter Pfoser. Optimizing landmark-based routing and preprocessing. In Proceedings of the 6th ACM SIGSPATIAL International Workshop on Computational Transportation Science, pages 25:25–25:30. ACM Press, November 2013.
11. Ariel Orda and Raphael Rom. Shortest-path and minimum delay algorithms in networks with time-dependent edge-length. *Journal of the ACM*, 37(3):607–625, 1990.
12. Christos H. Papadimitriou and Mihalis Yannakakis. On the approximability of trade-offs and optimal access of web sources. In Proceedings of the 41st Annual IEEE Symposium on Foundations of Computer Science (FOCS'00), pages 86–92, 2000.
13. Chu Z, Wang Q., Lado A. Customer orientation, relationship quality, and performance: The third-party logistics provider's perspective. *The International Journal of Logistics Management*, 2016, I. 27 (sn3), pp. 738-754.
14. Daniel Delling and Dorothea Wagner. Landmark-based routing in dynamic graphs. In Proceedings of the 6th Workshop on Experimental Algorithms (WEA'07), volume 4525 of Lecture Notes in Computer Science, pages 52–65. Springer, June 2007.
15. Daniel Delling, Andrew V. Goldberg, Thomas Pajor, and Renato F. Werneck. Customizable route planning in road networks. submitted for publication, 2013
16. Daniel Delling and Giacomo Nannicini. Core routing on dynamic time-dependent road networks. *Inform Journal on Computing*, 24(2):187–201, 2012
17. Daniel Delling, Thomas Pajor, and Dorothea Wagner. Engineering time-expanded graphs for faster timetable information. In *Robust and Online Large-Scale Optimization*, volume 5868 of Lecture Notes in Computer Science, pages 182–206. Springer, 2009.
18. Daniel Delling and Dorothea Wagner. Pareto paths with SHARC. In Proceedings of the 8th International Symposium on Experimental Algorithms (SEA'09), volume 5526 of Lecture Notes in Computer Science, pages 125–136. Springer, June 2009.

19. Dominik Schultes. Route Planning in Road Networks. PhD thesis, Universität Karlsruhe (TH), February 2008.
20. Dorothea Wagner, Thomas Willhalm, and Christos Zaroliagis. Geometric containers for efficient shortest-path computation. *ACM Journal of Experimental Algorithmics*, 10(1.3):1–30, 2005.
21. Douglas J White. Epsilon efficiency. *Journal of Optimization Theory and Applications*, 49(2):319–337, 1986.
22. Ernesto Queiros Martins. On a multicriteria shortest path problem. *European Journal of Operational Research*, 26(3):236–245, 1984.
23. Evangelia Pyrga, Frank Schulz, Dorothea Wagner, and Christos Zaroliagis. Efficient models for timetable information in public transportation systems. *ACM Journal of Experimental Algorithmics*, 12(2.4):1–39, 2008.
24. Gernot Veit Batz, Robert Geisberger, Peter Sanders, and Christian Vetter. Minimum time-dependent travel times with contraction hierarchies. *ACM Journal of Experimental Algorithmics*, 18(1.4):1–43, April 2013.
25. Gernot Veit Batz and Peter Sanders. Time-dependent route planning with generalized objective functions. In *Proceedings of the 20th Annual European Symposium on Algorithms (ESA’12)*, volume 7501 of *Lecture Notes in Computer Science*. Springer, 2012.
26. Gerth Brodal and Riko Jacob. Time-dependent networks as models to achieve fast exact time-table queries. In *Proceedings of the 3rd Workshop on Algorithmic Methods and Models for Optimization of Railways (ATMOS’03)*, volume 92 of *Electronic Notes in Theoretical Computer Science*, pages 3–15, 2004.
27. Gianlorenzo D’Angelo, Mattia D’Emidio, Daniele Frigioni, and Camillo Vitale. Fully dynamic maintenance of arc-flags in road networks. In *Proceedings of the 11th International Symposium on Experimental Algorithms (SEA’12)*, volume 7276 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 135–147. Springer, 2012.
28. Green Carmichael, S. *The Flash Report: The Global Digital Economy*. URL: <https://hbr.org/2016/04/the-flashreport-the-global-digital-economy>.

29. Heinonen, K. Reconceptualizing customer value: The value of time and place. *Managing Service Quality*, 2004, I. 14 (sn2-3), pp. 205-215.
30. Matthias Ehrgott and Xavier Gandibleux, editors. *Multiple Criteria Optimization: State of the Art Annotated Bibliographic Surveys*. Kluwer Academic Publishers Group, 2002.
31. Matthias Müller–Hannemann and Karsten Weihe. Pareto shortest paths is often feasible in practice. In *Proceedings of the 5th International Workshop on Algorithm Engineering (WAE'01)*, volume 2141 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 185–197. Springer, 2001.
32. Matthias Müller–Hannemann and Mathias Schnee. Finding all attractive train connections by multi-criteria pareto search. In *Algorithmic Methods for Railway Optimization*, volume 4359 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 246–263. Springer, 2007.
33. Nikola Milosavljević. On optimal preprocessing for contraction hierarchies. In *Proceedings of the 5th ACM SIGSPATIAL International Workshop on Computational Transportation Science*, pages 33–38. ACM Press, 2012.
34. Pierre Hansen. Bricriteria path problems. In *Multiple Criteria Decision Making – Theory and Application –*, pages 109–127. Springer, 1979.
35. P. Loridan. \square -solutions in vector minimization problems. *Journal of Optimization Theory and Applications*, 43(2):265–276, 1984.
36. Reinhard Bauer, Tobias Columbus, Bastian Katz, Marcus Krug, and Dorothea Wagner. Preprocessing speed-up techniques is hard. In *Proceedings of the 7th Conference on Algorithms and Complexity (CIAC'10)*, volume 6078 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 359– 370. Springer, 2010.
37. Reinhard Bauer, Gianlorenzo D'Angelo, Daniel Delling, Andrea Schumm, and Dorothea Wagner. The shortcut problem – complexity and algorithms. *Journal of Graph Algorithms and Applications*, 16(2):447–481, 2012.
38. Reinhard Bauer, Moritz Baum, Ignaz Rutter, and Dorothea Wagner. On the complexity of partitioning graphs for arc-flags. *Journal of Graph Algorithms and Applications*, 17(3):265– 299, 2013.

39. Richard J. Lipton, Donald J. Rose, and Robert Tarjan. Generalized nested dissection. *SIAM Journal on Numerical Analysis*, 16(2):346–358, April 1979.
40. Richard J. Lipton and Robert E. Tarjan. A separator theorem for planar graphs. *SIAM Journal on Applied Mathematics*, 36(2):177–189, April 1979.
41. Robert Geisberger, Peter Sanders, Dominik Schultes, and Christian Vetter. Exact routing in large road networks using contraction hierarchies. *Transportation Science*, 46(3):388–404, August 2012 90. Dominik Schultes and Peter Sanders. Dynamic highway-node routing. In *Proceedings of the 6th Workshop on Experimental Algorithms (WEA'07)*, volume 4525 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 66–79. Springer, June 2007.
42. Robert Geisberger and Peter Sanders. Engineering time-dependent many-to-many shortest paths computation. In *Proceedings of the 10th Workshop on Algorithmic Approaches for Transportation Modeling, Optimization, and Systems (ATMOS'10)*, volume 14 of *OpenAccess Series in Informatics (OASICs)*, 2010.
43. Robert Geisberger, Dennis Luxen, Peter Sanders, Sabine Neubauer, and Lars Volker. Fast detour computation for ride sharing. In *Proceedings of the 10th Workshop on Algorithmic Approaches for Transportation Modeling, Optimization, and Systems (ATMOS'10)*, volume 14 of *OpenAccess Series in Informatics (OASICs)*, pages 88–99, 2010.
44. Rolf H. Möhring. Verteilte Verbindungssuche im öffentlichen Personenverkehr – Graphentheoretische Modelle und Algorithmen. In *Angewandte Mathematik insbesondere Informatik, Beispiele erfolgreicher Wege zwischen Mathematik und Informatik*, pages 192–220. Vieweg, 1999.
45. Stefano Pallottino and Maria Grazia Scutellà. Shortest path algorithms in transportation models: Classical and innovative aspects. In *Equilibrium and Advanced Transportation Modelling*, pages 245–281. Kluwer Academic Publishers Group, 1998.
46. Tim Zeitz. Weak contraction hierarchies work! Bachelor thesis, Karlsruhe Institute of Technology, 2013
47. Wilson A. G. A statistical theory of spatial distribution models // *Transpn. Res.* 1967. V. 1. P. 253–270.

48. Wilson A. G. Entropy in urban and regional modelling. London: Pion, 1970.
49. Wilson A. G. A family of spatial interaction models and associated developments // *Envir. & Plan. A*. 1971. V. 3. P. 255–282.



Додаток А
(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ
ПЕРЕВЕЗЕНЬ ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА
ПРИКЛАДІ ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ
«ВІННИЦЬКЕ АВТОТРАНСПОРТНЕ ПІДПРИЄМСТВО – 10556»

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

Ілюстративний матеріал до
магістерської кваліфікаційної роботи
на тему:

**Удосконалення організації вантажних автомобільних перевезень
шляхом застосування цифрових технологій на прикладі товариства
з обмеженою відповідальністю «Вінницьке автотранспортне
підприємство – 10556»**

Розробив: ст. гр. 1АТ-23мз

Фалович В.А.

Керівник: к. т. н., доцент

Смирнов Є. В.

Мета роботи – удосконалення методики розрахунку виробничої програми вантажних автомобільних перевезень для застосування цифрових сервісно-орієнтованих моделей управління, що дозволяє об'єктивно регулювати та планувати техніко-експлуатаційні показники в динамічно нестабільних умовах.

Завдання дослідження

- обґрунтувати необхідність переходу на цифрові моделі управління вантажними автомобільними перевезеннями в умовах динамічно нестабільних показників використання транспортних засобів;
- проаналізувати сучасний та техніко-експлуатаційні показники роботи ТОВ «Вінницьке АТП - 10556»;
- розробити концепцію організації вантажних автомобільних перевезень, основу на принципах цифрових об'єктно-орієнтованих моделей управління;
- розробити модель та удосконалити методику визначення техніко-експлуатаційних показників вантажних автомобільних перевезень що передбачає застосування можливостей цифрових технологій для встановлення фактичних показників використання транспортних засобів на маршрутах з урахуванням впливу зовнішніх умов перевезення;
- оцінити ефективність запропонованої методики організації вантажних автомобільних перевезень на прикладі ТОВ «Вінницьке АТП - 10556».

Об'єкт дослідження – система планування автомобільних вантажних перевезень в умовах зовнішнього середовища, що динамічно змінюються.

Предмет дослідження – методи та моделі оцінки ефективності вантажних автомобільних перевезень, що передбачають можливість застосування цифрових технологій та визначення інформаційного стану транспортних процесів у «он-лайн» режимі.

Новизна отриманих результатів

- розроблено концепцію організації вантажних автомобільних перевезень, основану на принципах цифрових об'єктно-орієнтованих моделей управління;
- розроблено модель та удосконалити методику розрахунку виробничої програми з експлуатації транспортних засобів при сервісно-орієнтованій організації та плануванні вантажних автомобільних перевезень, призначеної для аналізу інформаційних ситуацій впливу зовнішнього середовища на результативні показники та оперативного коригування оцінюваної ефективності процесів експлуатації автомобілів.

Практична цінність роботи полягає у тому, що дозволяє планувати вантажні автомобільні перевезення з застосуванням сучасних цифрових технологій з максимальним ступенем ефективності. Ефективність удосконаленої методики оцінено на прикладі ТОВ «Вінницьке АТП - 10556».

Необхідність переходу на цифрові моделі управління вантажними автомобільними перевезеннями

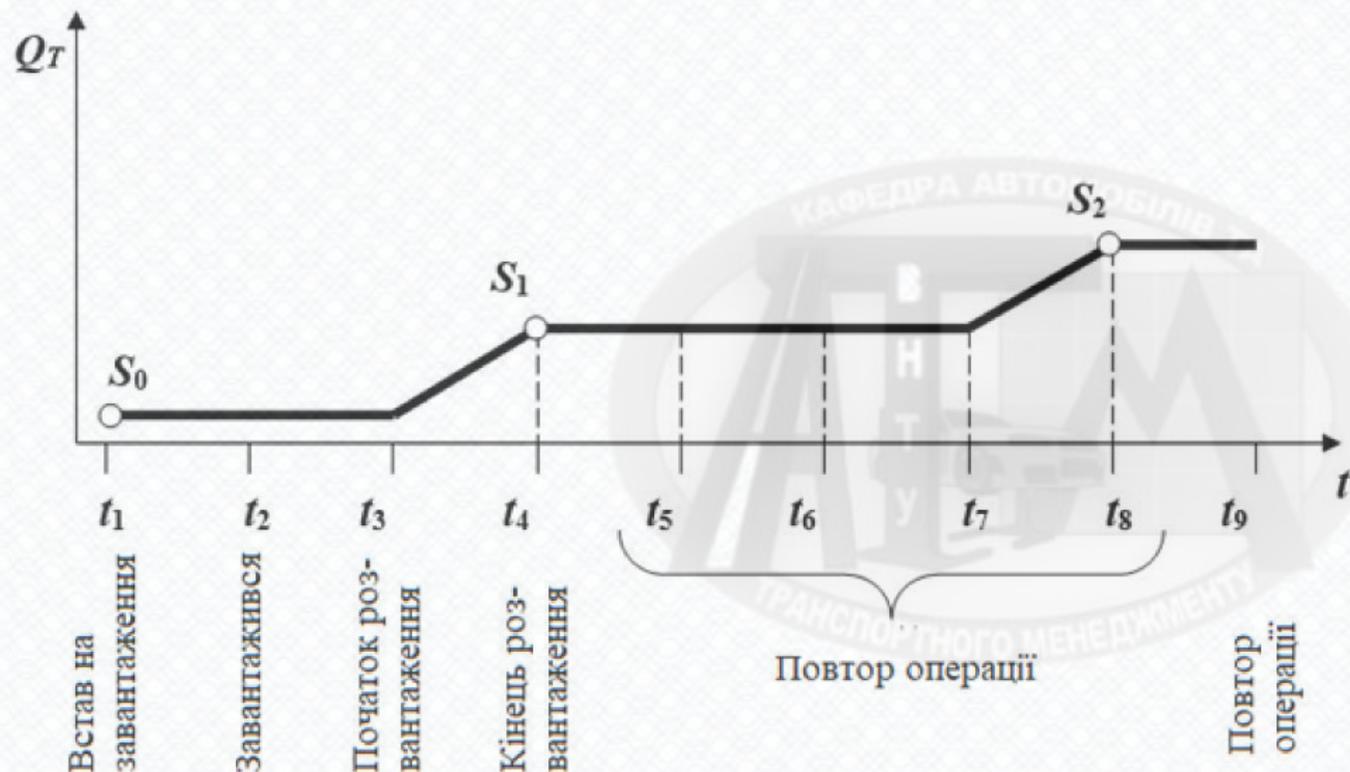
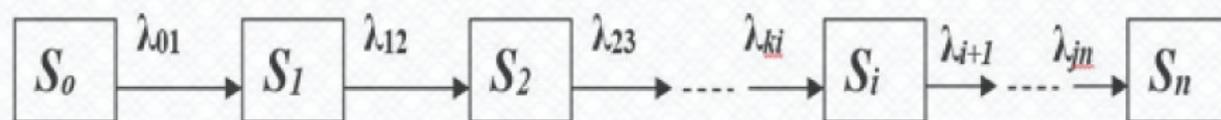


Рисунок 1 – Загальний графік перебігу транспортного процесу

Тривалість всіх операцій λ_{jn} транспортного процесу носить **стохастичний характер**.

При великій кількості елементів, що послідовно виконуються, **експоненційно розвивається у бік збільшення стохастична неточність при прогнозуванні ТЕП**, так як наступне значення кожного з них множиться на попереднє і збільшує величину невизначеності в системі і т.д.



S_1 - перша виконана їздка, S_2 - перша та друга виконані їздки, S_i - виконано i їздок, S_n - виконано n їздок

Рисунок 2 – Схема послідовності транспортного процесу

Характеристика ТОВ «Вінницьке АТП - 10556»

Рухомий склад АТП:

- автопоїзди Scania – 24 од;
- автопоїзди Volvo – 12 од;
- автопоїзди Renault – 5 од.

Таблиця 1 – Основні дані про роботу автотранспорту

Показник	Період		
	2022	2023	2024
Наявність автомобілів у господарстві, одиниць	43	41	41
Автомобіле-дні перебування в господарстві, тис	15,7	15,0	15,0
Автомобіле-дні в роботі, тис	10,7	10,8	10,6
Час у наряді, тис.год	97,1	100,2	98,3
Загальний пробіг, тис.км	3575,3	3900,5	3787,6
Перевезено вантажів, тис.тонн	178,8	215,6	197,5
Вантажообіг, тис.ткм	40222,4	40955,0	41663,2

Структура сервісно-орієнтованої організації підприємства

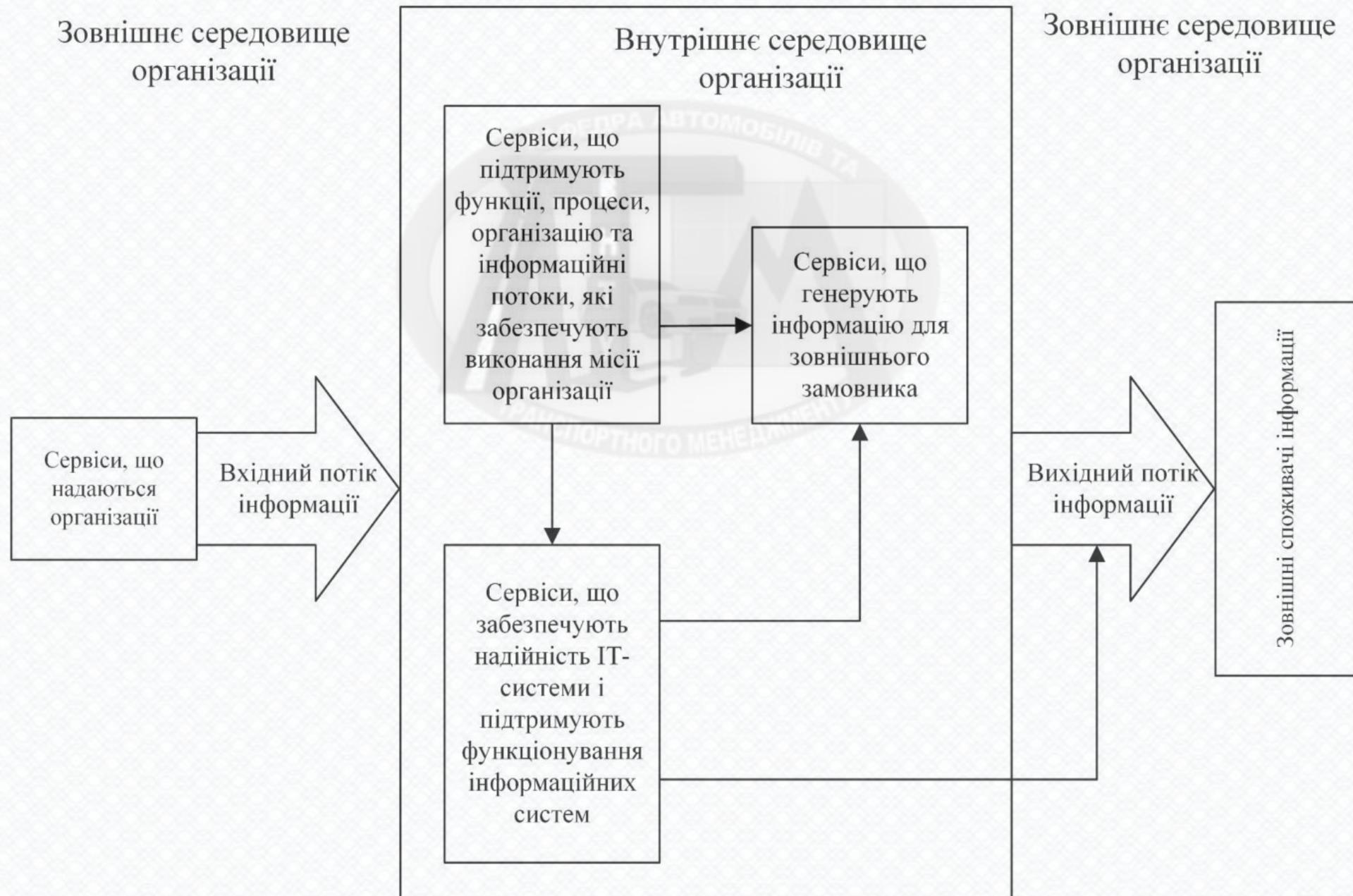
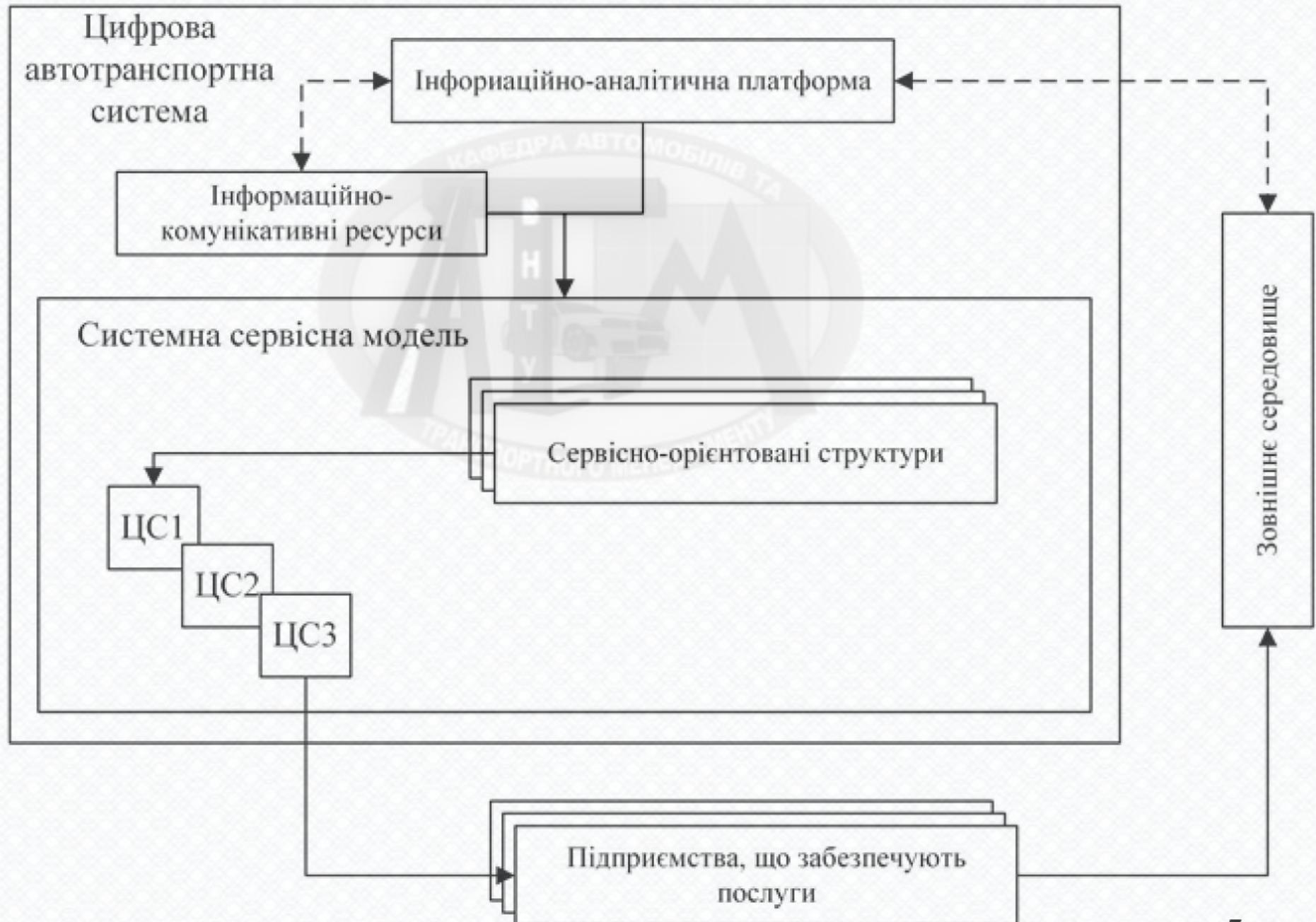


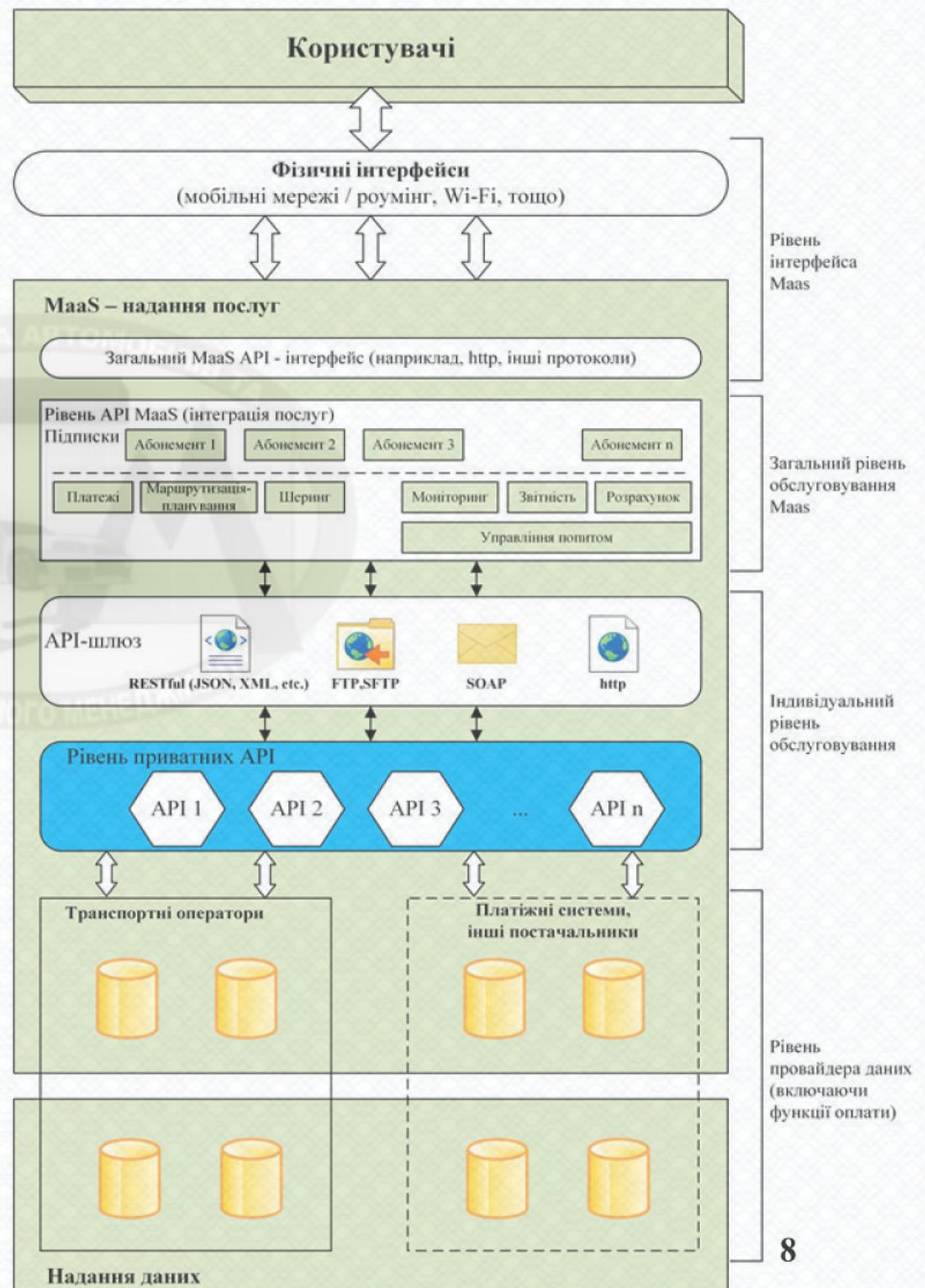
Схема структури та взаємодії системних сервісних моделей цифрової автотранспортної системи із зовнішнім середовищем



Узагальнена технічна архітектура системи застосування цифрових технологій

В основі сучасних ЦС лежать хмарні технології цифрового кластеру:

- **IaaS** (Infrastructure as a Service) – «Інфраструктура як послуга»,
- **PaaS** (Platform as a Service) – «Платформа як послуга»,
- **SaaS** (Software as a Service) – «Програмне забезпечення як послуга»;
- **CaaS** (Communication as a Service) – «Комунікація як послуга»;
- **MaaS** (Monitoring as a Service) – «Моніторинг як послуга».



Бізнес-модель оператора системи MaaS



Рисунок 1 – Універсальна схема бізнес-моделі оператора системи MaaS

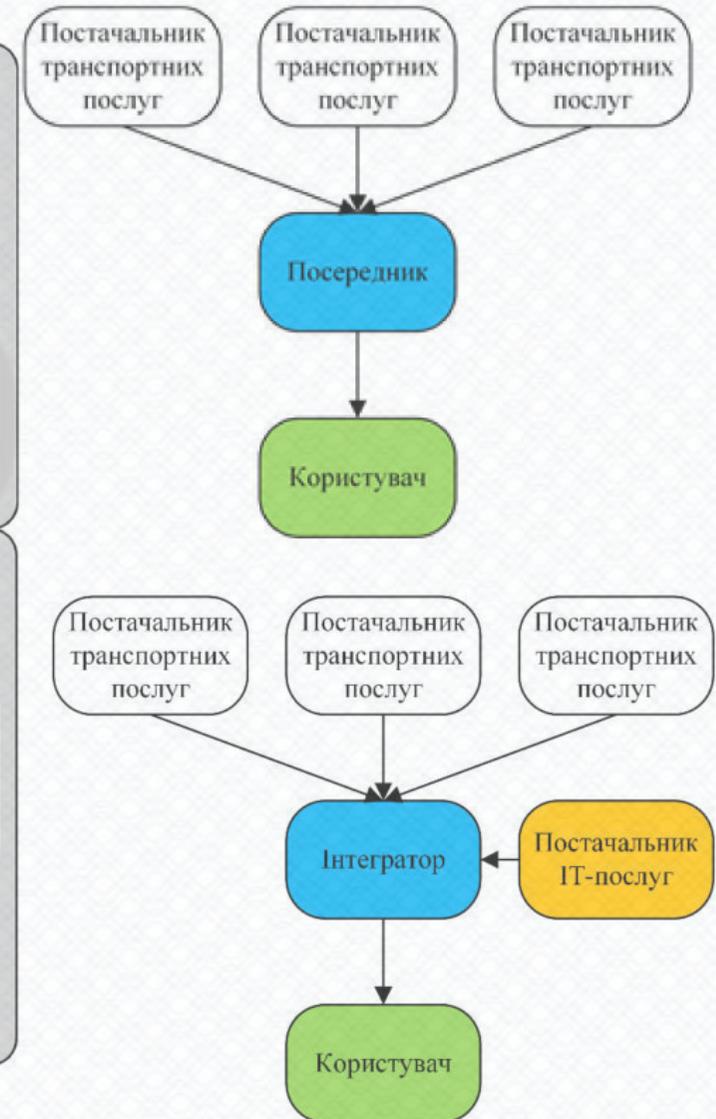
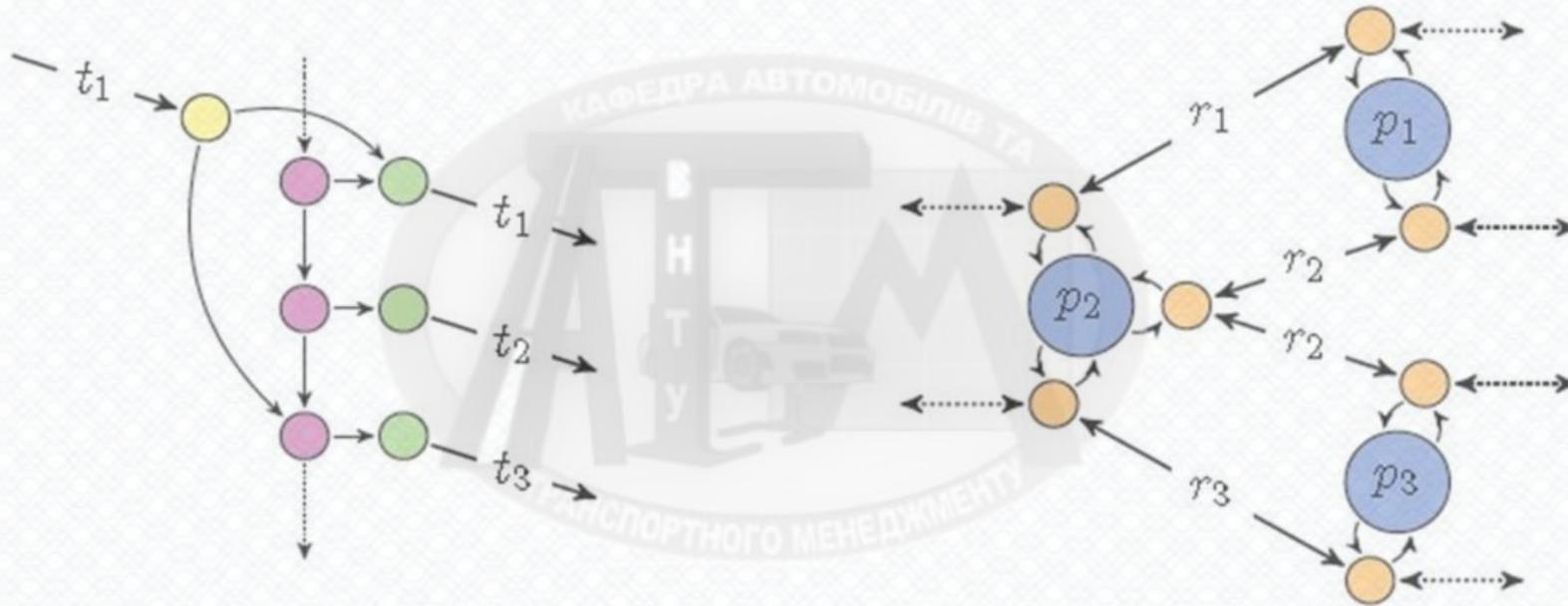


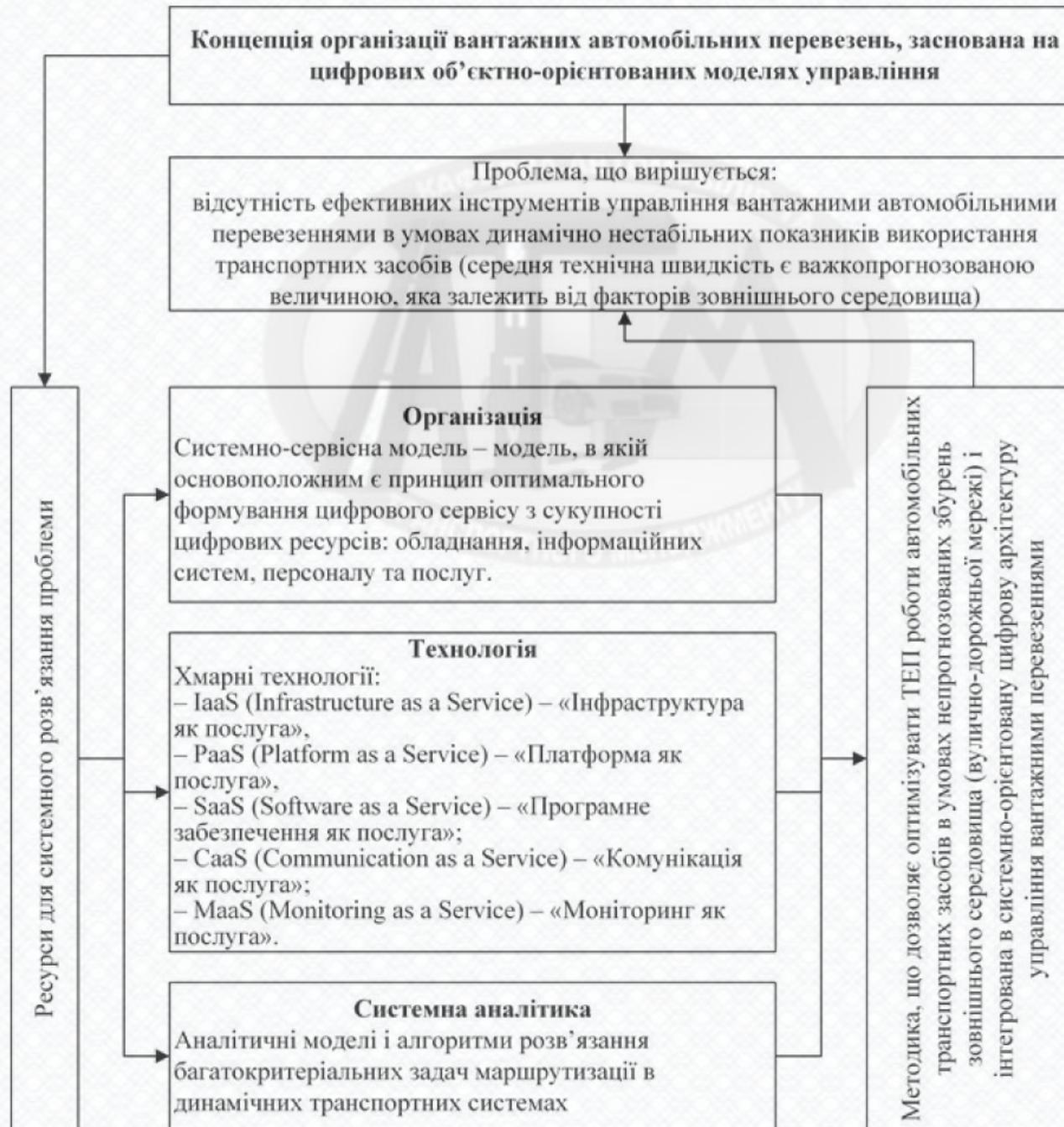
Рисунок 2 – Моделі комерційних операторів MaaS

Моделі вирішення багатокритеріальних завдань маршрутизації у динамічних транспортних мережах



Реалістичні часорозширена (ліворуч) і часозалежна (праворуч) моделі: що з'єднують дуги в часорозширеній моделі – t_i , а маршрутні дуги в часозалежній моделі – маршрутами r_i

Концепція організації автомобільних перевезень, що базується на цифрових об'єктно-орієнтованих моделях управління



Аналітичний метод уточнення показників ТЕП (1)

Метод 1: за деяким заздалегідь відомим інтервалом змін часу в часі. Тобто коли і зверху, і знизу ці показники обмежені можливостями їх технічної реалізації. Тоді систему показників $x_j (j=1...m)$ логічно подати у вигляді m -мірного простору, а значення обмежень, як виділення у цьому просторі деякої області, яка є областю визначення показників x_j :

$$\begin{cases} x_1^* \leq x_{i1} \leq x_1^{**} \\ x_j^* \leq x_{ij} \leq x_j^{**} \\ x_m^* \leq x_{im} \leq x_m^{**} \end{cases}$$

де n – номер варіанта розв'язку.

Коефіцієнти значущості впливу показника на якість та ефективність рішення:

$$\psi_j^{(1)} = \alpha \frac{x_j^{**}}{x_j^{**} - x_j^*}$$

де α – коефіцієнт пропорційності.

$$\alpha = \frac{1}{\sum_{j=1}^m \frac{x_j^{**}}{x_j^{**} - x_j^*}}$$

Аналітичний метод уточнення показників ТЕП (2)

Метод 2: Якщо значення шуканих коефіцієнтів пов'язані з деякими номінальними значеннями або гранично допустимими, наприклад, обмеження швидкості руху автомобіля, вантажопідйомність автомобіля тощо. Тоді для тих показників, які відповідають підвищенню ефективності процесу, слід застосовувати вираз:

$$\psi_j^{(2)} = \frac{1}{\sum_{j=1}^m \frac{1}{\frac{x_j^0 - x_j^*}{x_j^0 - x_j^*}}}$$

де x_j^0 – номінальне значення показника.

А для тих показників, які відповідають зниженню ефективності процесу слід застосовувати вираз:

$$\psi_j^{(3)} = \frac{1}{\sum_{j=1}^m \frac{1}{\frac{x_j^{**} - x_j^0}{x_j^{**} - x_j^0}}}$$

Тоді коефіцієнти значущості впливу показника на якість та ефективність рішення:

$$\psi_j^{(1)} = \frac{1}{\sum_{j=1}^m \frac{1}{1 - \frac{x_j^*}{x_j^{**}}}} \cdot \frac{1}{1 - \frac{x_j^*}{x_j^{**}}}$$

Методика організації вантажних автомобільних перевезень, заснована на цифрових об'єктно-орієнтованих моделях управління

Етап 1. Формування бази вихідних даних показників

Виконується на основі методики визначення оптимальних маршрутів в умовах, що динамічно змінюються, оперативного планування автомобільних вантажних перевезень і ПЗ, що його реалізує (протоколу маршрутизації).

Етап 2. Формування складу та розрахунок показників методики

Продуктивність роботи транспортних засобів: $P = f(T_n; l_b; \beta; q; \gamma; t_{рух}; t_{нр}; t_{mn}; t_{on}; L_{заг})$

При цьому виключається показник середньої технічної швидкості руху, але визначається **фактична середня швидкість руху** транспортних засобів на кожному окремому маршруті (V_{ϕ}).

Далі формуються масиви даних за кожним показником кожного окремого маршруту, виходячи зі значень фактичних обмежень

$$\begin{cases} t_{ni1}^{\min} \leq t_{ni1} \leq t_{ni1}^{\max} \\ \dots \\ t_{nij}^{\min} \leq t_{nij} \leq t_{nij}^{\max} \\ \dots \\ t_{nmn}^{\min} \leq t_{nmn} \leq t_{nmn}^{\max} \end{cases}$$

Етап 3. Постановка задачі та розв'язання багатокритеріальної задачі оптимізації системи вантажних автомобільних перевезень

Отримане рішення як матриця коефіцієнтів розподілу керованих ресурсів

$$\|c_{ij}\| = \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{m1} & c_{m2} & \dots & c_{mn} \end{pmatrix} \quad \begin{cases} D_i = \sum_{j=1}^n \alpha_{ij} c_j \rightarrow \max; \\ \sum_{j=1}^n c_j = 1; \quad 0 \leq c_j \leq 1; \quad c_j \geq c_{j+1}; \quad j = \overline{1, n-1} \end{cases} \quad c_j = \begin{cases} \frac{1}{k}, & \text{якщо } j = k; \\ \frac{\lambda}{k}, & \text{якщо } j < k; \\ \frac{1-\lambda}{n-k}, & \text{якщо } j > k; \end{cases} \quad \text{де } \lambda = \frac{n-1}{n}$$

де індекс k визначається з умови $\alpha_{kj} = \max_j \alpha_{ij}$

Оцінка ефективності методики на прикладі ТОВ «Вінницьке АТП 10556» (1)

Таблиця 1 – Результати розрахунку ТЕП із застосуванням традиційної методики

Таблиця 2 – Результати розрахунку ТЕП із застосуванням удосконаленої методики

Назва показника	Значення показника			Назва показника	Значення показника		
	№1	№2	№3		№1	№2	№3
1. Час обороту, год	1,55	2,96	5,09	1. Час обороту, год	2,19	3,52	5,86
2. Кількість оборотів, од.	4	2	2	2. Кількість оборотів, од.	4	2	1
3. Продуктивність автомобіля, т	100	50	25	3. Продуктивність автомобіля, т	100	50	25
4. Продуктивність автомобіля, ткм	1800	2600	2500	4. Продуктивність автомобіля, ткм	1800	2600	2500
5. Середньодобовий пробіг автомобіля, км	146	210	248	5. Середньодобовий пробіг автомобіля, км	146	210	248
6. Середньодобовий пробіг з вантажем, км	72	104	100	6. Середньодобовий пробіг з вантажем, км	72	104	100
7. Коефіцієнт використання пробігу	0,49	0,50	0,40	7. Коефіцієнт використання пробігу	0,49	0,50	0,40
8. Час в наряді, год	6,25	5,97	6,16	8. Час в наряді, год	8,82	7,08	7,00
9. Експлуатаційна швидкість, км/год.	23,36	35,20	40,25	9. Експлуатаційна швидкість, км/год.	16,55	29,65	35,40
10. Кількість автомобілів на маршруті, од.	2	2	4	10. Кількість автомобілів на маршруті, од.	2	2	4
11. Автомобіле-години в наряді	12	25	12	11. Автомобіле-години в наряді	14	28	14
12. Автомобіле-дні в експлуатації	2	4	2	12. Автомобіле-дні в експлуатації	2	4	2
13. Загальний пробіг, км/доб.	420	992	420	13. Загальний пробіг, км/доб.	420	992	420
14. Загальний пробіг з вантажем, км/доб.	208	400	208	14. Загальний пробіг з вантажем, км/доб.	208	400	208
15. Обсяг перевезень, т	100	100	100	15. Обсяг перевезень, т	100	100	100
16. Вантажність, ткм	5200	10000	5200	16. Вантажність, ткм	5200	10000	5200

Оцінка ефективності методики на прикладі ТОВ «Вінницьке АТП 10556» (2)

Таблиця 3 – Порівняння результативних показників роботи автомобілів за традиційною і удосконаленою методиками

Назва показника	Значення показника	
	Традиційна методика	Запропонована методика
1. Кількість автомобілів в експлуатації, од.	8	8
2. Автомобіле-дні в експлуатації	8	8
3. Автомобіле-години в наряді	49	60
4. Середній фактичний час в наряді, год	6,13	7,48
5. Загальний пробіг, км	1704	1704
6. Загальний пробіг з вантажем, км	752	752
7. Коефіцієнт використання пробігу	0,44	0,44
8. Обсяг перевезень, т	400	400
9. Вантажообіг, т	18800	18800
10. Середньодобовий пробіг автомобілів, км	213	213
11. Продуктивність автомобіля, т/доб.	50	50
12. Продуктивність автомобіля, ткм/доб.	2350	2350

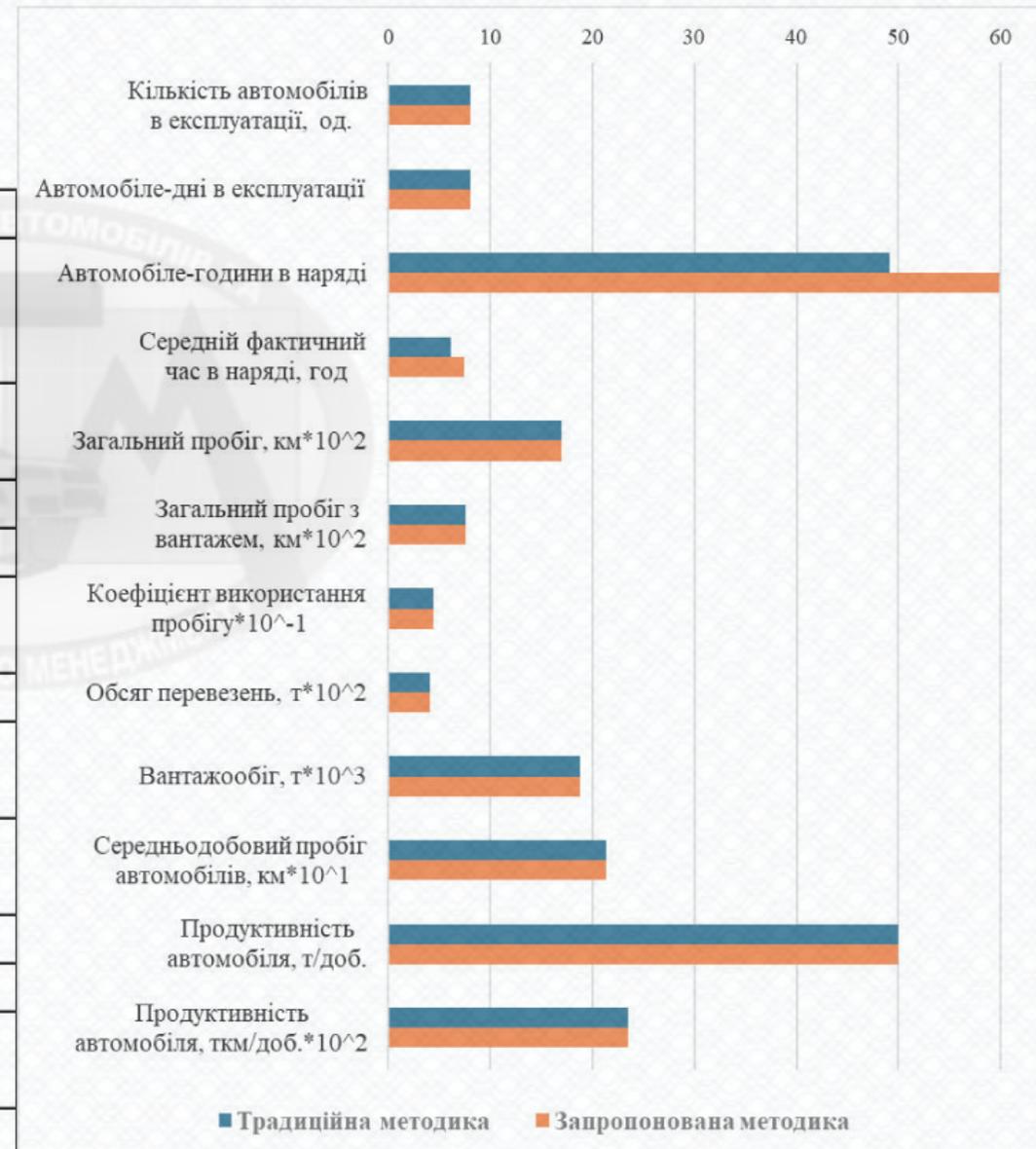


Рисунок 1 – Порівняння результативних показників роботи автомобілів за традиційною і удосконаленою методиками

Висновки

В результаті виконання магістерської кваліфікаційної роботи було вирішено питання Удосконалення організації вантажних автомобільних перевезень шляхом застосування цифрових технологій.

1. В першому розділі був проведений аналіз методів управління вантажними автомобільними перевезеннями. Встановлено, що більшість існуючих методів дозволяють враховувати окремий дискретний стан ТЕП експлуатації рухомого складу і отримувати їх оперативні значення і коригувати план перевезень на підставі поточного стану ТЕП, але при цьому не вирішується питання можливості активного або проактивного управління вантажними перевезеннями. Дана проблема може бути усунена шляхом впровадження цифрові моделі управління вантажними автомобільними перевезеннями.

2. Аналіз рухомого складу та техніко-експлуатаційних показників роботи ТОВ «Вінницьке АТП - 10556», встановлено, що рухомий склад потребує оновлення. Основні техніко-експлуатаційні показників не зазнали суттєвих змін за останні роки.

3. Розроблено концепцію організації вантажних автомобільних перевезень, що базується на цифрових об'єктно-орієнтованих моделях управління. Основою розробленої концепції є організаційні, технологічні та науково-методологічні досягнення та розробки, що активно розвиваються в сучасних інтелектуальних транспортних системах.

4. Розроблено модель сервісно-орієнтованої методики визначення ТЕП при організації вантажних автомобільних перевезень. Дана модель заснована на визначенні керуючих коефіцієнтів, що враховують стохастичний характер показника середньої технічної швидкості.

5. Удосконалено методику визначення техніко-експлуатаційних показників вантажних автомобільних перевезень що дозволяє реалізувати можливість цифрових технологій. Він передбачає виконання з трьох основних етапів:

– Формування бази вихідних даних показників на базі протоколу маршрутизації та ПЗ, що його реалізує, та передбачає можливість застосування «онлайн»-даних про стан процесу при виборі ефективної дії та за наявності стохастичної невизначеності досліджуваних показників;

– Формування складу показників, що виключає показник середня технічна швидкість руху, але передбачає розрахунок фактичної середньої швидкості руху транспортного засобу кожному окремому маршруті (V_f);

– Постановка та розв'язання задачі багатокритеріальної оптимізації аналізованої системи вантажних автомобільних перевезень у вигляді матриці коефіцієнтів розподілу керованих ресурсів.

6. Виконано оцінку економічної ефективності розробленої методики на прикладі ТОВ «Вінницьке АТП - 10556». Розрахунки при застосуванні традиційної методики визначення виробничої програми та удосконаленої методики на прикладі ТОВ «Вінницьке АТП 10556» показали відмінність в часі роботи рухомого складу за добовою заявкою на 22%, що дозволяє рекомендувати дану методику до застосування.

Додаток Б
(обов'язковий)

**Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових
запозичень**



ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Удосконалення організації вантажних автомобільних перевезень шляхом застосування цифрових технологій на прикладі товариства з обмеженою відповідальністю «Вінницьке автотранспортне підприємство – 10556»

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

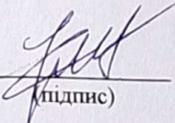
Підрозділ кафедра автомобілів та транспортного менеджменту
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Strikeplagiarism

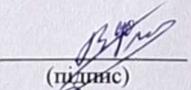
Оригінальність 93,2 % Схожість 6,8 %

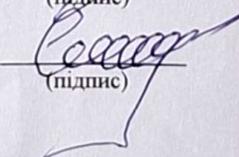
Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

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

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

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

Автор роботи  Фалович В.А.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи  Смирнов Є.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)