

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко – технологічний факультет

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

В.о. завідувача кафедри

технічного сервісу та інженерного

(назва кафедри)

менеджменту імені М.П. Момотенка

Руслан ШАТРОВ

_____ (підпис)

(ПІБ)

«____» _____ 2025 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему «Удосконалення інженерного менеджменту системи технологічної взаємодії автотранспортних підприємств»

Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»

(код і назва)

Освітня програма «Автомобільний транспорт»

(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

доктор технічних наук, професор

(науковий ступінь та вчене звання)

_____ (підпис)

Войтюк Валерій Дмитрович

(ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

д.т.н., професор

(науковий ступінь та вчене звання)

_____ (підпис)

Роговський Іван Леонідович

(ПІБ)

Виконав

_____ (підпис)

Сеген Дарія Дмитрівна

(ПІБ)

КИЇВ – 2025

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Механіко – технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту імені М.П. Момотенка _____

_____ д.т.н., проф. Іван РОГОВСЬКИЙ
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ПІБ)

« ____ » _____ 2024 р.

З А В Д А Н Н Я

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Сеген Дарії Дмитрівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»

(код і назва)

Освітня програма «Автомобільний транспорт»

(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи «Удосконалення інженерного менеджменту системи технологічної взаємодії автотранспортних підприємств»

затверджена наказом ректора НУБіП України від «13» листопада 2024 р. № 2039 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру _____

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи Науково – технічна література; результати науково-дослідних робіт по літературних джерелах по вивченню питання Удосконалення інженерного менеджменту системи технологічної взаємодії автотранспортних підприємств

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧО-ТЕХНІЧНИХ ПЕРЕДУМОВ ДОСЛІДЖЕНЬ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ВЗАЄМОДІЇ АВТОТРАНСПОРТНИХ ПІДПРИЄМСТВ
2. РОЗДІЛ 2 СТРУКТУРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ІНТЕГРОВАНИХ ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ
3. РОЗДІЛ 3 ЗАКОНОМІРНОСТІ ІНТЕГРАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ РОЗРІЗНЕНИХ СУБ'ЄКТІВ ТРАНСПОРТНО- ЛОГІСТИЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ
4. РОЗДІЛ 4 ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ОРГАНІЗАЦІЙНО- ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ВЗАЄМОДІЇ АВТОТРАНСПОРТНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Перелік графічного матеріалу Електронна презентація на 15 слайдах

Дата видачі завдання «11» листопада 2024 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____

(підпис)

Роговський І.Л.

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____

(підпис)

Сеген Д.Д.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Сеген Д.Д. «Удосконалення інженерного менеджменту системи технологічної взаємодії автотранспортних підприємств» – Магістерська кваліфікаційна робота.

Магістерська кваліфікаційна робота присвячена вирішенню науково-прикладної задачі нескоординованості дій різних перевізників в інтегрованому транспортному процесі при виконанні вантажних автомобільних перевезень. Встановлено, що внутрішній потенціал ефективного господарювання автотранспортних підприємств (АТП), а також рівень їхньої конкурентоздатності можуть бути підвищені шляхом налагодження організаційно-технологічної взаємодії з партнерами. Для того, щоб обґрунтувати таку взаємодію, потрібно використовувати характеристики випадкових вантажних потоків, до яких належать ознаки їх сумісності, нерівномірності, впорядкованості. Обґрунтовано раціональні схеми і параметри взаємодії вантажних автомобільних перевізників з врахуванням ознак сумісності й часових вікон виконання транспортних завдань, що становлять стохастичний потік.

Актуальність теми. Актуальність завдань, які вирішені в цій роботі, полягає в трьох основних аспектах. По-перше, внутрішні ресурси автотранспортних підприємств, які можна було б застосувати для підвищення їх конкурентоздатності, в основному, вичерпані. Автотранспортні підприємства використовують сучасні автотранспортні засоби (здебільшого - автопоїзди), інформаційні технології, та працюють на межі регламентованих норм і правил для виконання замовлень на перевезення вантажів. Частішають випадки порушення цих обмежень. Однак, це не сприяє зростанню ефективності транспортного обслуговування клієнтів. Особливо це стосується кількості незавантажених їздок, що виконуються автотранспортними засобами, простоїв, надійності виконання замовлень.

Мета досліджень: підвищення ефективності організаційно-

технологічної взаємодії автотранспортних підприємств шляхом удосконалення процесу виконання замовлень на перевезення вантажів.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно вирішити такі задачі:

➤ проаналізувати системоутворюючі фактори становлення транспортного процесу, такі як організаційно-технологічне забезпечення, виробничі відносини автотранспортних підприємств, їх внутрішній потенціал та потреба у співпраці згідно з тенденціями розвитку транспортно-логістичного комплексу в Україні та в Європі;

➤ на основі динамічного підходу до організаційно-технологічної взаємодії автотранспортних підприємств удосконалити методику структурного моделювання і розв'язування задачі оптимізації інтегрованого транспортного процесу та дослідити взаємозалежність організаційно-технологічних параметрів його вхідних вантажних потоків і задіяних транспортних операцій;

➤ визначити ознаки організаційно-технологічної сумісності замовлень на перевезення вантажів у інтегрованому транспортному процесі, виконання яких у єдиному потоці є ефективним, та розробити їх класифікацію;

➤ виконати імітаційне моделювання діяльності автотранспортного підприємства при його взаємодії з партнерами при виконанні заданого потоку замовлень на перевезення вантажів із раціональним розподілом автотранспортних засобів за критеріями мінімальних їздок без вантажу та простоїв;

➤ розробити методику та конкретні рекомендації щодо організації сумісної діяльності автотранспортних підприємств та запропонувати стратегії їх організаційно-технологічної взаємодії;

Об'єкт дослідження: інтегровані транспортні процеси доставки вантажів на заданій транспортній мережі.

Предмет дослідження: вплив сумісного виконання автотранспортними підприємствами замовлень на перевезення вантажів, в залежності від проведеної оцінки їх сумісності, на ефективність їх організаційно-технологічної взаємодії.

Методи досліджень. Для формалізації об'єкту дослідження були

застосовані методи математичного моделювання, структурного аналізу, теоретичні засади теорії транспортних процесів і систем. Методи структурного моделювання у вигляді цілочислового математичного програмування використані для оптимізації інтегрованого транспортного процесу. Імітаційне моделювання застосоване для аналізу вхідних потоків замовлень на вантажні перевезення та для планування ефективної взаємодії перевізників на заданій транспортній мережі, а також для верифікації отриманих теоретичних моделей.

Ключові слова: автомобільні вантажні перевезення, автотранспортне підприємство, інтегрований транспортний процес, потік замовлень, ланцюги постачань.

ЗМІСТ

| | |
|--|-----------|
| РЕФЕРАТ | 3 |
| ЗМІСТ | 6 |
| ВСТУП | 8 |
| РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧО-ТЕХНІЧНИХ ПЕРЕДУМОВ | 10 |
| ДОСЛІДЖЕНЬ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ВЗАЄМОДІЇ | |
| АВТОТРАНСПОРТНИХ ПІДПРИЄМСТВ | |
| 1.1. Аналіз виробничих відносин та рівня технологічного забезпечення автотранспортних підприємств | 10 |
| 1.2. Аналіз відомих методів дослідження інтегрованих транспортних процесів | 14 |
| 1.3. Аналіз дослідження вхідних потоків за сумісністю замовлень | 24 |
| 1.4. Висновки за розділом 1 | 27 |
| РОЗДІЛ 2 СТРУКТУРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ | 28 |
| ІНТЕГРОВАНИХ ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ | |
| 2.1. Теоретичні підстави ефективної взаємодії автотранспортних підприємств на засадах колективної стратегії | 28 |
| 2.2. Формулювання і методика розв'язання задачі оптимізації транспортного процесу у ланцюгах постачань транспортних послуг | 31 |
| 2.3. Показники потоку замовлень | 36 |
| 2.4. Висновки за розділом 2 | 44 |
| РОЗДІЛ 3 ЗАКОНОМІРНОСТІ ІНТЕГРАЦІЇ | 46 |
| ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ РОЗРІЗНЕНИХ СУБ'ЄКТІВ | |
| ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ | |
| 3.1. Результати спостережень за діяльністю автотранспортних підприємств при їх кооперації | 46 |
| 3.2. Результати структурного моделювання та оптимізації транспортних процесів | 50 |
| 3.3. Залежність ефективності діяльності і кооперації перевізника від параметрів потоку вхідних замовлень | 58 |

| | |
|--|------------|
| 3.4. Висновки за розділом 3 | 73 |
| РОЗДІЛ 4 ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ВЗАЄМОДІЇ АВТОТРАНСПОРТНИХ ПІДПРИЄМСТВ | 74 |
| 4.1. Дослідження взаємодії автотранспортних підприємств на міжміських перевезеннях вантажів | 74 |
| 4.2. Моделювання процесу обслуговування вхідних потоків замовлень | 80 |
| 4.3. Оцінювання роботи парку автотранспортних засобів залежно від вхідних потоків | 84 |
| 4.4. Визначення економічного ефекту від впровадження результатів дослідження | 93 |
| 4.5. Висновки за розділом 4 | 98 |
| ВИСНОВКИ | 99 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ | 101 |

ВСТУП

Висока конкуренція на ринку, зростання витрат на експлуатацію автотранспортних засобів, недостатньо ефективного їх використання та жорсткі вимоги споживачів по послуг з транспортування вантажів є характеристиками, які в даний час визначають логістичний сектор вантажних автомобільних перевезень. Через посилення конкурентного тиску чимало автотранспортних підприємств оптимізували свою діяльність настільки, що подальших удосконалень неможливо досягати на індивідуальному рівні. Застосування мереж кооперації перевізників і логістичних підприємств – це підхід, який може допомогти подолати цю зростаючу відсутність ефективності. Спільна діяльність, зазвичай, організовується таким чином, що сприяє обміну вигідними пропозиціями щодо надаваних послуг. Сучасні дослідження показують, що співпраця між конкурентами може призвести до значного заощадження коштів. До такої співпраці можуть бути залучені всі учасники логістичного ланцюга, включаючи постачальників, виробників, дистриб'юторів та замовників. Однак, ефективність кооперації на ринку вантажних автомобільних перевезень не завжди зростає при взаємодії транспортно-логістичних підприємств. Кооперація - це компроміс інтересів суб'єктів виробничих відносин. Втрати одного з підприємств можуть бути занадто великими, якщо предмет взаємодії є несумісним для усіх сторін. Тому завжди, переважно, виникає завдання оцінювання ймовірної вигоди від кооперації, яка набуває все більш широкі масштаби у зв'язку із збільшенням кількості суб'єктів транспортно-логістичної діяльності. У зв'язку із цим в цій дисертаційній роботі пропонуються шляхи вирішення такого завдання шляхом попередньої оцінки властивостей транспортних задач, які становлять стохастичний потік і характеризуються показниками придатності для сумісного їх виконання розрізненими суб'єктами транспортно-логістичного процесу.

По-друге, сучасні транспортні процеси стають ще більш інтегрованими, а їх інформаційне забезпечення є одним із ключових факторів досягнення

бажаного результату. Слід відмітити стрімкий розвиток технологій комунікації, внаслідок чого партнери, конкуренти і клієнти об'єднуються в зусиллях досягнення мети. Через це зусилля перевізників повинні бути спрямовані на взаємодію та подальшу інтеграцію.

По-третє, системний підхід розкриває, окрім очевидних вигащів, додаткові труднощі у вирішенні поставлених задач обґрунтування кооперації. Можна спостерігати розвиток внутрішньої взаємодії декількох типових властивостей складної системи, якою є інтегрований транспортний процес: нелінійні залежності параметрів, великий обсяг змінних тощо. Навіть у детермінованому випадку підприємства стикаються з комбінаторним бумом, який призводить до того, що лише в дуже незначних випадках транспортні завдання можуть бути вирішені близько до оптимальності. У цій роботі виявлено множини вхідних даних, де рівень складності набагато перевищує практичні задачі. Тому аналіз динамічної стохастичної поведінки запропонованого підходу в середовищі моделювання представляється актуальним.

Відносини співпраці перевізників були нещодавно ідентифіковані дослідниками і для інших трендів транспортування. Статистика показує, що в Європі приблизно 90% вантажних перевезень здійснюються по дорогах, де відсоток порожніх вантажних автомобілів, які спричиняють забруднення та аварії на шляхах сполучення, становить від 15% до 30%. Середня продуктивність вантажного АТЗ є набагато нижчою, ніж його технічні можливості, та особливо низькою в міському сполученні. Поза тим, існує багато можливостей для покращення використання вантажопідйомності АТЗ. Співпраця серед перевізників може призвести до підвищення рівня продуктивності транспортних операцій, збільшення використання потенціалу та, таким чином, вироблення економічних вигод для учасників, залучених, як партнери, до виконання транспортного процесу.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧО-ТЕХНІЧНИХ ПЕРЕДУМОВ ДОСЛІДЖЕНЬ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ВЗАЄМОДІЇ АВТОТРАНСПОРТНИХ ПІДПРИЄМСТВ

1.1. Аналіз виробничих відносин та рівня технологічного забезпечення автотранспортних підприємств

Взаємозв'язок підприємств, які працюють на ринку із різним рівнем співробітництва в ланцюзі, називається вертикальною співпрацею [17]. Наприклад, роздрібні продавці та постачальники можуть співпрацювати, обмінюючись інформацією щодо продажів та товарних запасів, для вдосконалення методів прогнозування. Іншим поширеним випадком вертикальної співпраці є залучення сторонніх постачальників логістичних послуг. Горизонтальне співробітництво, з іншого боку, включає співробітництво між одними і тими ж ланцюгами постачання [18]. Це може включати спільний розподіл замовників або постачальників замовлення, або спільне використання автотранспортних засобів різними АТП. Переваги обох підходів можуть поєднуватися в латеральній співпраці.

При проектуванні транспортно-логістичних процесів найбільш фундаментальними питаннями, з якими стикаються автотранспортні підприємства, є: доцільність аутсорсингу; доцільність збереження власної логістики в компанії; пошук співпраці з подібними підприємствами для використання ймовірної синергії.

Оскільки сучасні вимогливі споживачі транспортних послуг очікують, що їх вантажі будуть доставлені в потрібне місце, у потрібний час, у потрібній кількості, в ідеальному стані і за найнижчою ціною, вони часто відчують труднощі із задоволенням цих вимог індивідуально, або за допомогою діадичних аутсорсингових відносин з постачальниками подібних послуг. Це призвело до того, що третій варіант тісного співробітництва з іншими підприємствами стає все більш життєздатним. У рамках горизонтальної логістичної співпраці декілька підприємств об'єднують замовлення на виконання перевезень, які надійшли до

них, з метою більш ефективного їх виконання [18]. На практиці результати цих ініціатив є досить суттєвими: відомо про підвищення ефективності виконання замовлень від такої співпраці майже до 30% [19, 20]. На наведених схемах двох маршрутів перевезень представлені два варіанти їх виконання: без співпраці АТП (рис. 1.1.) та із їх співпрацею (рис. 1.2.).

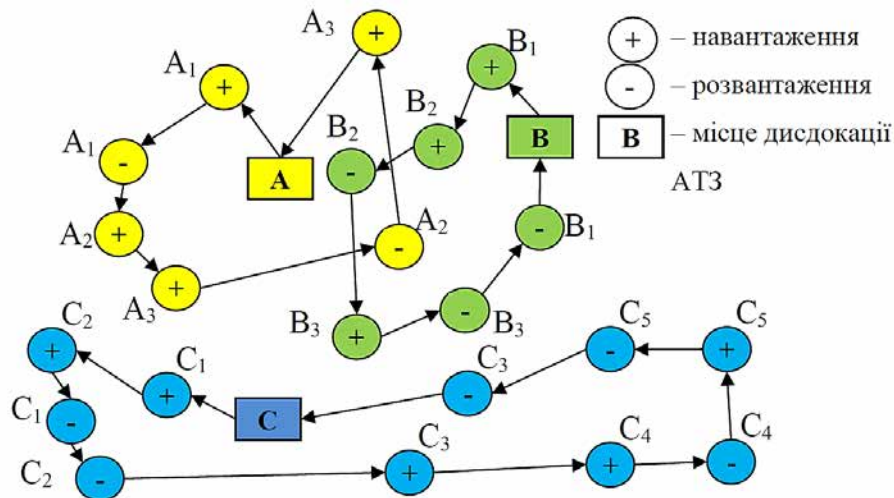


Рис. 1.1. Схеми розвізних маршрутів, які виконуються трьома автотранспортними засобами, що знаходяться на балансі різних автотранспортних підприємств, які не співпрацюють

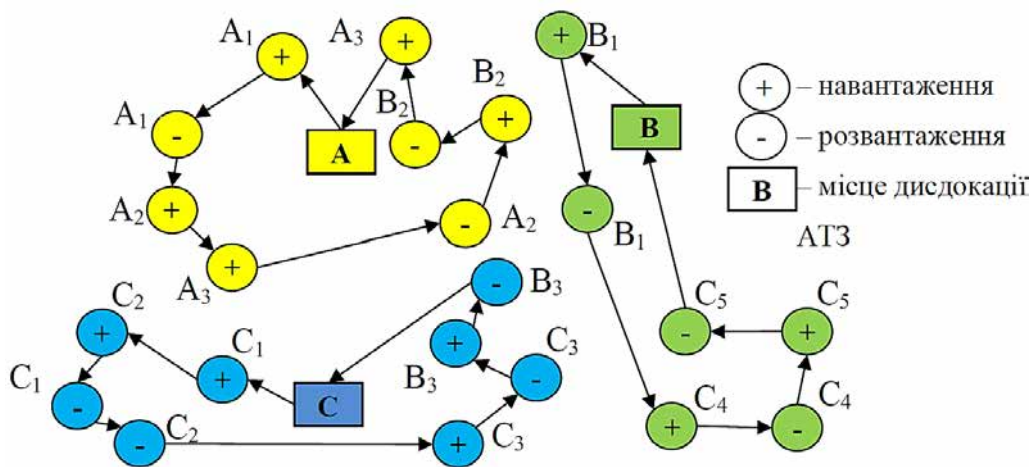


Рис. 1.2. Схеми розвізних маршрутів, які виконуються трьома автотранспортними засобами, що знаходяться на балансі різних автотранспортних підприємств, які співпрацюють

Горизонтальне співробітництво в логістиці вимагає встановлення

механізму моніторингу на замовлення, який часто реалізується за принципом, заснованим на аукціоні. Основною причиною групового замовлення є те, що значення запиту на перевезення вантажу тим чи іншим перевізником залежить від доступності іншого запиту, який може бути надлишковим. Однак, аукціон не є настільки досконалим механізмом, який можна було б використати для здійснення обміну інформацією між перевізниками щодо перевезень. Зокрема, термін «логістична співпраця» пропонує розглянути також механізми спільного прийняття рішень, при яких група учасників спільно ухвалює свої рішення, які є оптимальними з точки зору усієї групи [20].

Є декілька бажаних властивостей, які повинен забезпечувати механізм розподілу замовлень на перевезення. Перша – це ефективність отриманого розподілу (EP). У стандартному аукціоні ця властивість часто призначає пошук замовлення для агента, який оцінює його найбільшою вартістю. Однак, у комбінаторній обстановці із синергією значення, яке оператор присвоює замовленню, залежить від інших замовлень, які повинен виконати перевізник, тому єдиної «вартості» замовлення не існує. Отже, ми визначаємо розподіл як ефективний, якщо подальший прибуток від його перепродажу є неможливим або еквівалентним, якщо розподіл максимізує створення вартості за допомогою обміну.

Кооперація автотранспортних підприємств за певних умов досягає рівня концентрованих мереж. Такі мережі, які називають «хаб-спік», відіграють значну роль у роботі транспортних підприємств. За даними UNCTAD (2012) приблизно 80% світової торгівлі за обсягом та 70% за вартістю транспортується морем і здійснюється переважно концентрованими терміналами в всьому світі [24]. Більш того, оскільки уряди вводять більше податкових норм, що просувають екологічну політику в транспортній діяльності, інвестиції в такій мережі стають ще більш важливими. Концентрована мережа співпраці автотранспортних підприємств визначається як мережа, що повністю підключена із потоком інформації між будь-якими двома вузлами, які обслуговуються на невеликій кількості вузлових пунктів і переміщуються через міжхабові зв'язки [25]. Отже,

хаби служать пунктами перевалки або комутації потоків вантажів між вузлами центру походження та пункту призначення (вузлами, що не є хабами) замість того, щоб створювати прямі зв'язки між ними. Отже, в міру того, як концентратори консолідуються та збирають вантажопотоки, менша експлуатаційна вартість доставки вантажів може бути досягнута в значній мірі завдяки концепції економії від масштабу мережі.

Автотранспортні підприємства можуть співпрацювати з метою підвищення рівня їх ефективності шляхом, наприклад, обміну замовленнями на перевезення, або автотранспортними засобами. Цю проблему можна класифікувати як проблему розміщення об'єктів спільної роботи та сформулювати як інноваційну змішану задачу цілочисельного лінійного програмування. Щоб забезпечити стійкість співпраці, витрати на співпрацю повинні бути справедливо розподілені між різними учасниками інтегрованого транспортного процесу. Переваги розміщення об'єктів об'єднання автотранспортних підприємств та наслідки різних методів розподілу витрат між ними було проаналізовано на прикладі Великобританії. Спільне використання РЦ, на думку авторів статті, може призвести до значної економії коштів (до 21,6%). На відміну від випадку спільного виконання замовлень, або використання транспортних засобів, існує ймовірність збитків від масштабу, якщо кількість партнерів, які можуть очікувати більшої вигоди від співпраці, мають неоднакову частку від потоку замовлень. Більш того, результати вказують на те, що горизонтальна співпраця на рівні РЦ добре працює з обмеженою кількістю партнерів і може базуватися на інтуїтивно привабливих методах розподілу витрат, які можуть зменшити складність альянсу та посилити міцність взаємних партнерських відносин. Однак, не враховано, що ефективність співпраці нелінійно залежить від залучення додаткових партнерів до кооперації через РЦ. Тому сформульована задача відноситься, насправді, до задач нелінійного цілочислового програмування.

Оскільки метою горизонтальної логістичної співпраці є підвищення ефективності логістики учасників, а оскільки співпраця часто призводить до

додаткових прибутків або зменшення витрат, велика кількість наукової літератури з питань спільної логістики приділяє свою увагу виявленню ефективних схем розподілу [27]. Справедливий розподіл витрат або прибутків коаліції є ключовим питанням, оскільки запропонований механізм розподілу повинен спонукати партнерів поводитися відповідно до спільних цілей та може покращити стабільність співпраці.

Співпраця повинна дозволити перевізникам обмінюватися запитами клієнтів, щоб зменшити їх транспортні витрати. Такі види горизонтальних альянсів пов'язані із різними екологічними перевагами, включаючи зменшення викидів CO₂, затори на дорогах та шумове забруднення. Завдяки цьому величезному потенціалу спільне використання вантажних АТЗ нещодавно стало широко досліджуваною темою в галузі маршрутизації перевезень. Однак, насправді, автотранспортні підприємства неохоче вступають у горизонтальну співпрацю. Потенційні учасники мереж співпраці висловлюють занепокоєння щодо роботи з конкурентами. Вони побоюються, що замість того, щоб виграти від ефектів синергії, вони втратять цінних клієнтів, та відмовляються від потенційно шкідливої інформації для своєї конкуренції. Чесний розподіл замовлень та прибутку вважаються найважливішими аспектами для забезпечення горизонтальної співпраці. Однак існує декілька перешкод. При опитуванні вантажовідправників переважна більшість респондентів погоджувалась із тим, що менші компанії в рамках партнерства можуть втрачати клієнтів або бути повністю витіснені з ринку.

1.2. Аналіз відомих методів дослідження інтегрованих транспортних процесів

Оскільки інтегрований транспортний процес (ІТП) відноситься до складних систем, то для його дослідження аналітичні моделі є непридатними. Тому, у більшості випадків, такий процес досліджується за допомогою симуляційних моделей. Науковці демонструють явну перевагу стратегії кооперації над результатами, що не пов'язані із нею. Запропоновані евристики

перевіряються на динамічній та стохастичній системах логістики в умовах повторності, використовуючи дискретне моделювання подій.

Огляд поточної літератури з питань логістичного співробітництва на тему розподілу ресурсів між перевізниками показує, що можна виділити різні методи для розподілу спільного прибутку або витрат. Пропорційні механізми розподілу - це такі механізми, що використовують концепції теорії ігор та методи розподілу, які призначені для подолання додаткових властивостей співпраці (механізми розподілу з додатковими бажаними властивостями).

На практиці найбільш часто використовуваним механізмом розподілу прибутку або витрат є метод пропорційного розподілу [46]. У цьому випадку спільний прибуток розподіляється співпрацюючими підприємствами однаково, виходячи з їхнього індивідуального рівня витрат (самостійних витрат) або обсягу вантажу, який вони повинні транспортувати як результат їх участі у співпраці. Причина широкого використання методики пропорційного розподілу полягає в тому, що її легко зрозуміти, обчислити та застосувати. Однак це не гарантує довгострокової стабільності співпраці, оскільки можливо, що окремих партнер покине партнерство, враховуючи той факт, що він може отримати більші вигоди працюючи на індивідуальній основі [46]. Навіть якщо партнерство є стабільним, воно все одно може вважатись причиною несправедливого розподілу коаліційних вигод. Тому як такий, він далі не розглядається у цій роботі.

Відомі механізми розподілу, що засновані на теорії кооперативних ігор. Горизонтальне логістичне співробітництво чітко відповідає структурі кооперативної гри. Партнери, що співпрацюють, обмінюються замовленнями чи ресурсами, а взамін отримують або здійснюють платежі. Цей процес співпраці призводить до розподілу вигод або витрат для кожного учасника, що може вважатись рівноцінним результату спільної гри [47]. Більш того, дослідники вважають, що переваги застосування теорії ігор у контексті логістичного співробітництва полягають у тому, що ці методи розподілу враховують різні внески учасників альянсу, та, що вони визначають механізми, які розподіляють вигоди від співпраці на основі властивостей справедливості.

Запропонована в роботі [49] методика щодо формування та вибору раціональних стратегій діяльності транспортно-експедиторських підприємств (ТЕП) за допомогою математичного апарату теорії ігор передбачає вибір технології обслуговування вантажовласників, яка забезпечує оптимізацію сформованого критерію ефективності з урахуванням ресурсних обмежень, технологічних можливостей учасників транспортно-експедиційного обслуговування (ТЕО) та бюджетних обмежень вантажовласників.

Науковці пропонують більш складну модель розподілу прибутку на основі теорії ігор у поєднанні з аукціонними механізмами. По-перше, спільний прибуток максимізується за допомогою комбінаторних методів аукціону для оптимального обміну замовленнями клієнтів. Потім трансферні ціни використовуються для розподілу спільних заощаджень між партнерами таким чином, щоб поточний фінансовий стан кожного партнера, принаймні, підтримувався на сталому рівні (індивідуальна раціональність). Крім того, залишковий прибуток, створений у процесі співпраці, розподіляється між співпрацюючими партнерами на основі показників переваг співпраці. Ці показники враховують індивідуальний внесок різних учасників у співпрацю.

На ранніх етапах зростаючого горизонтального співробітництва може бути корисним для комунікації та ведення переговорів первинний розподіл, де відносні переваги підприємств-учасників максимально схожі. З цією метою Frisk [52] розробляє метод рівного прибутку. Цей метод розподілу прибутку має на меті знайти стабільний розподіл, який мінімізує найбільшу відносну різницю в економії витрат між будь-якою парою співпрацюючих партнерів.

Огляд літературних джерел показує, що існує широкий спектр можливих механізмів розподілу замовлень між підприємствами, які об'єдналися для співпраці. Оскільки кожен метод має свої конкретні переваги та недоліки, залишається неоднозначним, який із них може гарантувати стабільність та стійкість в умовах розташування об'єктів коаліції. З цієї причини проводиться великий порівняльний аналіз, заснований на затвердженій статистичній техніці, що застосовує три різні механізми розподілу до тематичного дослідження у

Великобританії.

Три методи, запропоновані в цій роботі, а саме значення Шейплі, метод альтернативних витрат, та метод рівного прибутку, вибрані з наступних причин. По-перше, оскільки поточні літературні джерела, орієнтовані на замовника, вирішують проблему розподілу виключно за допомогою теорії ігор, цікавими є дослідження її порівняння з іншими методами. Більше того, основні теоретичні механізми теорії ігор можуть викликати питання щодо математичної складності, застосовності, прозорості, справедливості та стабільності на практиці. Перевага методу альтернативних витрат може бути мотивована її прозорістю, простотою використання та зрозумілістю. Крім того, цей метод, на відміну від інших методів, враховує різні рівні внесків усіх партнерів по коаліції. Як вже зазначалося, на ранніх етапах зростаючого горизонтального співробітництва для комунікації та ведення переговорів може бути корисним мати початковий розподіл, де відносні вигоди підприємств-учасників коаліції є якомога рівнішими. З цієї причини ще однією бажаною властивістю кооперативних методів розподілу витрат може бути те, що визначаються розподіли з мінімальними різницями у відносній економії всіх партнерів.

На рис. 1.3. наведений візуалізований приклад багатозонної двоступеневої мережі постачання при виконанні замовлень на перевезення різними перевізниками.

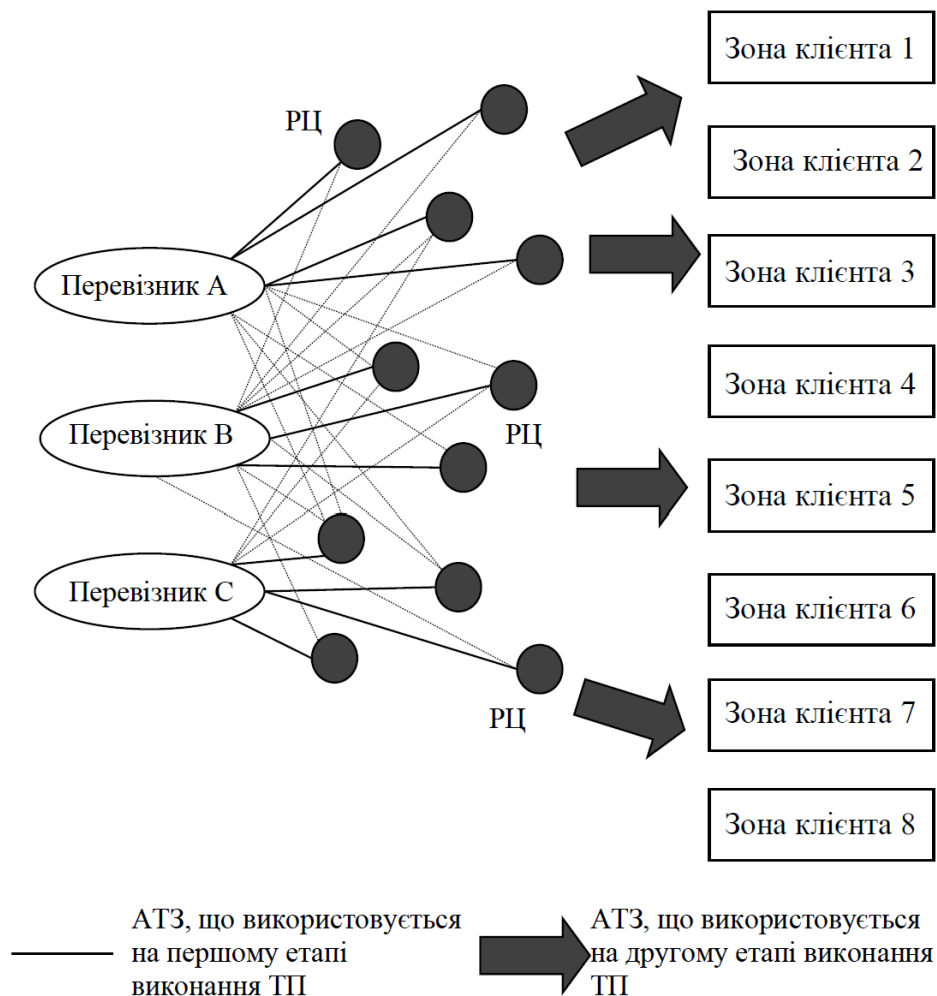


Рис. 1.3. Схема багатозонної двоступеневої мережі постачання

На наведеній схемі перевізник А спочатку володіє чотирма постійними потоками. Однак, внаслідок співпраці з перевізниками В і С, перевізник А також може транспортувати свої вантажі до різних зон клієнтів через розподільчі центри (РЦ), які належать його партнерам. Метою моделі розташування кооперативних об'єктів є розподіл розподільчих центрів між перевізниками, які беруть участь у виконанні замовлень, з метою зменшення витрат та підвищення ефективності розподілу.

Подібно до традиційних проблем з розміщенням об'єктів, метою взаємодії підприємств-партнерів є мінімізація функції загальних витрат, враховуючи як постійні витрати на утримання постійних працюючих розподільчих центрів відкритими, так і всі первинні та вторинні транспортні

витрати. Рішення, які слід прийняти, стосуються таких питань як: яке кооперативне партнерство формується (вибір перевізника), які РЦ відкрити, яким чином призначати виконання перевезень потоків вантажів. Враховуючи перше рішення, заздалегідь визначається, які перевізники будуть брати участь у коаліції та нададуть дозвіл на використання своїх РЦ. Таким чином, вплив горизонтальної співпраці можна оцінити для різних структур співпраці за допомогою експериментального дослідження.

До 2006 року лише в декількох публікаціях прямо згадувалося про РЦ при використанні наземного транспорту. Переломний момент відбувся приблизно в 2007 році, коли ця тема стала набагато популярнішою. Видатні розробки, підвищили рівень горизонтальної кооперації та створили основу для майбутніх досліджень. Схема можливих горизонтальних відносин між підприємствам зображена на рис. 1.4.

Однією з важливих задач функціональної оптимізації інтегрованих процесів є обґрунтований вибір спеціалізації виробничих підрозділів – моно- чи багатопредметна спеціалізація, а якщо вона багатопредметна, то – на номенклатуру яких марок чи моделей об'єктів вона розрахована.

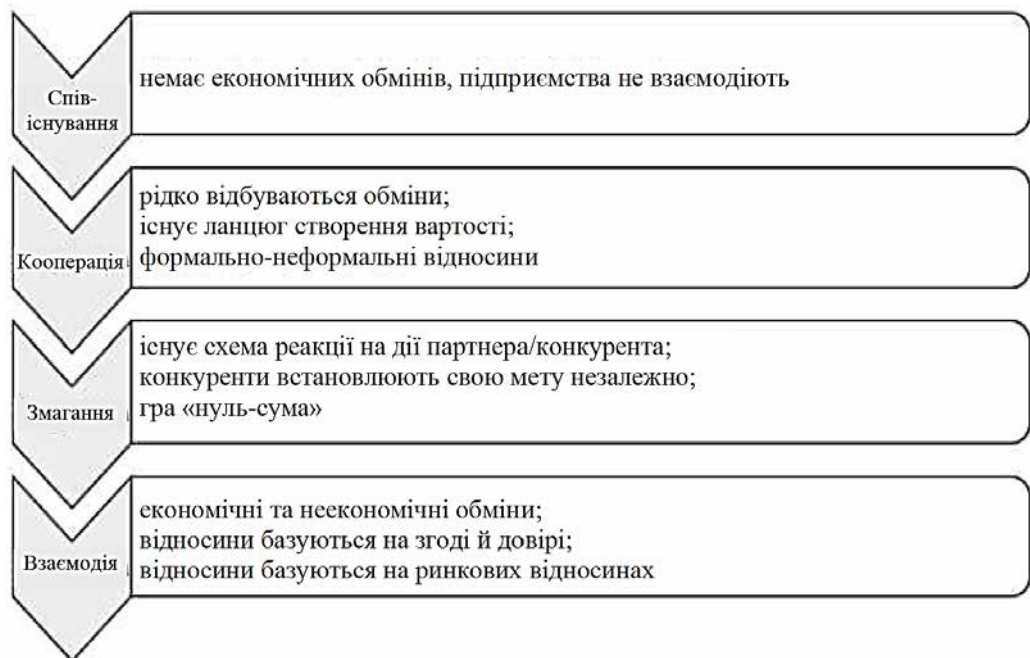


Рис. 1.4. Схема горизонтальних відносин між підприємствами

Помилки в обґрунтуванні спеціалізації виробничих підрозділів призводять до суттєвого зменшення ефективності виробництва впродовж усього періоду експлуатації. Підставою для обґрунтування спеціалізації технологічних ліній, переважно, є подібність чи відмінність конструкції об'єктів обслуговування, а для обґрунтування спеціалізації технологічних дільниць – однотипність застосовуваної технології. Зазначені умови є необхідними, однак не достатніми для визначення спеціалізації, яка тісно пов'язана із кооперацією. Ця властивість залежить від значення загальної програми ремонту W_p і від співвідношення часткових програм ремонту різних об'єктів у загальній програмі $\sum W_p$. Для кількісної оцінки властивості організаційно-технологічної сумісності запропонована система показників, які розраховуються за умови, що будь-які співвідношення часткових програм ремонту різних об'єктів у спільному потоці – це рівноймовірно розподілені випадкові величини. Однак у ремонтному виробництві програма формується відповідно до кількості об'єктів ремонту N_j в зоні обслуговування підприємства, інтенсивності експлуатації цих об'єктів і показників їх надійності. Тому програма ремонту впродовж циклу експлуатації машини певної марки (моделі) T_j , який може перевищувати 20 років, є нестабільною. Показано, що програму ремонту j -го об'єкта можна розглядати як випадкову величину, для прогнозування значень якої в окремі роки циклу експлуатації об'єкта t_j можна використати залежність на основі нормального розподілу W .

До сформульованої вище проблеми конкурентоздатності та взаємодії автотранспортних підприємств дотичними є завдання, пов'язані із складанням розкладу для парку АТЗ. Однак, задачі по складанню розкладів розрізаних груп автотранспортних засобів і раніше і до цього часу вважались і вважаються NP-складними, і для них неможливо запропонувати алгоритм пошуку точного розв'язку. Складність задачі побудови оптимального розкладу роботи групи АТЗ, які взаємодіють, зростає поліноміально із збільшенням кількості операцій (виконань замовлень на перевезення вантажів). Крім того, такі задачі не відображають цілком зміст проблеми підвищення ефективності взаємодії

автотранспортних підприємств, адже оптимальні розклади показують лише часове впорядкування транспортних процесів.

Взаємодія АТЗ підприємств, які не об'єднані спільним виробничим розкладом, розглядається в статті [64]. Науковці застосовують мультиагентний підхід в симуляції процесів, як основний метод дослідження. Отримані результати імітаційного моделювання (ІМ) оцінюють за двома показниками: середній час очікування початку обслуговування та рівень обслуговування (кількість виконаних перевезень/кількість замовлень). Однак, в цій статті немає різноманіття стратегій АТП щодо досягнення вищого рівня ефективності використання парків АТЗ, тому у висновках не пропонується шляхів розв'язання проблеми. Імітаційне моделювання доволі часто застосовується при дослідженні паралельних процесів на транспорті (розгалужених логістичних ланцюгів, парків АТЗ, паралельних постів обслуговування). Потрібно відмітити позитивні результати, які досягаються при цьому. Однак, імітаційна модель не розкриває сутності інтегрованих процесів.

На даний час відомо багато спеціалізованих та універсальних програмних засобів для створення і виконання симуляції транспортного процесу (ТП). Загальним недоліком усіх проаналізованих методів є те, що будь-яка ІМ є неточною, а міру цієї неточності важко встановити відразу, а лише після чималої кількості циклів моделювання. Крім того, відтворення реальних ТП в модельному часі відбувається за єдино встановленими правилами. Реалізація моделі не враховує, що на певному етапі агенти (елементи, які створюють події) можуть отримувати додаткову інформацію для прийняття більш раціонального рішення. А тому весь подальший перебіг процесу може бути іншим.

Значні складнощі вносять в оптимізацію сукупності ЛЛ стохастична природа вхідних потоків (замовлень). Зокрема, в дослідженнях приймалось, що вхідні потоки є незалежними. З таким припущенням важко погодитись, враховуючи процеси інтеграції, наявні в сфері вантажних перевезень. Наявність інформаційних потоків, інтеграція транспортних підприємств приводять до того, що прийняття рішення в системах масового обслуговування, яким є

транспортно-логістичне обслуговування вантажопотоків декількох суміжних регіонів, є складною задачею з високим рівнем невизначеності.

Доволі часто задачі організації ТП є задачами експоненціальної складності. Збільшення розміру початкових даних (кількості транспортних пунктів, маршрутів, АТЗ тощо) на одиницю призводить до e -кратного збільшення необхідного часу для пошуку оптимуму; подвоєння розміру даних збільшує необхідний час у квадрат.

Для вирішення сформульованої проблеми застосовують різні класи детермінованих моделей зовнішнього середовища. В межах кожного класу вхідний потік замовлень можна описати параметрично. Властивості повторюваності та стохастичності характерні більшості випадкових потоків, що зустрічаються в природі та технічній діяльності людини. Використання підходу, що ґрунтується на періодичних корельованих випадкових процесах, до аналізу та моделювання вхідних стохастичних потоків дає змогу якнайкраще описати властивості транспортних систем. При цьому враховують регулярні, детерміністичні закони, а також випадкові завади і збурення, що можуть нести як корисну, так і некорисну інформацію про систему. Великої уваги у вирішенні проблеми моделювання ТМО такого класу заслуговують періодичні потоки. Їх основною перевагою є те, що стохастичні періоди, які відтворюються із певним тактом, є джерелами інформації для корегування правил наступних кроків моделювання. Однак, теорія стохастичних періодичних потоків є мало розвиненою на даний час. Тому першочергово потрібно виявити вплив параметрів періодичних потоків на перебіг ТП.

Про важливість ІМ при розв'язуванні широкого кола транспортних задач, а також про історичний розвиток методів імітаційного моделювання де вказано очевидні переваги цих методів. Однак науковці упускають відомі недоліки, зокрема – неточність відтворення об'єкта дослідження.

ІМ найчастіше використовують у дослідженні мультимодальних ТС. Вагомі результати імітаційного моделювання можна відмітити в напрямку мультимодальних перевезень із відображенням взаємодії транспортних засобів у

вузлах мережі [92]. Зокрема, зроблено огляд методів моделювання матеріальних потоків в логістичних системах. Найбільшої значимості надається методам ТМО і мережам Петрі. Науковці наголошують, що найбільш вагомим недоліком обох методологій є те, що в них відсутній опис в явному вигляді поведінки, а саме – динаміки зміни станів ТП. Виконаний аналіз методів дав підстави стверджувати, що їх треба обирати гнучко, враховуючи властивості конкретної логістичної системи.

Сучасні методи розв'язування задач імітаційного моделювання суттєво полегшені застосуванням універсальних комп'ютерних програм. Відомі пакети імітаційного моделювання Simulink (The MathWorks, США), VisSim (PTV Planung Transport Verkehr AG, Німеччина), Model Vision (MicroSoft Corporation), IBM Statemate HyTech (IBM Corporation), AnyLogic (The AnyLogic Company, Росія). Однак, для більш глибокого аналізу ТП потрібно створювати спеціалізовані процедури і функції. Наприклад, в представлених результатах використано універсальну мову програмування Python для написання нових програмних продуктів. На базі розроблених ІМ виконано експерименти на декількох простих модельованих тестових структурах ЛЛ. Імітаційні експерименти показали працездатність розроблених алгоритмів при їх застосуванні до диспетчеризації. Однак, не дивлячись на власну гнучкість, використаний алгоритм, що базується на застосованих сценаріях перетворення матеріальних потоків, не може вирішити проблему ефективного використання вже доступної інформації, або застосувати прогнозування на основі апріорної інформації. Тому для досягнення поставленої мети він не є придатним.

Для дослідження вантажопотоків наукові установи широко застосовують ІМ, а останніми роками – імітаційне мікромоделювання [96]. Вчені передбачають, що і в подальшому обсяги перевезення вантажів зростатимуть. Мікросимуляцію діяльності АТП з виконання процесу перевезення вантажів називають єдиним шляхом, який дає змогу відобразити в широких масштабах задоволення зростаючого попиту на перевезення. Підходи, що базуються на діяльності, передбачають місце, час, тривалість, спосіб і маршрут перевезень та

інші характеристики. Зазвичай, експерт з мікросимуляції транспортного процесу закладає основу для розробки більш поведінково-реалістичної та надійної моделі попиту на фрахт, що буде здатна аналізувати різні політики АТП. Основною мотивацією дослідження був вибір поведінки АТП у США при виконанні вантажних перевезень, і тому було проведено загальнодержавну мікросимуляцію. Основним недоліком досліджень такого роду є їх сукупний характер, який перешкоджає розвитку мікросимуляції на основі індивідуального агента. Це є ключовим недоліком, який серйозно поставив під сумнів практичність моделей на сучасних ринках вантажних перевезень, де посилення глобалізації все більше спонукає транспортні підприємства застосовувати концепції управління ЛЛ. У цьому дослідженні було розроблено широкомасштабну поведінкову структуру. Не враховано також, що використання нових принципів опрацювання вхідних потоків та вхідної інформації, яке базується на відомих закономірностях, дає значно вищий ефект, ніж обґрунтування рішення про вибір конфігурації ЛЛ.

1.3. Аналіз дослідження вхідних потоків за сумісністю замовлень

Впродовж 80-90-х років минулого сторіччя значна увага приділялась вченими функціональним залежностям між елементами потоків замовлень. Залежності порядку (ЗП) описують взаємозв'язок порядку між списками об'єктів у вхідній інформації, зокрема, коли інформація стосується замовлень, які виникають. ЗП можуть допомогти зрозуміти семантику наборів даних та комп'ютерних програм, що їх обробляють. Крім того, існування ЗП може надати підказки щодо того, які обмеження цілісності діють для прийняття відповідних рішень. Впродовж понад двох десятиків років науковці вирішують проблему виявлення ЗП від параметрів замовлень принципово, характеризуючи простір пошуку, розробляючи та доводячи правила скорочення обсягів даних та довжини алгоритмів, та представляючи алгоритми, наприклад ORDER, який знаходить усі ЗП [97]. У всебічній оцінці алгоритм був ефективним навіть для дуже великих наборів даних. Однак, ЗП є часто прихованими або такими, які важко

аналізуються. Дослідники використали підхід, який перевершує існуючі два найсучасніші алгоритми Лангера і Ноймана та Fastod-алгоритм [97]. Науковці довели, що коли між двома списками замовлень є залежність, то між ними існує й сумісність, тобто здатність проявляти найвищі параметри якості при заданій послідовності їх виконання. Однак, розуміння сумісності стосується статичних списків замовлень у даному випадку, і у такому вигляді його не можна застосовувати для динамічного потоку інформації.

Процес транспортно-експедиторського обслуговування визнано складним технологічним процесом у багатьох працях. Складність характеризується наявністю великої кількості альтернатив на різних стадіях прийняття рішень [98]. Однак, проблема ще більш ускладнюється тим, що громіздкі потоки вхідної інформації до АТП не відображають прихованих зв'язків між даними. Внаслідок цього оперативні завдання для парків АТЗ виявляються слабо прорахованими, а окремі задачі організації процесу перевезень набувають статусу таких, що не розв'язуються, або є слабо підготовленими до формалізації.

Відомі спроби вирішити дану проблему шляхом створення автоматизованої системи управління (АСУ) транспортним процесом. Нові якості сучасних АСУ полягають у тому, що виявлені й описані зв'язки та обмеження процесу виконання замовлень, заснованого на обліку наявних матеріальних і трудових ресурсів АТП, а також застосовано методи динамічного налаштування ресурсів АТП. Проте, більшість відомих АСУ, у тому числі й згадана, не справляються з громіздким набором даних у потоках інформації й не обробляють їх історію.

Задачі маршрутизації і складання розкладів АТЗ при застосуванні часових допусків (часових вікон) визнані NP-складними в сильному сенсі. Це означає, що для успішного пошуку їх розв'язків застосовують евристичні або метаявристичні алгоритми, що не може забезпечувати гарантованого оптимуму. Складність алгоритмів зростає експоненційно зі збільшенням обсягу початкових даних. Тому одним з напрямків удосконалення розв'язування таких задач є класифікація

потоків вхідних даних.

Проблеми з маршрутизацією перевезень, виконання яких обмежене часом, виникають у випадках, коли послуга у перевезенні вантажів надається клієнтам, які встановлюють терміни обслуговування та найбільш ранні обмеження на обслуговування. Розглянемо, наприклад, ситуацію, коли готова продукція розподіляється від виробничого підприємства або складу до декількох оптових та звичайних продавців. Кожен клієнт (оптовий продавець або постачальник) заздалегідь розміщує замовлення фіксованого розміру та вказує інтервал часу (часове вікно) для доставки. Керівники збуту виробничого підприємства несуть відповідальність за розподіл відправлень на транспортні засоби та розробку мінімальних витрат на виконання маршрутів та графіків, що дозволяють, якщо це можливо, обслуговувати всіх клієнтів у межах їхнього часового вікна. В статті [103] запропонована математична модель та алгоритм на основі оптимізації для вирішення описаної вище задачі. Однак, автор статті використав критерій мінімального пробігу АТЗ. Сучасний ринок вантажних перевезень склався так, що ціна за перевезення встановлюється залежно від обсягу вантажу і довжини їздки з вантажем, а витрати АТП залежать від загального пробігу, узгодження дій перевізника в часі. Тому названі дослідження не розкривають повноти усієї проблеми.

Ефективному застосуванню «рефакторінгу» для полегшення розв'язання складних комбінаторних задач де показано, що в окремих випадках зменшення чисельності факторів для отримання точного і стійкого розв'язання задачі є успішним. Однак, ці й подібні дослідження скеровані на допомогу у конструюванні комп'ютерних програм, для яких бази даних вважаються сформованими і статичними. Аналіз та класифікація вхідних даних авторами не розглядалися.

Враховуючи виконаний аналіз, було сформульовано таку робочу гіпотезу: ефективність виконання сукупності замовлень на перевезення вантажів парком автотранспортних засобів формується параметрами організаційно-технологічної сумісності самих замовлень, серед яких можна виділити множину

таких, які для заданого парку АТЗ можуть бути виконані за максимальним передбачуваним результатом.

1.4. Висновки за розділом 1

Проведений аналіз науковий доробок свідчить про те, що проблема нескоординованості дій різних автотранспортних підприємств залишається актуальною. Для її вирішення необхідно проаналізувати вхідні потоки замовлень на перевезення вантажів при умові, що провізні спроможності парку автотранспортних засобів, які обслуговують їх, можуть динамічно змінюватись. Також необхідно відобразити за допомогою імітаційного моделювання динаміку вхідного потоку і стан транспортної системи, яка його обслуговує, за певними тактичними діями.

Огляд літературних джерел показує, що на відміну від пуассонівських стаціонарних потоків більшість завдань дослідження періодичних потоків залишаються невирішеними, насамперед це стосується оцінювання інтенсивності потоку. Відомі методи ІМ є недостатньо ефективними для виявлення закономірностей утворення потоків замовлень на міжміські перевезення вантажів і їх обслуговування. Перспективними на даному етапі розвитку наукових досліджень є агентні підходи, які можуть бути застосовані для відображення транспортних процесів на мережі, оскільки саме так можна змоделювати їх взаємозалежність.

При оцінюванні ефективності організаційно-технологічної взаємодії автотранспортних підприємств та інших транспортно-логістичних підприємств не можна задовольнятися лише симуляційними моделями, оскільки вони не розкривають сутність транспортних процесів. Транспортні процеси при обслуговуванні єдиного вхідного потоку замовлень повинні базуватись на нових принципах синтезу, оскільки у них закладається синергетичний ефект.

РОЗДІЛ 2 СТРУКТУРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ІНТЕГРОВАНИХ ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ

2.1. Теоретичні підстави ефективної взаємодії автотранспортних підприємств на засадах колективної стратегії

Для утворення та успішного функціонування автотранспортного підприємства необхідною є певна виробнича структура, що складається з функціональних одиниць, які поєднуються відповідними зв'язками. Якщо такої мінімальної кількості елементів немає, тоді підприємство взагалі не утворюється або не спроможне виконувати наперед визначені функції [110]. Однак, існують випадки, коли підприємство, під впливом зовнішнього середовища, відчуває брак функціональних елементів, або потужність таких елементів є недостатньою. Такими елементами можна поповнити автотранспортне підприємство із зовнішніх джерел (аутсорсинг). Це відбувається шляхом взаємодії з партнерами, об'єднанням зусиль декількох автотранспортних підприємств, поглинанням, або розширенням.

Злиття - є об'єднання підприємств на добровільній основі. Поглинання - процес, у якому одне підприємство купує інше. Поглинаюче підприємство стає юридичною особою, а те, що поглинається, ліквідується із передачею всі майнових зобов'язань. В результаті з'являється більше й фінансово могутніше підприємство. Злиття і поглинання підприємств автомобільного транспорту проводять для:

- збільшення ринкової частки для посилення впливу на цінову політику в галузі;
- виходу на новий ринок, тобто розширення ринкового портфеля;
- пониження конкуренції за рахунок покупки конкурента;
- отримання ефекту від збільшення масштабів діяльності (за рахунок низької вартості ресурсів);
- об'єднання знань і досвіду фахівців різних підприємств;
- об'єднання фінансових ресурсів різних підприємств;

➤ ефективного використання вільних ресурсів, таких, наприклад, як гроші на депозитних банківських рахунках.

Автотранспортні підприємства також можуть створювати і стратегічні альянси для впровадження якихось короткострокових проектів, наприклад, для зниження рівня конкуренції (за рахунок домовленостей) і зростання рівня довіри між партнерами. При кардинальній зміні структури й цілісності автотранспортне підприємство може також змінювати і свій тип. Наприклад, створювалося змішане автотранспортне підприємство шляхом об'єднання пасажирського й вантажного транспорту для виконання як пасажирських, так і вантажних перевезень, а через деякий час обсяг вантажних перевезень починає зменшуватися, це може призвести до того, що змішане підприємство стане, приміром, суто пасажирським автотранспортним підприємством, тим більше, якщо потреба в пасажирських перевезеннях буде зростати, а вантажні перевезення будуть усе більш нерентабельними. До найважливіших причин розділення підприємств відносять зміну цілей розвитку підприємства, недостатню ефективність відокремленої частини підприємства, потребу в отриманні фінансових ресурсів.

Однак, у кожному випадку, кооперація підприємств супроводжується підвищенням рівня спеціалізації кожного з її учасників. Спеціалізація – це поділ праці всередині галузі. Метою цього поділу є підвищення продуктивності праці [32]. Найголовнішою ознакою спеціалізації є виробництво певної послуги, або її частини. Спеціалізація веде до того, що перевізник, як правило, надає оригінальні послуги, які найбільш вдало вдається виконувати саме йому. Отже, спеціалізація обумовлює об'єктивну необхідність товарного обміну між членами суспільства. Наявність такого обміну внаслідок спеціалізації веде до удосконалення виробництва. Уже давно відомо, що відсутність спеціалізації, так звана самозабезпеченість у господарстві, породжує неефективність виробництва.

Спеціалізація забезпечує певні переваги.

По-перше, вона значно збільшує продуктивність праці. Це пов'язано з тим, що спеціалізація створює умови для організації безперервного (поточного)

процесу виробництва, застосування найдосконаліших засобів праці, впровадження механізації та автоматизації виробництва, досягнення повного і ефективного використання технологічного устаткування, удосконалення структури підприємства, підвищення кооперації праці.

По-друге, спеціалізація у виконанні виробничих функцій веде до економії часу, позбавляє виробництво від зайвих витрат, особливо під час заміни одного виду діяльності іншим видом.

По-третє, спеціалізація дає можливість краще використовувати галузево-регіональні особливості. Наприклад, автотранспортне підприємство має добре налагоджені зв'язки і транспортні технології доставки певних видів вантажів по заданій мережі. Отже, географічна спеціалізація виробництва має важливе значення для забезпечення ефективного використання такого важливого ресурсу, як транспортна мережа.

Недоліком спеціалізації економісти називають залежність суспільства від спеціалізованих працівників. «Страйки докерів або водіїв вантажних автомашин здатні дуже швидко привести до нестачі товарів» [118]. Тобто, вузька спеціалізація перевізника знижує рівень його надійності.

Поділ праці, який здійснюється між підприємствами і галузями, іноді дуже важко врахувати. Виникають непередбачені диспропорції між ланками спеціалізованого виробництва. В одних підприємствах і регіонах виникають надлишки спеціалізованої продукції, що створює проблему їхньої реалізації, а в інших відчувається гостра нестача комплектуючих деталей і вузлів, що стримує розвиток виробництва.

Проте в кінцевому підсумку спеціалізація забезпечує більше переваг, аніж недоліків, і людство використовує цю форму організації виробництва для підвищення продуктивності праці.

Спеціалізація тісно пов'язана з кооперуванням, розвиток якого заснований на посиленні та поглибленні спеціалізації.

Кооперація – це особлива форма тривалих раціональних виробничих зв'язків між спеціалізованими самостійними підприємствами порівняно з

іншими підприємствами, які не мають таких зв'язків. Іншими словами, кооперування є формою виробничих зв'язків між підприємствами різних галузей, що спільно виготовляють певний вид кінцевої продукції. Відомі види кооперування: предметне (технологічне); галузеве (міжгалузеве); регіональне; міждержавне.

Окрім спеціалізації та кооперування існують інші форми організації виробництва. А саме: концентрація виробництва означає його усупільнення через збільшення розмірів підприємств; зосередження робочої сили, засобів виробництва і випуску продукції на більш великих підприємствах.

Отже, якщо автотранспортні підприємства кооперуються, то це призводить до обов'язкового підвищення рівня спеціалізації виконання замовлень. Замовлення, які виконує один перевізник, повинні бути технологічно сумісними, а послідовність їх виконання має призводити до вищих показників ефективності.

2.2. Формулювання і методика розв'язання задачі оптимізації транспортного процесу у ланцюгах постачань транспортних послуг

Задано множину замовлень $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_n\}$, яка спрогнозована на деякий період T . Замовлення виникають довільно і незалежно. Крім цього, кожне замовлення характеризується пунктами відправлення і призначення вантажу, які позначимо як q_v та q_y , де $v, y = 1..M$. Відстань доставки $l_{v,y}$ – відома. З достатньою ступінню точності можна надати оцінку витрат часу на перевезення вантажу між пунктами q_v і q_y . Однак, для умов даної задачі використаємо величину $a_{i,j}^m$ - це час руху автотранспортного засобу m під час виконання замовлення j , яке виконується після виконання замовлення i .

Цей час є більш узагальнений, аніж час, що є необхідним для виконання їздки на відстань $l_{v,y}$. Час $a_{i,j}^m$ суттєво залежить від завершення виконання попереднього замовлення i , оскільки пункт останнього розвантаження може не співпадати із пунктом наступного навантаження, а також може бути виконаний порожній пробіг. Формалізовано, якщо $a_{i,j}^m = \infty$, то це означає, що

замовлення j не може виконуватись після замовлення i . Є також витрати часу на простій АТЗ у пунктах відправлення і призначення вантажу $a_{i,j}^S$, які виникають внаслідок неузгодження операцій при виконанні транспортного процесу. Часові затримки $a_{i,j}^S$ виникають тому, що дозволені часові обмеження замовлень i, j можуть не співпадати і через неритмічність процесу [111]. Для цього розглянемо такий параметр, як часове вікно [112]. Кожне Z_i замовлення характеризується часовим вікном W_i , яке визначає дозволений термін виконання замовлення, тобто:

$$W_i = t_i^e - t_i^b, \quad (2.1.)$$

де t_i^e - найбільш можливий пізній час закінчення виконання замовлення;

t_i^b - найбільш можливий ранній час початку виконання замовлення.

У перевізника є в наявності R автотранспортних засобів. Цими транспортними засобами потрібно виконати означену множину замовлень Z . Однак, наявної кількості АТЗ може бути недостатньо, тобто $R < R_z$, або їх кількість може бути надлишковою, тобто $R > R_z$, де R_z – кількість фактично необхідних автотранспортних засобів для виконання заданої множини відомих замовлень. Припускається, що для перевезення вантажу можна задіяти R_0 АТЗ автотранспортних підприємств-партнерів на правах оренди. Головну вигоду від цього орендування може отримати орендар. При наявності інформації про сукупність замовлень, яка відома тільки йому, перевізник приймає рішення про можливість їх виконання. При цьому можливі такі його дії.

1. Здати в оренду власний рухомий склад. Дія приймається за допустиму, якщо рентабельних замовлень при $R > R_z$ не вистачає. Вартість оренди одиниці автотранспортного засобу P_r приймається на увесь період T . Таким чином, дохід від здачі в оренду усіх транспортних засобів можна визначити за виразом:

$$D_1 = (R - R_z) \cdot P_r, \quad (2.2.)$$

2. Взяти в оренду додаткові автотранспортні засоби, яких не вистачає, тобто якщо $R < R_z$. Дія виконується, якщо вигідних замовлень є більше, ніж вільних АТЗ. У цьому випадку приймається, що витрати на оренду транспортних

засобів перевізника C_r відносяться на собівартість на увесь період T . Витрати на оренду визначаються з виразу:

$$D_2 = (R_z - R) \cdot C_r, \quad (2.3.)$$

3.Купити інформацію про невідомі перевізнику замовлення. Ця дія виконується тоді, коли $R > R_z$. Вартість інформації про одне замовлення - C_z . Власне, купівля додаткової інформації відбувається, якщо замовлень у перевізника недостатньо, і така дія є альтернативою до здавання в оренду власних АТЗ. Однак, при цьому є ризик, що придбане і прийняте до виконання замовлення може бути нерентабельним.

4.Продати інформацію про наявні, проте не прийняті до виконання замовлення. Ціна продажу - P_z . Це рішення приймається, коли кількість наявних замовлень є більшою, тобто $R < R_z$, і вони є збитковими для перевізника.

5. Виконати замовлення власними автотранспортними засобами. У цьому випадку здійснюються витрати АТП на рух транспортних засобів C_m і на їх простої C_s . Для виконання цієї дії необхідно, щоб наявних у перевізника транспортних засобів було достатньо для виконання замовлень, а такі замовлення були рентабельними. В результаті перевізником отримуються надходження коштів від виконаних перевезень P_m , розмір яких залежить від пробігу АТЗ з вантажем при виконанні даного замовлення l_z .

Дії 1-5 приймаються для кожного замовлення зокрема так, щоб загальний прибуток від перевезень був максимальний. Очевидно, що дії 1-5 є взаємно суперечливі. Тому задача максимізації прибутку є багатоваріантною, оптимізаційною. Для її розв'язування введемо змінну $x_{i,j} = \{0,1\}$. Змінна $x_{i,j}$ набуває значення «0», якщо замовлення z не виконується власними автотранспортними засобами, і набуває значення «1», якщо замовлення виконується. Вираз для знаходження максимального прибутку матиме вигляд:

$$\begin{aligned}
\Pi = & (R - R_z) \cdot P_r - (R_z - R) \cdot C_r - (R_z - R) \cdot C_z + \\
& + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N a_{i,j}^m \cdot (1 - x_{i,j}) \cdot P_z + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N a_{i,j}^m \cdot x_{i,j} \cdot P_m - \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N a_{i,j}^m \cdot x_{i,j} \cdot C_m - \\
& - \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N a_{i,j}^s \cdot x_{i,j} \cdot C_s \Rightarrow \max
\end{aligned} \tag{2.4}$$

У виразі (2.4.) перший-четвертий члени відповідають описаним діям 1-4. П'ятий член - це надходження коштів від виконання перевезень за замовленнями власними АТЗ. Шостий член - це витрати на перевезення за замовленнями власними АТЗ при виконанні їздок із вантажем. Сьомий член - це витрати, які пов'язані із простоями і затримками АТЗ при виконанні замовлень.

Для розв'язування задачі введено ще два фіктивних замовлення: Z_0 - формальний початок ІТП у послідовності виконання замовлень, Z_F - формальне закінчення ІТП наприкінці терміну T .

Змінна $x_{0,j}$, а також величина $a_{i,j}^m$, означають виконання замовлення Z_j без виконання жодного попереднього замовлення. Таким чином, це - змінні, які визначають «чисте» виконання замовлення. У цьому випадку організація процесу не впливає на тривалість виконання замовлень.

При складанні плану перевезень повинні виконуватись обмеження на змінні:

$$\sum_{j=1}^N x_{i,j} - \sum_{i=1}^N x_{i,j} = 0, \tag{2.5}$$

$$\sum_{j=1}^{N+F} x_{i,j} - \sum_{j=0}^N x_{i,F} = -R_z, \tag{2.6}$$

$$\sum_{j=1}^{N+F} x_{i,j} - \sum_{j=0}^N x_{j,F} = R_z, \tag{2.7}$$

$$\sum_{j=1}^N x_{i,j} \leq 1, \tag{2.8}$$

$$\sum_{i=1}^N x_{i,j} \leq 1, \quad (2.9)$$

$$\sum_{i=1}^N (|x_{0,i} - x_{i,F}|) = R_z, \quad (2.10)$$

де $x_{i,F}$, $x_{j,F}$ - формальна змінна, яка відповідає завершенню виконання замовлень Z_i , Z_j , відповідно;

$x_{0,i}$, $x_{0,j}$ - формальна змінна, яка відповідає початку виконання замовлень Z_i , Z_j , відповідно;

R_z - наперед задана кількість АТЗ, які використовуються в процесі виконання перевезень. Ця величина застосовується тому, що при кожному кроці моделювання спочатку невідомо, при якому значенні R_z числове значення критерію (2.4.) буде максимальним. Тому величина R_z змінюється в межах $1 \leq R_z \leq R$, де R - максимальна кількість АТЗ (власних та орендованих), які можна залучити до перевезень. Очевидно, що $R < N$.

Обмеження (2.5.) означає, що кількість вихідних автомобілепотоків для виконання j -го замовлення не повинна перевищувати кількості вхідних. Таке обмеження чинне для усіх змінних $x_{i,j}$, $i, j = 1..N$ і не стосується фіктивних.

Обмеження (2.6.) означає, що кількість вихідних автомобілепотоків від формального початку ІТП не перевищує наперед заданої величини R_z . Така ж кількість автомобілепотоків повинна входити у формальне завершення ІТП, про що свідчить обмеження (2.7.).

Оскільки в даній задачі замовлення є унітарними, тобто кожне з них виконується за одну їзду з вантажем, то застосовано обмеження (2.8.), яке означає, що кількість вихідних автомобілепотоків для виконання j -го замовлення не перевищує одного. З цієї ж причини обмеження (2.9.) означає, що кількість вхідних автомобілепотоків для виконання j -го замовлення не перевищує одного.

Для того, щоб в результаті розв'язання задачі оптимізації позбутись циклічних автомобілепотоків, які не беруть початок у формальний момент початку ІТП Z_0 і не завершуються у формальний момент Z_F , було введено обмеження (2.10.). Це обмеження означає, що кількість маршрутів від

формального початку до формального завершення процесу в цілому має дорівнювати кількості задіяних автотранспортних засобів, що фактично виключає можливість циклів, отже і неоднозначних результатів моделювання. Обмеження (2.10.) власне приводить задачу оптимізації до нелінійного вигляду, оскільки у його виразі використано модуль різниці змінних.

2.3. Показники потоку замовлень

Незважаючи на випадковий характер замовлень, між ними можна встановити організаційні відношення, які можуть послугувати ознаками для побудови оптимального за структурою інтегрованого транспортного процесу (ІТП). До таких відношень відносяться: сумісність, концентрація нерівномірність, впорядкованість [113].

Відношення сумісності множини замовлень означають, що включення їх в єдиний потік виконання не призводить до зниження ефективності перевезень. У відомих дослідженнях застосовано оцінку сумісності замовлень попарно [113]. Відповідно, застосовано дискретний показник сумісності замовлень за трьома категоріями: цілком сумісні, частково сумісні і несумісні. Однак, така оцінка є неповною і недостатньою для підбору замовлень в один процес, якщо їх є більше, ніж два. Також таку оцінку неможливо застосувати для обґрунтування взаємодії різних автотранспортних підприємств. Сумісними назвемо такі замовлення i, j , виконання яких у послідовності $i \rightarrow j$ одним автотранспортним засобом характеризується повною відсутністю незавантажених їздок і простоїв в очікуванні завантаження. Для оцінки ступеню сумісності застосуємо показник, який характеризує сумісність виконання замовлень у послідовності $j \rightarrow i$.

$$K_{j,i}^c = \frac{\alpha_{0,i}}{\alpha_{j,i}}, \quad (2.11.)$$

де $\alpha_{0,i}$ - тривалість виконання замовлення Z_i ізольовано, без попереднього виконання жодних замовлень, а також без підготовчих дій (нульового пробігу, очікування завантаження тощо);

$\alpha_{j,i}$ - тривалість виконання замовлення Z_i після виконання замовлення Z_j .

Аналогічно можна використати обернений показник, який вказує на сумісність виконання замовлення в порядку $i \rightarrow j$:

$$K_{i,j}^c = \frac{\alpha_{0,j}}{\alpha_{i,j}}, \quad (2.12.)$$

Для прикладу обчислимо показник сумісності перевезення вантажів за такими замовленнями, які були зафіксовані на транспортному підприємстві у вхідних заявках на виконання перевезень.

Таблиця 2.1.

Фрагмент заявки на перевезення вантажів до автотранспортного підприємства станом на 1.07.2025

| Загальна кількість АТЗ по менеджеру | Контрагент | Кількість АТЗ на завантаження, яку заявляє менеджер | Маршрут | Тривалість | Вид вантажу | Кількість АТЗ на завантаження, яку дає логіст | Кількість АТЗ, якої не вистачило |
|-------------------------------------|---------------------------|---|----------------------------------|--------------------|-------------|---|----------------------------------|
| 11 | Інтерпайп Україна | 8 | Дніпро-Нікополь-Дніпро | по факту вивезення | Труби | 8 | 0 |
| | Нібулон | 3 | Нові Біляри - Миколаїв | 1 | Ячмінь | 3 | 0 |
| 17 | ЛМХЗ | 3 | Миколаїв - Пустомити | 3х | Пісок | 3 | 0 |
| | Оліяр | 1 | Пустомити - Ставчани(екскаватор) | 1 | Трал | 1 | 0 |
| | Агрофірма Джерельце | 13 | Снігурівка - Миколаїв | 1 | Зернові | 12 | 1 |
| 9 | Сантрейд | 1 | Дніпро - Кременчук 2х | 2х | Лушпиння | 1 | 0 |
| | | 5 | Дніпро - Дніпро | 2х | Шрот | 5 | 0 |
| | Кормлайф | 3 | Харків - Словянськ | 1 | Комбікорм | 3 | 0 |
| 27 | | 1 | Черкаси - Дніпро | 1 | Комбікорм | 1 | 0 |
| | Миронівський хлібопродукт | 1 | Павлоград - Миронівка | 1 рейс = 2 доби | Соняшник | 1 | 0 |
| | | 8 | Черкаси - Вінниця | 1 | Комбікорм | 8 | 0 |
| | Санкорм | 5 | Березанка - Одеса | 1 | Шрот | 5 | 0 |
| | ТОВ Журавель | 1 | Дмитрівка - Южний | 1 | Пшениця | 1 | 0 |
| | Захід - Агро МХП | 8 | Самбір - Красне | 1 | Ячмінь | 8 | 0 |
| | Мегінвест | 3 | Запоріжжя - Запоріжжя | з 7 00 до 22 00 | Шлак | 2 | 1 |
| 26 | Агро+ | 6 | Херсон по місцю | 1 | Зернові | 5 | 1 |
| | Мелітопольський ХПП | 6 | Геніченськ по місцю | 1 | зернові | 6 | 0 |

| | | | | | | | |
|----|----------|----|--------------------------------|--------------------|----------|----|---|
| | Монделіз | 5 | Кропивницький - Чорноморськ | 1 рейс = 2 доби | Соняшник | 5 | 0 |
| | | 4 | Вінниця - Чорноморськ | 1 рейс = 2 доби | Соняшник | 4 | 0 |
| | | 5 | Голованівськ - Чорноморськ | 1 рейс = 2 доби | Соняшник | 5 | 0 |
| 90 | | 90 | | | | 87 | 2 |

Замовлення 1. Зміст замовлення полягає у тому, щоб доставити унітарний вантаж з пункту А до пункту Б. Тривалість їздки – $t_{AB} = 2$ год. Часове вікно для виконання замовлення – 16 год. від початку планового горизонту, який триває 48 год.

Замовлення 2. Зміст замовлення полягає у тому, щоб доставити унітарний вантаж з пункту Б до пункту А. Тривалість їздки – $t_{BA} = 2,4$ год. Часове вікно для виконання замовлення – 12 год. після 6 год. від початку того ж планового горизонту.

Обчислимо коефіцієнт сумісності замовлень у послідовності 1→2 та 2→1. Для того, щоб виконати замовлення 2 після виконання замовлення 1, потрібно, виконавши замовлення 1 відразу після початку планового періоду, зупинитись у пункті Б впродовж 4 год. Після цього виконується замовлення 2. Таким чином, часові зв'язки будуть: $a_{0,2} = 2,4$ год.; $a_{1,2} = 6,4$ год., а коефіцієнт сумісності становить:

$$K_{1,2}^c = \frac{a_{0,2}}{a_{1,2}} = \frac{2,4}{6,4} = 0,375$$

Часові зв'язки зворотного виконання замовлень, тобто 2→1, будуть такими: $a_{0,1} = 2$ год.; $a_{2,1} = 10,4$ год., а коефіцієнт сумісності:

$$K_{2,1}^c = \frac{a_{0,1}}{a_{2,1}} = \frac{2}{10,4} = 0,192$$

Очевидно, що менше значення K_c відповідає меншій організаційній сумісності. Найвище його значення $K^c = 1$. Беручи до уваги відому класифікацію замовлень, $K^c = 1$ відповідає цілком сумісним замовленням, а $K^c = 0$ - цілком несумісним. Два замовлення, для яких $0 < K^c < 1$, назовемо

частково сумісними. Виходимо з того, що часові зв'язки $a_{i,j}$, $a_{j,i}$ можна оцінити для будь-якої пари замовлень із наперед заданої множини замовлень $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_N\}$, яку отримано на деякому горизонті прогнозування, тобто на періоді T , і яка складатиме інтегрований транспортний процес. У зв'язку з цим можна побудувати матрицю часових зв'язків $a_{i,j}$, $i, j = 0 \dots F$, де $0, F$ – фіктивні замовлення, які означають формальний початок і завершення транспортного процесу. Також можна побудувати матрицю коефіцієнтів сумісності $|K_{i,j}^c|$ для тієї ж самої множини замовлень, яку встановлено із наявного потоку заявок (табл. 2.1.). Для оцінки сумісності усіх замовлень горизонту планування використаємо середнє значення коефіцієнта сумісності:

$$K_c = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N K_c^{i,j}}{N}, \quad (2.13.)$$

Коефіцієнт (2.13.) показує наскільки сумісними в плані організації процесу вибрані замовлення в одній множині, яка планується до виконання.

При обчисленні цього коефіцієнта не береться до уваги те, що замовлення можуть виконуватись різними перевізниками, які кооперують. Тому даний коефіцієнт не є достатнім для оцінки ефективності організаційно-технологічної взаємодії.

Для оцінки концентрації замовлень на заданій території використано коефіцієнт концентрації:

$$K_k = \frac{N_z}{N_q}, \quad (2.14.)$$

де N_z - кількість замовлень, готових до виконання впродовж заданого періоду T ;

N_q - кількість транспортних пунктів (пунктів відправки і приймання вантажів), які стосуються множини замовлень, яка запланована на період T .

Потрібно взяти до уваги, що пункти відправлення вантажів, пункти приймання вантажів в інтегрованому транспортному процесі можуть збігатись. У зв'язку з цим, як доповнення до коефіцієнта (2.14.), раціонально застосовувати ще два коефіцієнти:

- коефіцієнт концентрації замовлень в пунктах відправлення вантажів:

$$K_{k.d} = \frac{N_z}{N_{q.d}}, \quad (2.15.)$$

де $K_{k.d}$ - кількість транспортних пунктів, де відбувається навантаження вантажів на період T ;

- коефіцієнт концентрації замовлень в пунктах приймання вантажів:

$$K_{k.a} = \frac{N_z}{N_{q.a}}, \quad (2.16.)$$

де $N_{q.a}$ - кількість транспортних пунктів, де відбувається приймання вантажів на період T .

Вкажемо деякі властивості коефіцієнтів концентрації замовлень.

Коефіцієнт K_k - це динамічний показник. Його числове значення для однієї і тієї ж території (множини транспортних пунктів) залежить від тривалості й від періоду планування виконання замовлень.

Максимальне числове значення коефіцієнта концентрації обмежено лише двома пунктами, незалежно від того, скільки замовлень заплановано. Мінімальне значення коефіцієнта концентрації відноситься до випадку, при якому кожне замовлення стосується двох окремих транспортних пунктів. Отже, числове значення коефіцієнта K_k коливатиметься в межах $0,5N_z \dots 2N_z$.

Коефіцієнти $K_{k.d}$, $K_{k.a}$ є також динамічними і залежать від періоду T . Максимальне числове значення коефіцієнтів $K_{k.d}$, $K_{k.a}$ обмежене одним транспортним пунктом, який може бути або відправником вантажу, або його споживачем. Мінімальне числове значення коефіцієнтів $K_{k.d}$, $K_{k.a}$ обумовлене тим, що, практично, усі транспортні пункти можуть бути відправниками і споживачами вантажів для одного процесу. Тому діапазон їх числових значень становить $1 \dots N_z$. Співвідношення коефіцієнтів $K_{k.d}$, $K_{k.a}$ із загальним коефіцієнтом K_k , а також між собою, вказує на типи маршрутів (рис. 2.1).

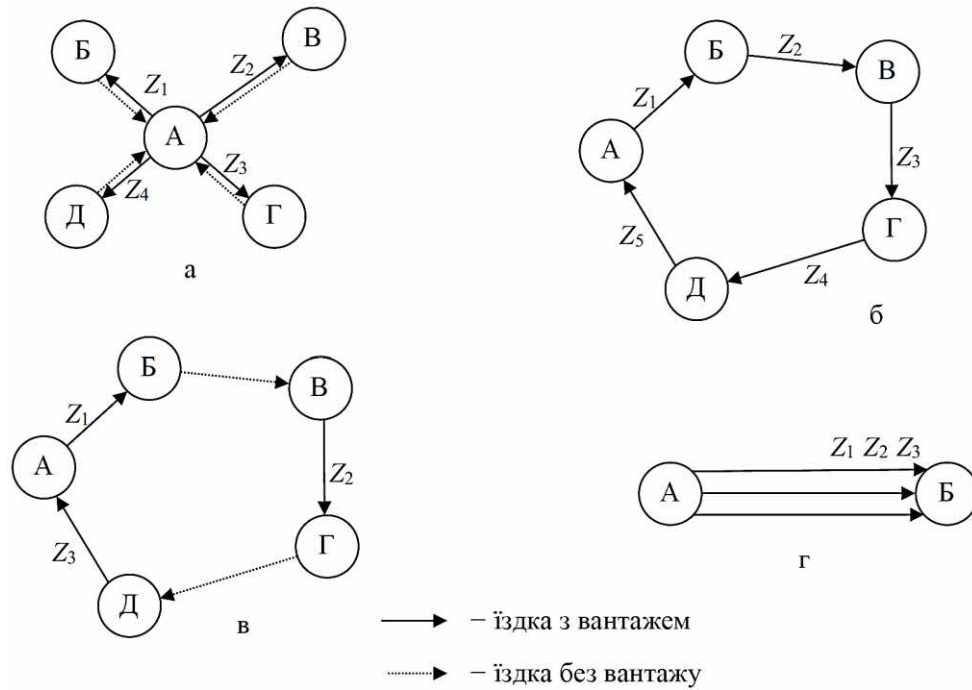


Рис. 2.1. До розрахунку коефіцієнтів концентрації замовлень

Так, на рис. 2.1.а відображено модель виконання чотирьох замовлень Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 , що полягає в перевезенні вантажу від єдиного пункту відвантаження до чотирьох інших пунктів. Коефіцієнт концентрації K_k при цьому за формулою (2.15.) визначиться як $K_k = 0,8$, коефіцієнти концентрації замовлень в пунктах відправлення $K_{k.d}$ і приймання вантажу $K_{k.a}$ становлять: $K_{k.d} = 4, K_{k.a} = 1$.

На рис. 2.1б показано модель послідовного виконання замовлень на кільцевому маршруті з розривами вантажопотоків, тобто при відсутності незавантажених їздок. Коефіцієнт концентрації визначиться як $K_k = 1$, коефіцієнти $K_{k.d} = 1, K_{k.a} = 1$.

На рис. 2.1в показано модель послідовного виконання замовлень на кільцевому маршруті за умови наявності незавантажених їздок. Коефіцієнт концентрації визначиться як $K_k = 0,6$, коефіцієнти $K_{k.d} = 1, K_{k.a} = 1$.

На рис. 2.1г показано модель виконання трьох замовлень на маятниковому маршруті зі зворотною незавантаженою їзdkою. Коефіцієнт концентрації визначиться як $K_k = 1,5$, коефіцієнти $K_{k.d} = 1, K_{k.a} = 1$.

Очевидно, що коефіцієнт концентрації, разом з його похідними величинами, відображає ті витрати часу, які потрібні на виконання їздки з

вантажом або без вантажу. З поданих чотирьох прикладів видно, що найбільш сприятливі значення коефіцієнтів є ті, для яких $K_k = 1$, $K_{k.d} = 1$, $K_{k.a} = 1$. Чим більше основний або частковий показники відхиляються від одиниці, тим більш несприятливими є умови для організації транспортного процесу.

Замовлення, які надходять перевізникові до виконання, відрізняються середньою тривалістю. Різниця тривалості виконання замовлення впливає на впорядкованість транспортного процесу [113], отже, в результаті, на ефективність взаємодії одного, або декількох автотранспортних підприємств з точки зору використання їх транспортних засобів. Часову нерівномірність замовлень оцінюємо коефіцієнтом нерівномірності, який визначається за аналогією виразом:

$$\eta_t = \frac{a_{0.i.max}^s}{\bar{a}_{0.i}^s}, \quad (2.17.)$$

де $a_{0.i.max}^s$ - максимальні витрати часу на виконання i -го замовлення, пов'язані з рухом транспортних засобів, без врахування будь-яких, попередньо виконаних, замовлень;

$\bar{a}_{0.i}^s$ - середні витрати часу на виконання i -го замовлення, пов'язані з рухом транспортних засобів.

На відміну від попередніх коефіцієнтів, коефіцієнт нерівномірності η_t стосується лише «чистої» тривалості виконання замовлення, тобто без врахування перехідних та підготовчих операцій. Мінімальне значення коефіцієнта нерівномірності $\eta_t = 1$. Чим більшою є нерівномірність тривалостей виконання замовлень, тим складнішою буде задача побудови ефективного транспортного процесу для однотипних транспортних засобів одного і того ж перевізника [114]. З іншого боку, наявність різних за тривалістю транспортно-логістичних операцій дає можливість побудови більш впорядкованого інтегрованого процесу для декількох

автотранспортних підприємств, які взаємодіють [115]. Отже, коефіцієнт η_t має оптимальне значення, яке відповідає вибраному рівню взаємодії автотранспортних підприємств. Для оцінювання процесу побудови

інтегрованого транспортного процесу за вартісним критерієм застосуємо коефіцієнт цінової нерівномірності:

$$\eta_p = \frac{p_{z \max}}{\bar{p}_z}, \quad (2.18.)$$

де $p_{z \max}$ - максимальна вартість виконання замовлення із заданої множини Z , яка залежить від обсягу виконаної роботи по даному замовленню і від цінової політики підприємства [116];

\bar{p}_z - середня вартість виконання замовлення із множини запланованих; вартість обчислюється із врахуванням обсягу виконаних робіт.

Коефіцієнт цінової нерівномірності η_p використовується для приведення оцінки ефективності інтегрованого транспортного процесу до «чистих» умов, які не враховують кон'юктуру ринку транспортно-експедиційних послуг.

Показники впорядкованості замовлень розкривають взаємозалежність замовлень, яка зумовлена організаційно-економічними або технологічними факторами. Замовлення Z_i , наприклад, може мати пріоритет у виконанні перед замовленням Z_j , що пов'язано з технологією виконання деякого процесу, якого стосуються замовлення. У такому випадку часовий зв'язок $a_{j.i} \rightarrow \infty$, а часовий зв'язок $a_{i.j}$ - скінченне число. Це узгоджується з прийнятим визначенням часового зв'язку, який $a_{i.j} = \infty$, якщо замовлення Z_j не може виконуватись після замовлення Z_i безпосередньо одним і тим ж транспортним засобом. У зв'язку з цим, для того, щоб порівняти пріоритети заданого замовлення i з іншими замовленнями, які є на горизонті планування T , застосуємо коефіцієнт часової впорядкованості:

$$K_{tw.i} = \frac{\sum_{j=1}^N a_{i.j}}{\sum_{j=1}^N a_{j.i}}, \quad (2.19.)$$

де N - загальна кількість замовлень на горизонті планування.

З формули (2.19.) видно, що якщо i -те замовлення має найвищий пріоритет серед N заданих, то будь-яке $a_{j.i} > a_{i.j}$. Отже, чим вищим буде пріоритет виконання i -го замовлення, тим більшою буде імовірність значення коефіцієнту часової впорядкованості $K_{tw.i} \rightarrow 0$.

2.4. Висновки за розділом 2

На основі аналізу системоутворюючих факторів розроблено термінологію в плануванні транспортного процесу та методику структурної оптимізації інтегрованого транспортного процесу, які впливають на господарську діяльність автотранспортних підприємств. Встановлено, що головним джерелом подальшого зростання цих підприємств є налагодження організаційно-технологічної взаємодії з партнерами на основі їх сумісності, нерівномірності, впорядкованості. Організаційно-технологічна взаємодія транспортно-логістичних підприємств тісно пов'язана зі спеціалізацією, у даному випадку – із спеціалізацією стосовно властивостей вхідних потоків замовлень. Отже, раціональні взаємозв'язки при організаційно-технологічній взаємодії автотранспортних підприємств, які виконують вантажні перевезення, потрібно також пов'язувати із ознаками сумісності транспортних замовлень, враховуючи їх часові вікна.

Запропоновано методику структурного моделювання інтегрованого транспортного процесу на основі динамічного підходу до організаційно-технологічної взаємодії вантажних автотранспортних підприємств з параметрами випадкових вхідних вантажопотоків з урахуванням ознак сумісності транспортних завдань і їх часових вікон. Сформульована задача планування виконання замовлень є розподільчою за своїм змістом, багатопараметричною і нелінійною - за видом моделі. Задачу потрібно розв'язувати методами нелінійного програмування.

Встановлено, що організаційно-технологічна сумісність замовлень залежить від порядку їх виконання в інтегрованому транспортному процесі, від часових зав'язків замовлень, їх концентрації на заданій транспортній мережі. Для оцінювання сумісності замовлень на перевезення вантажів у інтегрованому транспортному процесі розроблена їх класифікація та запропоновано відповідні відносні коефіцієнти, за числовими значеннями яких будь-які два замовлення вхідного потоку можна віднести до несумісних, частково, або повністю сумісних. Для оцінювання потоку вхідних замовлень на міжміські перевезення

вантажів запропонована система показників, яка складається з показників сумісності, концентрації, нерівномірності, впорядкованості. Такі показники можуть бути ознаками для вибору рівня взаємодії автотранспортних підприємств.

РОЗДІЛ 3 ЗАКОНОМІРНОСТІ ІНТЕГРАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ РОЗРІЗНЕНИХ СУБ'ЄКТІВ ТРАНСПОРТНО- ЛОГІСТИЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

3.1. Результати спостережень за діяльністю автотранспортних підприємств при їх кооперації

Метою функціонування будь-якого АТП є отримання максимального чистого прибутку. Прибуток залежить від обсягу виконаних замовлень, тарифів, а також собівартості виконання замовлень. Собівартість перевезення залежить від структури транспортного процесу. У сучасних умовах інтеграції виробничих процесів собівартість можна зменшити, якщо раціонально використовувати організаційно-технологічні зв'язки підприємств, які взаємодіють між собою.

Тариф для контрактної логістики (3PL-логістика) в кожному технологічному випадку призначається індивідуально. Він залежить від географії та дислокації транспортних пунктів, виду та властивостей вантажу, габаритів вантажу і його обсягу, тривалості виконання типового рейсу, необхідного графіка виконання рейсу і часу гарантованої доставки вантажу.

В магістерській кваліфікаційній роботі спостереження за діяльністю автотранспортних підприємств при їх кооперації проводились за вибіркою підприємств, які обслуговують задану географічну територію. Замовлення на перевезення вантажу по заданій території (населеному пункті, області, регіоні) можуть бути прив'язані до заданого часу, обмежені конкретним терміном. Також може бути обумовлена кількість рейсів і визначений точний маршрут руху.

Параметрами, які підлягали спостереженню, були такі:

- 1) тарифи на перевезення вантажів;
- 2) вартість логістичних послуг (оформлення замовлення, експедиція, страхування вантажів);
- 3) експлуатаційні витрати на утримання та використання парку автотранспортних засобів;
- 4) орендні відносини на ринку транспортно-логістичних послуг;
- 5) інформаційне забезпечення транспортного процесу.

При дослідженні вказаних параметрів була обґрунтована вибірка обсягом 34 автомобільних транспортних підприємств з усіх АТП, які виконують міжміські (внутріобласні і міжобласні) перевезення вантажів західного та центрального регіону України. Усього таких підприємств, які містяться в бізнес-каталогах, налічується 781 по вказаних регіонах України. Кількість і марочний склад парку транспортних засобів таких підприємств у бізнес-каталогах не вказано.

Дані спостережень було розміщено у варіаційні ряди та проранговано. Побудовані ряди даних перевірено на стійкість. Відкинуто промахи спостережень (рис. 3.1.-3.3.). У табл. 3.1 надані середні тарифи на міжміські перевезення по Україні автотранспортними засобами різної вантажності. Потрібно зауважити, що на сайтах окремих АТП, а також в прайс-листах, вказується гнучка система тарифів, яка залежить від відстані перевезень і обсягу вантажу, який перевозиться.

Таблиця 3.1

Середні тарифи на перевезення вантажів автомобільним транспортом

| Вантажопідйомність автотранспортного засобу, т | Довжина, м | Обсяг, м ³ | Тариф за 1 км, грн. |
|--|------------|-----------------------|---------------------|
| до 20 т | 13,6 | до 120 | від 20 грн./км |
| до 10 т | до 8,5 | до 60 | від 17 грн./км |
| до 5 т | до 6,5 | до 35 | від 12 грн./км |
| до 2 т | до 4,2 | до 20 | від 5 грн./км |

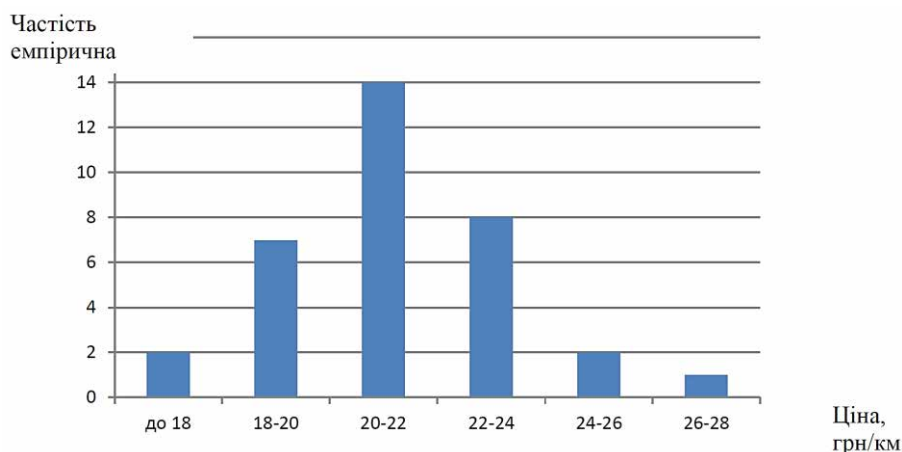


Рис. 3.1. Розподіл тарифів на перевезення вантажів у міжміському сполученні автотранспортними засобами вантажопідйомністю до 20 т

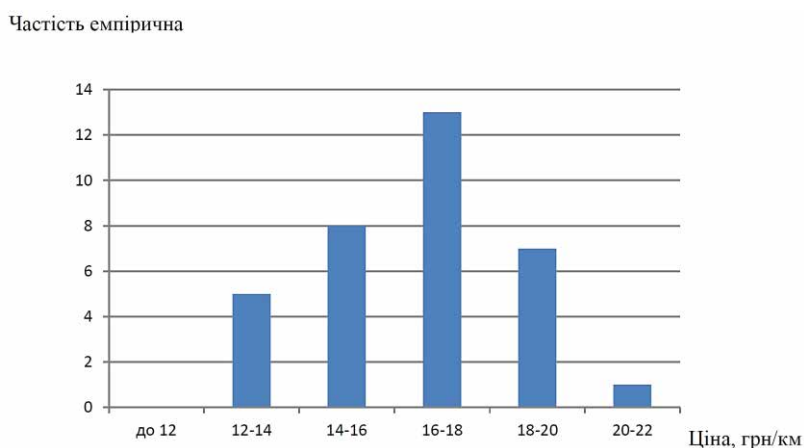


Рис. 3.2. Розподіл тарифів на перевезення вантажів у міжміському сполученні автотранспортними засобами вантажопідйомністю до 10 т

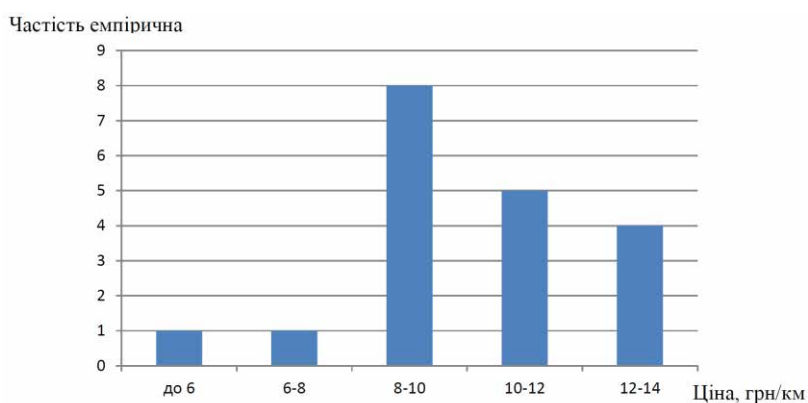


Рис. 3.3. Розподіл тарифів на перевезення вантажів у міжміському сполученні автотранспортними засобами вантажопідйомністю до 5 т

Ціноутворення на транспорті є складним процесом, що пов'язано з різноманітністю вантажів, які транспортуються. Для перевезення вантажів і

розрахунку за послуги транспортні підприємства встановлюють вантажні тарифи. Формування транспортних тарифів має певні особливості, пов'язані з особливостями транспорту як сфери діяльності. Розглянемо основні з них.

1. Транспортний тариф залежить від умов транспортування, витрат на транспортування на різних ділянках шляхів, оптимальної пропускної здатності транспортної мережі.

2. Транспортний тариф залежить від виду вантажу, що транспортується, відстані, швидкості перевезення, виду відправлення. У розрахунку транспортного тарифу враховуються тип рухомого складу, ступінь завантаженості транспортного засобу тощо.

3. Транспортні підприємства використовують різні ресурси (залізо, вугілля, нафту, газ, електроенергію, будівельні матеріали тощо), вартість яких входить у собівартість перевезень. Тому ціни на ці ресурси істотно впливають на витрати транспортних підприємств і вартість тарифу загалом.

Перелічені особливості зумовлюють складність процесу ціноутворення у сфері транспортних перевезень порівняно з процесами ціноутворення в інших галузях національної економіки. Але основні принципи визначення тарифів автомобільного транспорту є аналогічними іншим видам. Вони встановлюються на рівні, що забезпечує відшкодування собівартості перевезень і отримання прибутку, який можна буде використати для розвитку автотранспортного підприємства і стимулювання праці. На собівартість перевезення вантажів автомобільним транспортом впливає багато чинників: кліматичні умови, вид вантажу, характер вантажопотоку, тип рухомого складу, стан доріг, ціни на пальне та мастильні матеріали, норми витрат пального різними типами АТЗ, витрати на ремонт та запасні частини; заробітна плата водіїв і обслуговуючого персоналу, експлуатаційні витрати та витрати на навантажувальні/розвантажувальні роботи.

Якщо транспортний тариф регулюється ще ринковими відносинами, то витрати АТП на перевезення 1 тонни вантажу (або на виконання 1 км пробігу з вантажем) є випадковою величиною, математичне очікування якої $M(C_{\text{км}}) = 5,45$

грн./год, а коефіцієнт варіації $v = 0,86$ з урахуванням середньої експлуатаційної швидкості 22 км/год. Такі дані є досить варіативними, і їх не доцільно використовувати як статистичні. Тому при плануванні інтегрованого транспортного процесу потрібно задаватись конкретним значенням собівартості перевезень для конкретного АТП.

На даний час на ринку вантажних автомобільних перевезень склалась така ситуація, при якій АТП можуть орендувати на визначений період автотранспортні засоби у інших АТП, або здавати власні в оренду. Такі випадки трапляються досить часто, однак умови таких відносин залежать від конкретних контрактів.

Інформаційне забезпечення при здійсненні своєї діяльності автотранспортні підприємства мають завдяки досить популярним і перевіреним он-лайн сервісам інтернет на сайтах, таких як Lardi-Trans.com, ua.transportica.com, della.com.ua, trans-atlas.com.ua та інші. На цих сайтах надається інформація про: маршрут руху; часове вікно: актуальні часові межі виконання замовлення; вимоги до конструкції автотранспортного засобу; вид і характеристики вантажу; вимоги до виконання навантажувальних/розвантажувальних робіт; тариф та умови оплати; інша комерційна інформація.

Потрібно відмітити, що рівень достовірності інформації, її повнота є не цілком задовільними. Крім того, можна виявити певні неузгодження інформації про одні і ті ж замовлення, яка була подана різними сайтами. Тому перевізники, переважно, ведуть власні бази даних стосовно замовників і партнерів по вантажних перевезеннях.

3.2. Результати структурного моделювання та оптимізації транспортних процесів

Структурне моделювання ІТП виконувалось на основі вхідних даних, які досліджувались на підприємстві ТОВ «Транс», яке займається перевезеннями вантажів у міському, міжміському та міжнародному сполученнях. Для цього

підприємства станом на 11.11.2024 актуальними були такі параметри:

- середня собівартість 1 км пробігу АТЗ з вантажем - 280 грн/км;
- середня собівартість простою автотранспортного засобу - 120 грн./год;
- вартість купівлі інформації про існуючі замовлення у посередників - 280 грн.;
- дохід від продажу інформації про наявні замовлення партнерам (іншим АТП) - 280 грн.;
- кількість транспортних пунктів, які входять в одну зону обслуговування - 24;
- площа території, яка окреслена як одна зона обслуговування, - 156,2тис.га;
- кількість автотранспортних засобів, які обслуговують задану зону, - 10;
- горизонт планування (період, впродовж якого в наявності є замовлення на виконання перевезення вантажу, і планується такий транспортний процес) - 72 год;
- кількість автотранспортних засобів, які можна орендувати, - необмежена;
- часові параметри замовлень є дослідженими і наперед відомими.

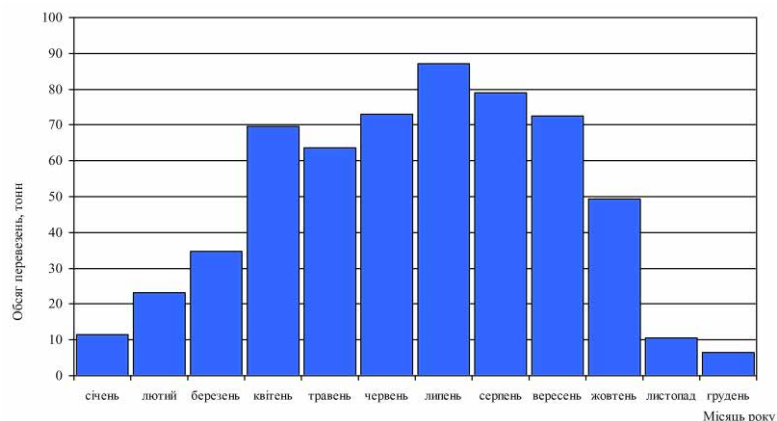


Рис. 3.4. Часові ряди обсягів перевезення вантажів за 2024рік

Ставилась задача – виконати план горизонту прогнозування таким чином, аби отримати максимальний прибуток за формулою (2.4.), використавши при цьому власні автотранспортні засоби, орендувавши необхідні, а також

здійснивши маніпуляції з наявною інформацією стосовно наявних чи відсутніх замовлень. При цьому допускається, що окремі замовлення не будуть виконуватись через їх невігідність. Якщо після розподілу АТЗ деякі з них будуть нерозподіленими, тоді вони здаються в оренду. Якщо внаслідок аналізу наявних замовлень виявляється недостатня кількість необхідних для перевезення АТЗ у перевізника, тоді він орендує їх у своїх партнерів по кооперації. Таким чином, в результаті оптимізації вибираються ті варіанти розподілу замовлень, які дають максимальний прибуток при заданих початкових даних.

При виконанні оптимізації наперед невідомо, при якій кількості необхідних АТЗ прибуток від виконання плану перевезень буде максимальним. Тому застосовано ітераційне моделювання при зміні кількості задіяних для перевезень АТЗ. Так само, покроково, змінювались показники вхідного потоку замовлень: коефіцієнт нерівномірності тривалості виконання замовлень і коефіцієнт сумісності замовлень. На рис. 3.5. показано приклад результату одного кроку оптимізації інтегрованого транспортного процесу при кількості необхідних автотранспортних засобів $R = 1$. Розрахунки представлені в додатках Е6-Е12. Коефіцієнт сумісності замовлень становить $K_c = 6$, коефіцієнт нерівномірності замовлень - $\eta_t = 1,8$. На рис. 3.5. - 3.11. прийняті такі позначення: 0 - початкове фіктивне замовлення, яке означає формальний початок процесу; F - кінцеве фіктивне замовлення, яке означає формальне завершення процесу.

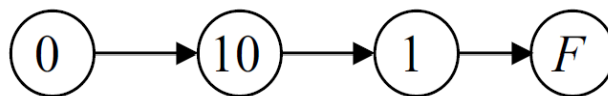


Рис. 3.5. Оптимальна схема виконання замовлень при $R = 1$

Як видно з рис. 3.5. оптимальним є варіант виконання лише двох замовлень №10 і №1 у наведеному порядку. Прибуток, який отримується при цьому, обчислений за формулою (2.4.) і становить 10418 грн. При цьому, частина прибутку отримується: а) 71,7% - від виконання двох замовлень; б) 16,8% – від продажу інформації про 8 інших відомих замовлень (№ 2, № 3, № 4, № 5, № 6, №

7, № 8, № 9); в) 11,5% - від здачі в оренду незадіяних АТЗ. При цьому в оренду здаються 4 автотransпортні засоби. Кількість власних автотransпортних засобів всього - 5.

На рис. 3.6. показано оптимальний варіант виконання замовлень, якщо припустити, що кількість вільних автотransпортних засобів - $R = 2$.

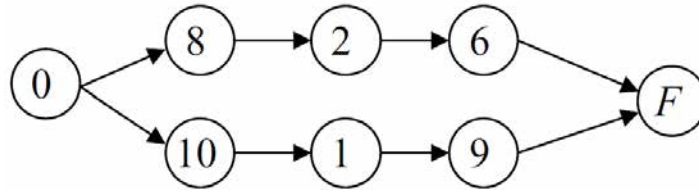


Рис. 3.6. Оптимальна схема виконання замовлень при $R = 2$

У цьому випадку виконується 6 замовлень. Прибуток, який отримується при цьому, становить 14815 грн. Частина прибутку отримується: а) 87,2% - від виконанням шести замовлень; б) 6,7% - від продажу інформації про 4 інші відомі замовлення (№3, № 4, № 5, № 7); в) 6,1% - від здачі в оренду не задіяних у процесі перевезень автотransпортних засобів. При цьому в оренду здаються 3 автотransпортні засоби.

На рис. 3.7. показано оптимальний варіант виконання замовлень при кількості вільних автотransпортних засобів, які можна задіяти, - $R = 3$.

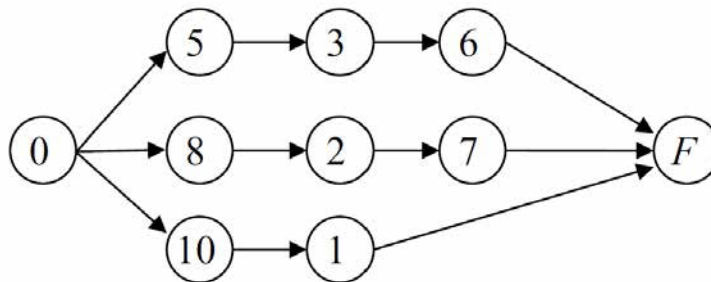


Рис. 3.7. Оптимальна схема виконання замовлень при $R = 3$

У цьому випадку виконується 8 замовлень, 2 замовлення продається партнерам по кооперації. Прибуток, який отримується за цим варіантом, становить 18793 грн. При цьому, частина прибутку отримується: а) 95,5% - від виконанням 8 замовлень; б) 1,3% - від продажу інформації про 2 інших відомих замовлень (№ 4, № 9); в) 3,2% - від здачі в оренду зайвих АТЗ. При цьому в

оренду здаються 2 автотранспортні засоби.

На рис. 3.8. показано оптимальний варіант виконання замовлень при кількості вільних автотранспортних засобів, які можна задіяти, - $R = 4$. Прибуток, який отримується при цьому, становить 20624 грн. Частина прибутку отримується: а) 98,5% - від виконанням десяти замовлень; б) 0% - від продажу інформації про замовлення; в) 1,5% - від здачі в оренду зайвих АТЗ. При цьому в оренду здається 1 автотранспортний засіб.

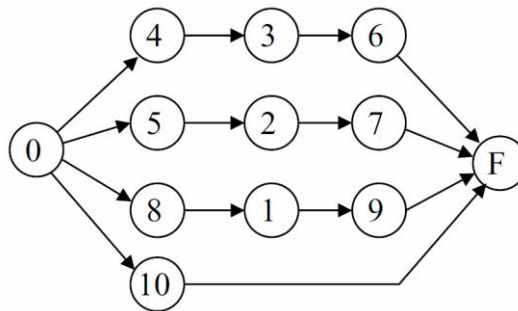


Рис. 3.8. Оптимальна схема виконання замовлень при $R = 4$

На рис. 3.9. показано оптимальний варіант виконання замовлень при кількості вільних автотранспортних засобів, які можна задіяти, - $R = 5$.

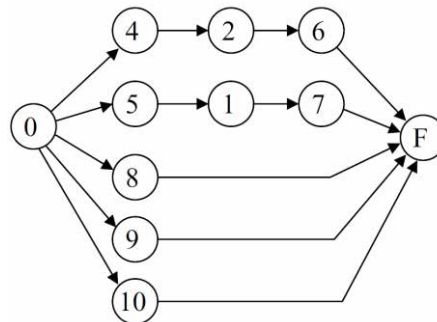


Рис. 3.9. Оптимальна схема виконання замовлень при $R = 5$

Прибуток, який отримується за цим варіантом, становить 20624 грн. Частина прибутку отримується: а) 98,5% - від виконанням дев'яти замовлень; б) 1,2% - від продажу інформації про замовлення (№ 3); в) 0% - від здачі в оренду АТЗ. Не здається жоден автотранспортний засіб.

На рис. 3.10. показано оптимальний варіант виконання замовлень при кількості вільних автотранспортних засобів, які можна задіяти, - $R = 6$ (у подальшому будуть використовуватися 5 власних АТЗ і арендовані). Прибуток,

який отримується при цьому - 21473 грн. Увесь прибуток отримується від виконання десяти замовлень. При цьому в оренду не здається жоден автотранспортний засіб і не продається інформація про замовлення. Однак, 1 автотранспортний засіб орендується.

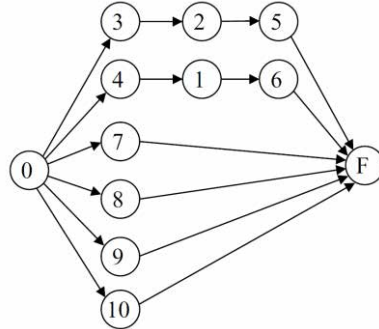


Рис. 3.10. Оптимальна схема виконання замовлень при $R = 6$

На рис. 3.11. показано оптимальний варіант виконання замовлень при кількості вільних автотранспортних засобів, які можна задіяти, - $R = 7$.

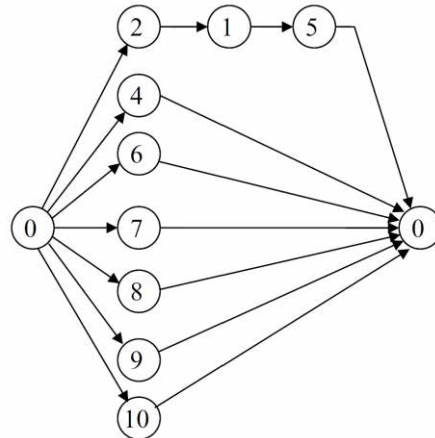


Рисунок 3.11. Оптимальна схема виконання замовлень при $R = 7$

Прибуток, який отримується при цьому, становить 20535 грн. Частина прибутку отримується: а) 98,8% - від виконанням дев'яти замовлень; б) 1,2% - від продажу інформації про одне інше відоме замовлення (№ 3); в) 0% - від здачі в оренду зайвих АТЗ. При цьому в оренду не здається жоден транспортний засіб, а 1 АТЗ - орендується.

На рис. 3.12. показано оптимальний варіант виконання замовлень при кількості вільних автотранспортних засобів, які можна задіяти, - $R = 8$.

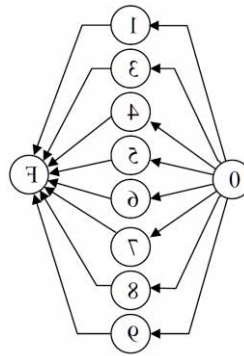


Рис. 3.12. Оптимальна схема виконання замовлень при $R = 8$

Прибуток, який отримується при цьому, – 21370 грн. Увесь прибуток отримується від виконання дев'яти замовлень. Жоден АТЗ не орендується і не здається в оренду. Також жодне замовлення не продається і не купується.

На рис. 3.13. показано оптимальний варіант виконання замовлень при кількості вільних автотранспортних засобів, які можна задіяти, - $R=9$. Прибуток, який отримується при цьому, - 20378 грн. Частина прибутку отримується: а) 98,8% - від виконання дев'яти замовлень; б) 1,2% - від продажу інформації про одне інше відоме замовлення (№ 1); в) 0% – від здачі оренду зайвих АТЗ. При цьому в оренду не здається жоден АТЗ, а 4 АТЗ - орендується. При $R=10$ вирішення задачі є тривіальним, оскільки усі 10 відомих замовлень виконуються усіма наявними (власними та орендованими) автотранспортними засобами.

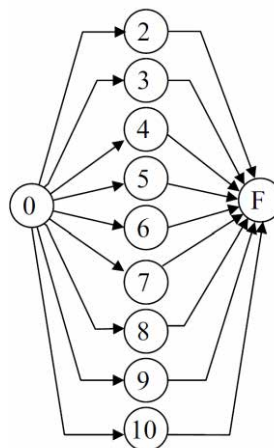


Рис. 3.13. Оптимальна схема виконання замовлень при $R=9$

Таким чином, отримані результати моделювання при сталих параметрах

вхідного потоку замовлень і при змінній кількості залучених АТЗ можна відобразити на рис. 3.14.



Рис. 3.14. Структура доходів перевізника при різній кількості задіяних АТЗ, $K_{\text{сум}} = 0,6$, $\eta_t = 1,8$ - ці показники загальні для 10 замовлень

Як видно з наведеної гістограми, найбільша частина доходів отримується підприємством від виконання замовлення на перевезення. Лише, коли підприємство має в наявності 5 власних АТЗ, а використовує для виконання перевезень 1-2, тоді доходи від здачі в оренду АТЗ перевищують лише 10% від сукупних. Доходи від продажу інформації для АТП означають, що із 10 відомих замовлень $10-R$ буде продано партнерам по кооперації, де R - кількість задіяних АТЗ, разом з орендованими. Максимальні (100%) доходи від виконання замовлень на перевезення буде отримано при залученні 6 АТЗ, з них - 5 власних +1 орендований, і при 8 залучених АТЗ, з них - 5 власних +3 орендованих.

Як видно з наведених результатів, доходи перевізника від виконання замовлень на перевезення при залученні орендованих автотранспортних засобів - зростають. Це пояснюється виконанням більшої кількості замовлень. Однак, прибуток перевізника не збільшується. Це видно з рис. 3.15.

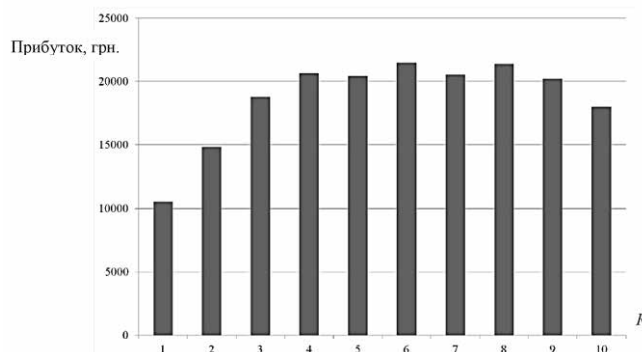


Рис. 3.15. Залежність прибутку перевізника від кількості задіяних власних

та орендованих транспортних засобів при максимальній кількості 10 відомих замовлень

Так, якщо кількість орендованих АТЗ перевищує 3, або понад 60% від задіяних власних АТЗ, тоді прибуток перевізника зменшується, що пов'язано із зростанням орендної плати і неефективним використанням автотранспортних засобів, які є в його розпорядженні.

3.3. Залежність ефективності діяльності і кооперації перевізника від параметрів потоку вхідних замовлень

Теоретично встановлено, що ефективна діяльність перевізника із взаємодією з партнерами по кооперації та із конкурентами залежить від попиту на послуги з виконання перевезень вантажів. Для того, щоб дослідити закономірності цієї залежності, було виконано структурне моделювання з оптимізацією за критерієм сукупного прибутку від діяльності перевізника для впорядкованих вхідних потоків замовлень. Покрокове вирішення цієї задачі наведено нижче.

Початкові впорядковані вхідні масиви даних. Для того, щоб дослідити вплив коефіцієнтів сумісності і часової нерівномірності замовлень на можливість АТП досягнути максимального прибутку Π , було побудовано матрицю $|a_{i,j}|$ зв'язків (2.5), елементи якої обчислюються за виразом:

$$a_{i,j} = a_{i,j-1} + a_{i,j-1} \cdot B, \quad (3.1.)$$

де $i = 0 \dots N, j = 1 \dots N$ - номери замовлень;

B - емпіричний коефіцієнт, числове значення якого підбиралось таким чином, аби середнє значення коефіцієнта сумісності K_c , обчислене за виразом (2.11.), дорівнювало наперед заданому значенню $K_{c,з}$.

Для того, щоб підібрати значення матриці $|a_{i,j}|$ за виразом (3.1.), необхідно задатись початковими значеннями $a_{0,j}$, які залежать від коефіцієнта часової нерівномірності замовлень η_t . Для того, щоб підібрати вектор початкових значень $a_{0,j}$, де $j = 1 \dots N$, використано вираз:

$$a_{0,j} = a_{0,j-1} + a_{0,j-1} \cdot C, \quad (3.2.)$$

де $j = 2 \dots N$;

C - емпіричний коефіцієнт, числове значення якого впливає на формування необхідного значення коефіцієнта нерівномірності η_t серед величин $a_{0,j}$ (за формулою (3.2.)).

Для того, щоб підготувати вхідні дані для дослідження замовлень вибрано початкове значення $a_{0,1} = 2$ год., що відповідає середній тривалості їздки з вантажем на підприємствах ТОВ «Сервіс-1» та ТОВ «Транс», які здійснюють вантажні автомобільні великогуртові перевезення. Для генерації ряду початкових даних $a_{0,j}$, $j = 1 \dots N$ застосовано пакет аналізу «What-if» з електронних таблиць Excel. Даний пакет дає змогу знайти таке значення змінної/константи, при якому задана формула набуває потрібного значення. Бажані значення коефіцієнта нерівномірності η_t вибирались послідовно з множини $\{1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 2.0, 2.2\}$. Так, якщо потрібно, щоб $\eta_t = 1,1$, тоді пакет аналізу «What-if» видав значення $C = 0,02186$. При цьому ряд початкових значень для $N = 10$ за формулою (3.2.) набуває вигляду:

$$a_{0,1} = 2.0; a_{0,2} = 2.0; a_{0,3} = 2.1; a_{0,4} = 2.1; a_{0,5} = 2.2; a_{0,6} = 2.2; a_{0,7} = 2.3; \\ a_{0,8} = 2.3; a_{0,9} = 2.4; a_{0,10} = 2.4.$$

Усі інші елементи матриці $|a_{i,j}|$ встановлюються в залежності від наперед заданого коефіцієнта сумісності K_c , який послідовно вибирався із множини ймовірних значень $K_c \in \{0,9, 0,8, 0,7, 0,6, 0,5, 0,4, 0,3, 0,2\}$. Для обчислення матриці $|a_{i,j}|$ використано формулу (3.1.), у якій коефіцієнт B вибирався за допомогою пакету аналізу «What-if». Так, наприклад, при $\eta_t = 1,8$ вектор даних $a_{0,j} = \{2,0, 2,3, 2,7, 3,1, 3,7, 4,3, 5,0, 5,8, 6,7, 7,8\}$. Було задано, що коефіцієнт сумісності має бути $K_c = 0,6$. При застосуванні пакету аналізу для формули (3.1.) знайдено $B = 0,112418$ і побудовано матрицю (табл. 3.2.).

Для повнофакторного дослідження впливу коефіцієнтів K_c і η_t на структуру інтегрованого транспортного процесу та на прибуток від діяльності та кооперації перевізника з іншими АТП потрібно побудувати $K_c \cdot \eta_t$ таких

матриць, які охоплюють увесь вектор початкових значень як K_c , так і η_t .

Таблиця 3.2.

Матриця впорядкованих початкових даних стосовно часових зв'язків,
год.

| Замовлення № | Замовлення № | | | | | | | | | |
|-----------------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 0 | 2,0 | 2,3 | 2,7 | 3,1 | 3,7 | 4,3 | 5,0 | 5,8 | 6,7 | 7,8 |
| 1 | 10000 | 2,6 | 3,0 | 3,4 | 4,1 | 4,8 | 5,6 | 6,5 | 7,5 | 8,7 |
| 2 | 2,2 | 10000 | 3,3 | 3,8 | 4,6 | 5,3 | 6,2 | 7,2 | 8,3 | 9,7 |
| 3 | 2,5 | 2,8 | 10000 | 4,3 | 5,1 | 5,9 | 6,9 | 8,0 | 9,2 | 10,7 |
| 4 | 2,8 | 3,2 | 3,7 | 10000 | 5,7 | 6,6 | 7,7 | 8,9 | 10,3 | 11,9 |
| 5 | 3,1 | 3,5 | 4,1 | 4,7 | 10000 | 7,3 | 8,5 | 9,9 | 11,4 | 13,3 |
| 6 | 3,4 | 3,9 | 4,6 | 5,3 | 6,3 | 10000 | 9,5 | 11,0 | 12,7 | 14,8 |
| 7 | 3,8 | 4,4 | 5,1 | 5,9 | 7,0 | 8,1 | 10000 | 12,2 | 14,1 | 16,4 |
| 8 | 4,2 | 4,8 | 5,7 | 6,5 | 7,8 | 9,1 | 10,5 | 10000 | 15,7 | 18,3 |
| 9 | 4,7 | 5,4 | 6,3 | 7,3 | 8,7 | 10,1 | 11,7 | 13,6 | 10000 | 20,3 |
| 10 | 5,2 | 6,0 | 7,0 | 8,1 | 9,7 | 11,2 | 13,0 | 15,1 | 17,5 | 10000 |

Застосування пакету пошуку розв'язку до нелінійної задачі цілочислового програмування. Для розв'язання задачі структурної оптимізації, сформульованої в розділі 2, застосовано прикладний пакет *Solver*. Оскільки описана модель (2.4)-(2.10) є нелінійною, то це потрібно обумовити в панелі діалогового вікна програми. Для успішного знаходження розв'язку потрібно вибрати градієнтний метод. Однак, розв'язування потрібно починати з крайових умов, тобто тоді, коли $R = 1$, $\eta_t = 1$, $K_c = 1$. Друга крайня точка - коли $R = 10$, $\eta_t = 1$, $K_c = 1$. Далі, методом швидкого спуску, змінюючи умови, знаходимо проміжні розв'язки. Результати оптимізації наведені на рис. 3.16.

З наведених результатів видно, що максимальний прибуток АТП залежить від коефіцієнта сумісності замовлень в єдиному потоці. Так, при $K_c =$

0,9, максимальний прибуток становить 19,75 тис. грн. При цьому не усі замовлення приймаються до виконання. Частина замовлень продається партнерам по кооперації. А вже при $K_c = 0,2$ максимальний прибуток становить 18,1 тис. грн. При цьому усі замовлення з горизонту прогнозування виконуються власними і орендованими АТЗ.

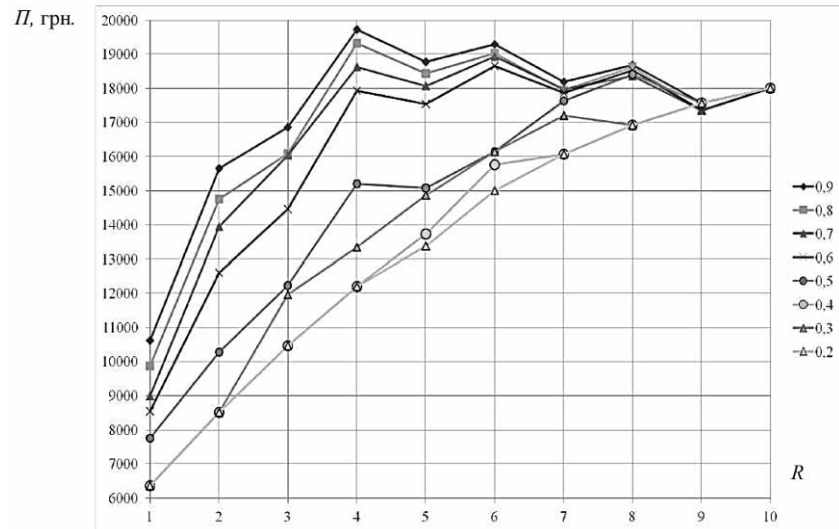


Рис. 3.16. Залежність сукупних прибутків від виконання замовлень з перевезення вантажів від кількості задіяних автотранспортних засобів та коефіцієнта сумісності замовлень

Як можна помітити, максимальний прибуток при зменшенні коефіцієнта сумісності замовлень зміщується в сторону збільшення задіяних власних та орендованих автотранспортних засобів.

В цілому, при збільшенні коефіцієнта сумісності замовлень максимальний прибуток починає зростати майже лінійно (рис. 3.17.), але починаючи від числового значення $K_c = 0,4$. Це пов'язано із тим, що при низьких значеннях коефіцієнта сумісності замовлень АТП цілком перекладає функції виконання замовлень на перевезення орендованими АТЗ, тобто на своїх партнерів по кооперації.

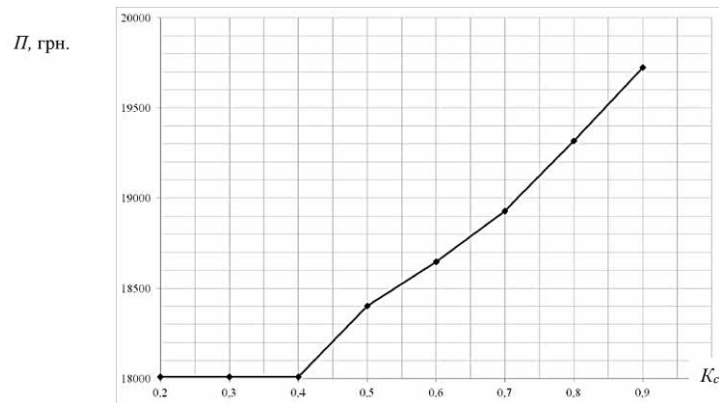


Рис. 3.17. Залежність сумарного прибутку від господарської діяльності перевізника від коефіцієнта сумісності замовлень K_c при значенні коефіцієнта часової нерівномірності $\eta_t = 1,6$

Низький коефіцієнт сумісності спричинює більші витрати на перевезення при тій самій вартості. А орендна плата - фіксована величина. Тому числове значення K_c можна цілком пов'язати із рівнем спеціалізації та концентрації АТП.

Результати оптимізації структури транспортного процесу при лінійній апроксимації моделі (2.4.) наведені на рис. 3.18. Розв'язки лінійної моделі отримуються без введення крайових умов.

Однак, якщо порівняти ці результати з нелінійною моделлю (рис. 3.19.) з обмеженнями (2.4)-(2.10), то максимальний прибуток отримується більшим майже вдвічі. При лінійній апроксимації власні АТЗ підприємства виконують лише по одній завантаженій їзді за цикл, що пов'язано з недосконалістю моделі. Нелінійний варіант моделі дає складніші цикли для кожного автотранспортного засобу, коли вибираються сумісні замовлення, які включаються в єдиний маршрут.

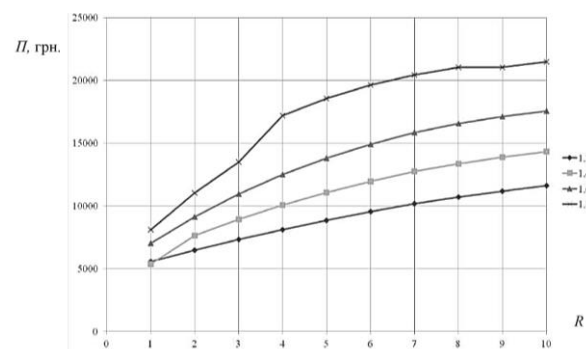


Рис. 3.18. Залежність сумарного прибутку від виконання замовлень на перевезення вантажів від кількості задіяних (власних і орендованих) автотранспортних засобів та коефіцієнта нерівномірності η_t при лінійній апроксимації моделі

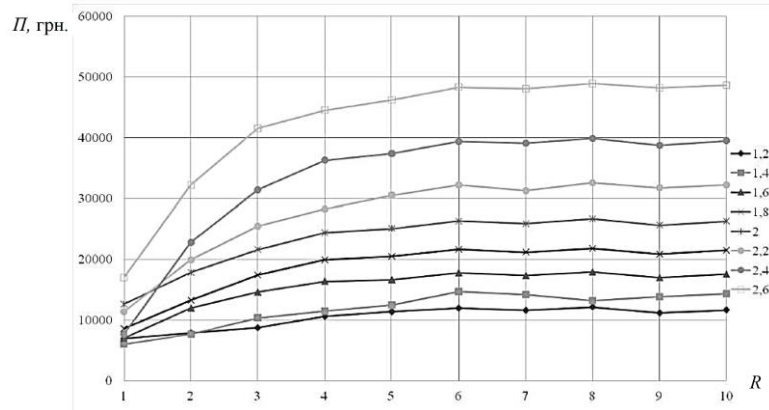


Рис. 3.19. Залежність сумарного прибутку від виконання замовлень на перевезення вантажів від кількості задіяних (власних і орендованих) автотранспортних засобів та коефіцієнта нерівномірності η_t за нелінійною моделлю

Також видно, що коефіцієнт часової нерівномірності замовлень позитивно впливає на можливість отримання більшого максимального сумарного прибутку. Це пояснюється наявністю в горизонті планування різних за тривалістю замовлень, які дають змогу побудувати більш досконалі цикли.

Замовлення на перевезення вантажів, які надходять до АТП від клієнтів та посередників, мають такі числові характеристики: t_i – середня прогнозована тривалість виконання замовлення без урахування впливу попередніх та підготовчих операцій; wb_i – найбільш ранній момент початку (*begin*) виконання i -го замовлення; we_i – найбільш пізній момент завершення (*end*) виконання i -го замовлення; l_i – відстань, на яку потрібно перевезти вантаж. Також перевізникові відома вартість виконання перевезень, яка є результатом зрівноваження попиту і пропозиції, тому АТП має на вартість незначний вплив. Переважно, вартість перевезення партії вантажів є пропорційною відстані перевезення з урахуванням фактичної вантажопідйомності АТЗ [73].

АТП має виробничі бази, розташовані в містах Гайсин (замовлення № 1,

2), Дніпро (замовлення № 3-7) та Одеса (замовлення № 8-12). Транспортна мережа, по якій здійснюються перевезення, розташована в центральній, східній і південній частині України. Перевезення виконуються автопоїздами великої вантажопідйомності у складі автомобіля-тягача і напівпричепа- самоскида.

В табл. 3.3. наведений фрагмент добового наряду на перевезення насипних вантажів у міжміському сполученні для парку АТЗ. Як видно з табл. 3.3., попит на перевезення перевищує пропозицію АТП по АТЗ, тому задача оптимального розподілу рухомого складу є актуальною для автотранспортного підприємства. Новий перелік замовлень для АТП формується, переважно, щодоби. Доба є також одиницею планування маршрутів. У зв'язку із цим, зміни у потоці замовлень, які відбуваються після формування наряду, не враховуються, і це приносить чималі збитки перевізникові. Адже граничні терміни можуть спливати вже наступної доби, і вони можуть бути недотриманими, тому замовлення для підприємства може бути втраченим.

Таблиця 3.3.

Фрагмент добового наряду для виконання перевезень автомобілями-самоскидами, які знаходяться на балансі АТП

| № замовлення | Доступна кількість автомобілів на базі | Кількість автомобілів на завантаження, яку заявляє менеджер | Маршрут | Тривалість їздки з вантажем, хв | Вид вантажу | Часове вікно, год. | | Вартість однієї їздки, грн | Відстань, км |
|--------------|--|---|-----------------------------|---------------------------------|-------------|--------------------|----|----------------------------|--------------|
| | | | | | | від | до | | |
| 1 | 4 | 3 | Нові Біляри - Миколаїв | 80 | Ячмінь | 0 | 24 | 2900 | 100 |
| 2 | | 3 | Харків – Слов'янськ | 160 | Комбікорм | 0 | 48 | 5100 | 175 |
| 3 | 12 | 1 | Черкаси - Дніпро | 380 | Комбікорм | 0 | 48 | 8300 | 285 |
| 4 | | 1 | Павлоград - Миронівка | 440 | Соняшник | 0 | 24 | 5500 | 190 |
| 5 | | 8 | Черкаси - Вінниця | 290 | Комбікорм | 0 | 96 | 9900 | 342 |
| 6 | | 5 | Березанка - Одеса | 80 | Шрот | 0 | 96 | 2400 | 83 |
| 7 | | 1 | Дмитрівка - Южний | 45 | Пшениця | 12 | 48 | 1250 | 43 |
| 8 | 20 | 2 | Хмельницький - Чорноморськ | 430 | Соняшник | 12 | 48 | 16600 | 571 |
| 9 | | 5 | Кропивницький - Чорноморськ | 300 | Соняшник | 12 | 96 | 10000 | 346 |
| 10 | | 4 | Гайсин - Чорноморськ | 230 | Соняшник | 24 | 72 | 10100 | 349 |

| | | | | | | | | |
|----|----|----------------------------|-----|----------|----|-----|-------|-----|
| 11 | 4 | Вінниця - Чорноморськ | 310 | Соняшник | 24 | 120 | 12850 | 443 |
| 12 | 5 | Голованівськ - Чорноморськ | 180 | Соняшник | 48 | 96 | 7630 | 263 |
| – | 36 | 42 | – | – | – | – | – | – |

Натомість, часові вікна дають змогу не тільки виконати вимоги замовника, але й забезпечити виконання перевезень мінімальною кількістю АТЗ. Для того, щоб використати потенціал часових вікон, а також виконати максимальну кількість випадкових замовлень, розглянемо часові зв'язки між двома їздками з вантажами i, j між пунктами, відповідно b_i, e_i , та b_j, e_j (рис. 3.20.). Кожне із замовлень має часове вікно $wb_i - we_i$, яке обчислюють від моменту планування. Якщо замовлення j виконується безпосередньо після замовлення i одним і тим ж автомобілем, тоді з пункту e_i АТЗ повинен виконати нульову їзду до пункту b_j , звідки починається виконання замовлення j .

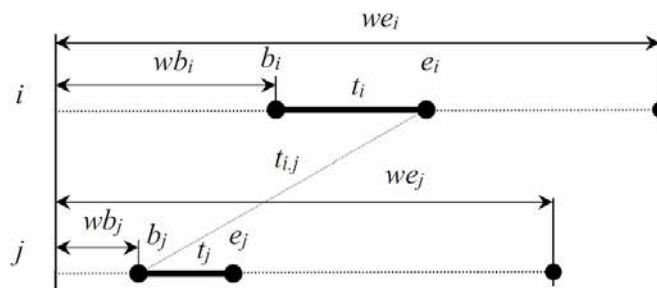


Рис. 3.20. До розрахунку часового зв'язку $a_{i,j}$

Однак, потрібно врахувати усі можливі співвідношення між часовими параметрами замовлень, які призводять до зміни $a_{i,j}$ – найменшої можливої тривалості виконання j -го замовлення зразу за i -м замовленням із використанням одного і того ж АТЗ. Для цього нами було проаналізовано усі можливі співвідношення величин wb_i, we_i, wb_j, we_j , і складено узагальнений вираз для обчислення $a_{i,j}$:

$$a_{i,j} = \max\left((wb_i + t_i + t_{i,j}); wb_j\right) - (wb_i + t_i) + t_j \quad (3.3)$$

Вираз (3.3) виконується при умові, що $a_{i,j} < we_j$. В протилежному випадку складається ситуація, яка означає, що $a_{i,j} = +\infty$, тобто виконання замовлення j після замовлення i є неможливим. Згідно з виразом (3.3), якщо

$(wb_i + t_i + t_{i,j}) > wb_j$, тоді для визначення часового зв'язку $a_{i,j}$ потрібно перевірити умову:

$$(wb_i + t_i + t_{i,j}) \leq wb_j, \quad (3.4.)$$

тобто визначити, чи вкладається виконання замовлення в часовий допуск. Якщо умова (3.4.) виконується, тоді часовий зв'язок $a_{i,j}$ обчислюється за виразом:

$$a_{i,j} = t_j + t_{i,j}, \quad (3.5.)$$

Якщо $(wb_i + t_i + t_{i,j}) < wb_j$, тоді часовий $a_{i,j}$ зв'язок обчислюємо за виразом:

$$(wb_j - wb_i) + (t_j + t_i), \quad (3.6.)$$

Таким чином, часові зв'язки $a_{i,j}$, $a_{j,i}$ можна побудувати для будь-якої пари i, j замовлень. При цьому утворюється матриця зв'язків $\square a_{i,j} \square$, яку використовують для впорядкування процесу виконання множини замовлень. Зокрема, впорядкування можна провести за критерієм максимального прибутку від виконання заданої множини відомих замовлень на перевезення:

$$\Pi = \sum_{i=1}^N P_i \cdot x_{ij} - \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N a_{ij} x_{ij} C_t - \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N l_{ij} x_{ij} C_l \rightarrow \max, \quad (3.7.)$$

де $i, j = 1..N$ – номер замовлення;

P_i - вартість виконання i -го замовлення;

$x_{ij} = \{0,1\}$ - двійкова змінна, яка набуває значення 1, якщо j -е замовлення виконуватиметься одним автомобілем після i -го, і 0, - в протилежному випадку;
 C_t - постійні погодинні витрати, пов'язані із забезпеченням і виконанням АТП одного замовлення, що мають місце незалежно від того, яка операція виконується в даний час (погодинна оплата праці виконавців, орендна плата за основні засоби, оплата відряджень, штрафи, обов'язкові платежі тощо);

l_{ij} - пробіг АТЗ на маршруті, пов'язаний з виконанням j -го замовлення (нульовий пробіг, незавантажена їздка, їздка з вантажем);

C_l - змінні витрати, які пов'язані з рухом АТЗ на маршруті (витрати на паливо, мастильні матеріали, шини тощо).

Другий член рівняння (3.7.) назовемо часовими витратами, які у більшості відомих розподільчих задач не враховувались. Через прості АТЗ або невчасне виконання замовлення такі витрати можуть сягати понад 2/3 собівартості виконання замовлення. Тому для реалізації критерію (3.7.) формулюють і розв'язують таку задачу. Задано множину замовлень $Z = \{0..N + 1\}$, де замовлення z_0, z_{N+1} є фіктивними, вони використовуються для формалізації початку і завершення виконання добового наряду. З множини Z потрібно вибрати підмножину $Z' \subseteq Z$ і визначити елементи матриці (x_{ij}) , тобто активізувати такі зв'язки a_{ij} , щоб вираз (3.7.) набував максимуму. При цьому мають виконуватись умови:

$$\sum_{j=1}^N x_{ij} \leq 1, \quad (3.8.)$$

$$\sum_{i=1}^N x_{ij} - \sum_{j=1}^N x_{ij} = 0, \quad (3.9.)$$

$$\sum_{j=1}^N x_{0,j} - \sum_{i=1}^N x_{i,0} \leq R, \quad (3.10.)$$

$$\sum_{i=1}^N x_{i,N+1} - \sum_{j=1}^N x_{N+1,j} \geq -R, \quad (3.11.)$$

де R - доступна кількість АТЗ на базі АТП.

Обмеження (3.8.) означає, що кожне j -е замовлення може бути виконаним не більше одного разу. Це також означає, що окремі замовлення, заради отримання максимального прибутку, можуть взагалі не прийматись. Обмеження (3.9.) означає, що для виконання замовлень АТЗ проїжджають кожен запланований маршрут лише один раз (зв'язок a_{ij} лише один раз реалізовується в транспортному процесі). Обмеження (3.10 і (3.11 означають, що для виконання усього плану замовлень може бути використано не більше, ніж доступна кількість АТЗ.

Задача у подібному формулюванні є відомою і розв'язувалась раніше, за виключенням нового сформульованого критерію. У математичному формулюванні - це задача цілочислового програмування. У зв'язку із тим, що в обмеженнях (3.8.), (3.10.), (3.11.) присутні знаки нерівності, задача відноситься до нелінійних. Тому гарантовані точні розв'язки при ній не отримуються. На практиці задовільними вважаються приблизні розв'язки з оцінкою відхилень.

Однак, при зростанні кількості змінних розв'язок задачі є неможливим. Наприклад, при застосуванні матриці змінних x_{ij} розміром більшим, ніж 12×12 , і застосуванні методу градієнтного спуску розв'язок задачі за допустимий час - відсутній.

У зв'язку із цим нами було застосовано ознаки, за якими замовлення можна згрупувати у такі множини, пошук послідовності виконання яких є тривіальним, або таким, що зводиться до лінійної задачі математичного програмування. Враховуючи теорему, сформульовану в роботі, достатньо використати лише одну ознаку сумісності замовлень, щоб встановити бажану послідовність їх виконання. Такою ознакою може послуговувати коефіцієнт сумісності, який обчислюється за виразом:

$$K_{c.ij} = \frac{a_{0.j}}{a_{ij}}, \quad (3.12.)$$

де $a_{0.j}$ - тривалість виконання j -го замовлення в припущенні, що підготовчі операції, очікування і простої АТЗ відсутні (чиста тривалість виконання замовлення).

Згідно з виразом (3.12.) замовлення вважатимемо абсолютно сумісними, якщо $K_{c.ij}$. У такому випадку виконання j -го замовлення слід призначати на одному маршруті одним і тим же АТЗ безпосередньо після виконання i -го замовлення. У цьому випадку витрати часу на незавантажений пробіг, на простої та очікування і затримки доставки вантажу будуть близькими до нуля. Таким чином, встановлюються пріоритети виконання замовлень. Якщо $K_{c.ij} \rightarrow 0$, то послідовність виконання замовлень $i \rightarrow j$, застосовувати не слід.

Розглянемо часовий зв'язок j -го замовлення з формальним початком процесу, тобто $a_{0.j}$. Цей зв'язок фактично означає необхідність додаткового виконання нульового пробігу від бази АТП до місця першого завантаження, безпосередньо завантаження і виконання їздки з вантажем. Простої АТЗ, пов'язані із часовими рамками замовлення і нескоординованістю роботи рухомого складу - відсутні. Якщо $K_{c.0j} \approx 1$, то відповідне j -е замовлення доцільно виконати на початку добового наряду. При цьому подачу АТЗ

організують від найближчої виробничої бази АТП. Отже, ті замовлення, для яких:

$$K_{c.0j} = \max_{0 < i \leq N} \{K_{c.ij}\}, \quad (3.13.)$$

віднесемо до множини замовлень першого пріоритету, тобто таких, які треба виконати першочергово, подавши під завантаження АТЗ з найближчої виробничої бази АТП. Якщо для будь-якого замовлення j серед множини коефіцієнтів $K_{c.ij}$ знайдеться такий коефіцієнт, що $K_{c.ij} = K_{c.0j}$, і при цьому виконується умова (3.13.), тоді j -е замовлення не має абсолютного першого пріоритету, а тому, згідно з [114], потрібно вибрати додаткову ознаку сумісності. Такою ознакою може бути запропонований нами коефіцієнт концентрації замовлень (2.14.) та його видозміни, які вказують на тип маршруту (маятниковий, кільцевий з розривами, розвізний, збірний тощо), який найбільш доцільно застосувати для виконання заданого списку замовлень.

Якщо коефіцієнт концентрації для множини невпорядкованих замовлень набуває мінімального значення, тоді перевага надається маятниковим маршрутам, і замовлення, для якого $K_{c.ij} = K_{c.0j}$, й виконується умова (3.13.), планується першочергово. І навпаки, якщо $K_k \rightarrow 2N_z$, тоді слід планувати кільцеві маршрути і пріоритет j -го замовлення визначається наступним показником сумісності - коефіцієнтом нерівномірності (2.17.).

На відміну від попередніх коефіцієнтів, коефіцієнтом нерівномірності η_t стосується лише «чистої» тривалості виконання замовлення, тобто без врахування перехідних та підготовчих операцій. Мінімальне значення коефіцієнта нерівномірності $\eta_t = 1$. Чим більшою є нерівномірність виконання замовлень, тим складнішою буде задача побудови ефективного ТП для однотипних АТЗ одного і того ж АТП.

Отже, менше значення η_t означає, що на порядок виконання замовлень накладаються менш суворі обмеження. Тому послідовність виконання замовлень не впливатиме на витрати у транспортному процесі. Більші числові значення нерівномірності, згідно з евристичними принципами впорядкування [113], надають пріоритет замовленням у порядку зростання їх абсолютної тривалості.

Таким чином, впорядкування виконання замовлень здійснюється за пріоритетами, що визначаються по чергово такими кроками:

1) найвищий пріоритет визначається за коефіцієнтом сумісності: вибрати в нульовому рядку матриці (a_{ij}) коефіцієнт $K_{c.0j}$ з максимальним значенням у своєму стовпчику; вибрати такі замовлення, для яких $K_{c.ij} = K_{c.0j}$; далі перейти до кроку 2;

2) якщо є декілька замовлень, які не відрізняються за коефіцієнтом сумісності, тоді пріоритет виконання j -го замовлення треба встановити за коефіцієнтом концентрації K_k : перевагу має те замовлення, для якого коефіцієнт концентрації наближається до свого максимуму; далі перейти до кроку 3;

3) визначити коефіцієнт нерівномірності множини відомих замовлень і вибрати черговість виконання замовлення j ; якщо коефіцієнт нерівномірності є близьким до 1, тоді пріоритет необхідно встановити одним з евристичних принципів.

Такий алгоритм було застосовано до потоку вхідних замовлень на перевезення вантажів, фрагмент якого наведений в табл. 3.3. Для спрощення було зроблене припущення про виконання кожного із 12 замовлень одним АТЗ. За формулою (3.5.) було визначено часові зв'язки замовлень (табл. 3.4.). Головна діагональ побудованої матриці містить наперед велике число.

Таблиця 3.4.

Часові зв'язки замовлень

| Z | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-----|-----|------|-----|
| 0 | 120 | 320 | 590 | 510 | 360 | 160 | 125 | 610 | 480 | 230 | 385 | 260 |
| 1 | 1E+08 | 640 | 650 | 680 | 560 | 130 | 145 | 890 | 480 | 500 | 660 | 360 |
| 2 | 740 | 1E+08 | 860 | 630 | 770 | 710 | 725 | 1220 | 820 | 950 | 1040 | 900 |
| 3 | 470 | 320 | 1E+08 | 630 | 570 | 430 | 445 | 1070 | 550 | 670 | 830 | 600 |
| 4 | 660 | 280 | 620 | 1E+08 | 530 | 580 | 285 | 1000 | 570 | 700 | 820 | 350 |
| 5 | 410 | 780 | 670 | 1040 | 1E+08 | 560 | 365 | 550 | 570 | 310 | 310 | 340 |
| 6 | 120 | 760 | 710 | 940 | 620 | 1E+08 | 105 | 760 | 590 | 440 | 610 | 330 |
| 7 | 100 | 720 | 750 | 900 | 660 | 120 | 1E+08 | 890 | 550 | 500 | 620 | 390 |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
| 8 | 170 | 820 | 750 | 990 | 660 | 200 | 145 | 1E+08 | 660 | 590 | 500 | 370 |
| 9 | 170 | 820 | 750 | 990 | 660 | 200 | 145 | 880 | 1E+05 | 590 | 500 | 370 |
| 10 | 170 | 820 | 750 | 990 | 660 | 200 | 145 | 880 | 660 | 1E+08 | 558 | 428 |
| 11 | 170 | 820 | 750 | 990 | 660 | 200 | 145 | 880 | 660 | 590 | 1E+08 | 370 |
| 12 | 170 | 820 | 750 | 990 | 660 | 200 | 145 | 880 | 660 | 590 | 500 | 1E+08 |

Матриця часових зв'язків послужила для визначення коефіцієнтів сумісності (табл. 3.5.). Діагональ матриці – нулі. Як видно з табл.3.5, перший пріоритет на виконання мають замовлення № 4, 5, 8, 9, 10, 12, оскільки K_c нульового рядка є для них максимальним. Ці замовлення мають виконуватись на початку процесу.

Таблиця 3.5.

Коефіцієнти сумісності замовлень

| Z | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|----|------|-------------|-------------|-------------|-------------|------|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 0 | 0,67 | 0,50 | 0,44 | 0,86 | 0,81 | 0,50 | 0,36 | 0,70 | 0,63 | 1,00 | 0,81 | 0,69 |
| 1 | 0,00 | 0,25 | 0,58 | 0,65 | 0,52 | 0,62 | 0,31 | 0,48 | 0,63 | 0,46 | 0,47 | 0,50 |
| 2 | 0,11 | 0,00 | 0,44 | 0,70 | 0,38 | 0,11 | 0,06 | 0,35 | 0,37 | 0,24 | 0,30 | 0,20 |
| 3 | 0,17 | 0,50 | 0,00 | 0,70 | 0,51 | 0,19 | 0,10 | 0,40 | 0,55 | 0,34 | 0,37 | 0,30 |
| 4 | 0,12 | 0,57 | 0,61 | 0,00 | 0,55 | 0,14 | 0,16 | 0,43 | 0,53 | 0,33 | 0,38 | 0,51 |
| 5 | 0,20 | 0,21 | 0,57 | 0,42 | 0,00 | 0,14 | 0,12 | 0,68 | 0,53 | 0,74 | 1,00 | 0,53 |
| 6 | 0,67 | 0,21 | 0,54 | 0,47 | 0,47 | 0,00 | 0,43 | 0,57 | 0,51 | 0,52 | 0,51 | 0,55 |
| 7 | 0,80 | 0,22 | 0,51 | 0,49 | 0,44 | 0,67 | 0,00 | 0,48 | 0,55 | 0,46 | 0,50 | 0,46 |
| 8 | 0,47 | 0,20 | 0,51 | 0,44 | 0,44 | 0,40 | 0,31 | 0,00 | 0,45 | 0,39 | 0,62 | 0,49 |
| 9 | 0,47 | 0,20 | 0,51 | 0,44 | 0,44 | 0,40 | 0,31 | 0,49 | 0,00 | 0,39 | 0,62 | 0,49 |
| 10 | 0,47 | 0,20 | 0,51 | 0,44 | 0,44 | 0,40 | 0,31 | 0,49 | 0,45 | 0,00 | 0,56 | 0,42 |
| 11 | 0,47 | 0,20 | 0,51 | 0,44 | 0,44 | 0,40 | 0,31 | 0,49 | 0,45 | 0,39 | 0,00 | 0,49 |
| 12 | 0,47 | 0,20 | 0,51 | 0,44 | 0,44 | 0,40 | 0,31 | 0,49 | 0,45 | 0,39 | 0,62 | 0,00 |

Оскільки для замовлення № 9 $K_{c.0.9} = K_{c.1.9}$, то за вищенаведеним алгоритмом перевіряємо пріоритет цього замовлення. Так як коефіцієнт концентрації $K_k = 0,83$, то перевага надається маятниковому маршруту і, відповідно, першому пріоритетові замовлення № 9. Після складання множини

замовлень першого пріоритету складаємо другий пріоритет. Для цього в рядку j матриці коефіцієнтів сумісності замовлень, який відповідає замовленню першого пріоритету, відшукуємо максимальне значення $K_{c,ij}$ і помічаємо номер відповідного стовпчика.

Якщо у стовпчику більше немає помічених значень коефіцієнта сумісності, і знайдене значення є відмінним від нуля, тоді цей номер відповідатиме тому замовленню, яке матиме другий пріоритет, і має виконуватись у спільному потоці із замовленням j . В такому порядку ведеться пошук доти, поки не будуть проглянуті усі стовпчики першого пріоритету. В результаті буде складено множину замовлень другого пріоритету. Якщо після цього якесь із замовлень першого пріоритету не має вибраного часового зв'язку із наступним замовленням, тоді вважається, що це замовлення виконуватиметься АТЗ на маятниковому маршруті. Пошук триває доти, поки усі замовлення не отримають пріоритету виконання. Згідно з табл. 3.3., замовлення першого і другого пріоритету виконуватимуться шістьма АТЗ на таких маршрутах: 0-4-2-13, 0-5-11-13, 0-8-13, 0-9-13, 0-10-3-13, 0-12-13. Використавши дані про витрати і доходи від виконання перевезень, за формулою (3.7.) знаходимо запланований прибуток - 54324 грн. Стосовно наведеного прикладу, практичне рішення, яке неодноразово застосовувалось менеджерами АТП, складається з таких маршрутів:

0-1-9-13, 0-2-6-13, 0-8-13, 0-11-4-13, 0-10-13, 0-12-7-13.

Фактично АТП за таким рішенням отримало прибуток у 43000 грн, що є значно меншим порівняно із прибутком за оптимальним рішенням. Якщо до тих самих початкових даних застосувати методику цілочислового програмування, яка відтворена у (3.7.)-(3.11.), тоді отримаємо розв'язок у вигляді переліку маршрутів, який є близьким до оптимального, а саме: 0-1-2-13, 0-4-13, 0-6-13, 0-11-13, 0-8-13, 0-9-13, 0-10-3-13, 0-12-13.

Прибуток при цьому становить 49611 грн.

3.4. Висновки за розділом 3

На основі методики нелінійної структурної оптимізації транспортного процесу за критерієм максимального прибутку, отриманого від вантажних перевезень та діяльності у взаємодії з партнерами, встановлено, що залучення додаткових АТЗ при збільшенні кількості замовлень призводить до зворотного ефекту, а саме збільшення кількості відмов. Це спостерігається до певної межі (орієнтовно 80% замовлень), після якої вхідний потік більшої інтенсивності обслуговується стабільно.

При застосуванні сумісної діяльності автотранспортних підприємств різниця максимального прибутку за оптимальної структури процесу може перевищувати інші варіанти співпраці на 10-12 тис.грн. при 10 відомих замовленнях, 5 наявних автотранспортних засобах, що становить 71%-73% від сукупного доходу.

Коефіцієнт сумісності замовлень є прямою ознакою доцільності взаємодії автотранспортних підприємств, оскільки максимальні прибутки таких підприємств прямо-пропорційно залежать від його числового значення.

РОЗДІЛ 4 ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ВЗАЄМОДІЇ АВТОТРАНСПОРТНИХ ПІДПРИЄМСТВ

4.1. Дослідження взаємодії автотранспортних підприємств на міжміських перевезеннях вантажів

У зв'язку з тим, що процеси виникнення і обслуговування замовлень на міжміські перевезення вантажів мають стохастичний характер, найбільш придатними для їх аналізу є засоби імітаційного моделювання [83]. Оскільки жодна з відомих методик відображення транспортних процесів для досягнення поставленої мети не підходить, то нами було розроблено і використано імітаційну модель із застосуванням мультиагентного підходу. Також було враховано можливість удосконаленого відображення транспортної мережі [89]. Перебіг моделі є циклічним. У цій моделі вхідні потоки замовлень на міжміські перевезення характеризуються такими випадковими параметрами: $Y_{z,j}$, $W_{z,j}$ - початковий і кінцевий пункти доставки вантажів в рамках замовлення z , де z - номер замовлення, j - номер циклу моделювання; k_1 - кількість їздок між зазначеними пунктами, які потрібно виконати в рамках даного замовлення; $WF_{z,j}$ - розмір часового вікна, впродовж якого потрібно виконати замовлення; τ_z - період повторення замовлення z . Автотранспортні засоби мають випадкову координату $X_{i,j}$ тільки на початковому циклі, а потім перебувають у тому пункті, де виконано останнє розвантаження. Якщо АТЗ не задіяний на j -му циклі, то його координата залишається незмінною. Циклічно, в кожному транспортному пункті виконується перевірка кількості готових до виконання замовлень і кількості вільних АТЗ. Критеріями координації парку рухомого складу є мінімальна кількість відмовлених замовлень, при умові максимального пробігу автомобілів з вантажем. Кожен АТЗ залучається до перевезення за такими правилами і пріоритетами: перевага надається тим замовленням, які мають найдовший пробіг автомобіля з вантажами, більші обсяги перевезень і тим, які мають більшу інтенсивність надходження; кожен j -й цикл відповідає періоду формування

множини заявок на перевезення (один робочий день).

Було проаналізовано ймовірні спільні дії між АТП на предмет обміну матеріальними та інформаційними ресурсами з метою отримання короткотривалої або перспективної вигоди. Кооперація різних автотранспортних підприємств може існувати у таких діях:

1) надання партнеру по кооперації інформації про наявність готових замовлень в разі неможливості їх виконання власними силами (власним партком АТЗ);

2) отримання від партнера по кооперації інформації про додаткові замовлення, які можна виконати власним партком АТЗ;

3) оренда у партнера по кооперації АТЗ для виконання замовлень, які залишились без виконання, але мають допустимі часові вікна для цього;

4) здача в оренду партнерові по кооперації власних АТЗ, які не задіяні впродовж поточного циклу і/або не будуть задіяні в майбутньому.

Зауважимо, що усі перелічені рішення базуються на прогнозах вхідного потоку замовлень, на результатах виконання попередніх циклів імітаційного моделювання та прийнятих пріоритетах вибору. З метою відображення в моделі цих умов було використано припущення про те, що періодичність надходження замовлень τ_z є детермінованою величиною, залежить від обсягів перевезення по кожному замовленню, і визначає наступний пункт завантаження і розвантаження за виразами:

$$Y_{z,j+\tau_z} = Y_{z,j}, \quad (4.1)$$

$$W_{z,j+\tau_z} = W_{z,j}, \quad (4.2)$$

де j - номер циклу імітаційного моделювання.

При цьому має виконуватись умова:

$$\tau_z \geq WF_{z,j}, \quad (4.3)$$

оскільки часові вікна замовлень, які надходять з одного джерела і до одного і того ж замовника транспортної послуги, не можуть перетинатись.

Перелічені дії по кооперації автотранспортних підприємств були відображені в моделі таким чином. Додаткова інформація про збільшення

кількості замовлень на майбутні періоди змодельована збільшенням інтенсивності стохастичного вхідного потоку при введенні більшого значення максимальної кількості замовлень Z_{max} . Далі генератор випадкових чисел вирівнює інтенсивність вхідного потоку до стаціонарного значення. Якщо кількість замовлень зростає, то перевізник не може не відреагувати на такі зміни і, найбільш ймовірно, може застосувати дію 3. Залучення додаткових АТЗ на правах оренди відображено в моделі збільшенням їх кількості, але так, що додаткові АТЗ додаються саме в той момент часу і саме в той пункт, де очікується навантаження вантажу. Інакше збільшення парку АТЗ частково втрачає сенс. Таким чином, якщо на деякому j -му циклі моделювання виникає додаткове замовлення з координатами $Y_{z,j}$, $W_{z,j}$, тоді воно може бути виконане з високою ймовірністю, оскільки в пункті відвантаження з'явиться орендований автотранспортний засіб, для якого

$$X_{i,j} = Y_{z,j}, \quad (4.4)$$

Ризик невиконання z -го додаткового замовлення на перевезення пов'язаний із тим, що в пункт $Y_{z,j}$ може надійти інше замовлення, яке має вищий пріоритет. Залучення додаткових АТЗ на кожному циклі не зменшує ймовірності того, що власні АТЗ перевізника залишаться невикористаними, навіть якщо вони виконують незавантажену їзду до пункту ймовірного навантаження.

Дії (1) та (4) перевізника не відображались імітаційною моделлю, оскільки вони пов'язані, перш за все, з фінансовою вигодою АТП, тобто вартісний показник транспортних процесів у цих дослідженнях не застосовувався.

Для перевірки адекватності імітаційної моделі використано інформацію, відому з практики виконання вантажних автомобільних перевезень, про масові перевезення насипних вантажів в південно-східних областях України автопоїздами-самоскидами на міжміських маршрутах. Ця інформація стосується середньої тривалості транспортних циклів, чисельності парку АТЗ одного перевізника та його конкурентів в даному регіоні, методів організації

транспортних процесів які розглядались, обсягів замовлень (кількості їздок, що виконувались вантажами АТЗ максимальної допустимої вантажопідйомності), допустимих періодів затримки у виконанні замовлень на перевезення. Застосовуючи ці дані, було виконано імітаційне моделювання виробничої програми, яка виконується парком АТЗ автотранспортного підприємства із залученням додаткових орендованих автопоїздів, при збільшенні обсягу замовлень. Для оцінювання якості обслуговування клієнтів застосовано показник співвідношення кількості не виконаних замовлень:

$$\eta_z = \frac{Z_r}{Z_\Sigma}, \quad (4.5.)$$

де Z_r - кількість замовлень, у виконанні яких клієнтам було відмовлено через відсутність готових для перевезень АТЗ, або через їх нижчий пріоритет;

Z_Σ - загальна кількість замовлень, які надійшли до АТП безпосередньо від клієнтів і від партнерів по кооперації.

При збільшенні кількості замовлень на перевезення їх частка, яка не приймається до виконання, асимптотично наближається до сталого значення, що дорівнює, приблизно, 0,8...0,95 (рис. 4.1.).

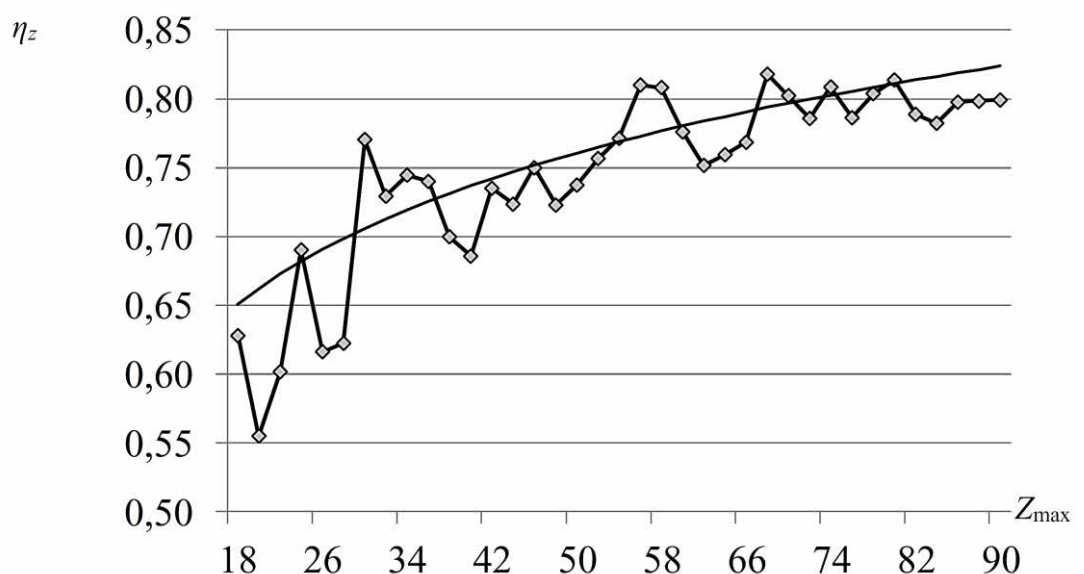


Рис. 4.1. Залежність коефіцієнта відмов від кількості замовлень

Описується це явище добре узгодженим з емпіричними значеннями

рівнянням логарифмічної регресії (4.6). Коефіцієнт згоди R^2 був обчислений на основі статистичного аналізу вхідних даних (додаток Є) і є досить високим - 0,758. Подальше збільшення кількості замовлень, як і кількості орендованих АТЗ, збільшують коефіцієнт відмов від кількості замовлень, асимптотично наближаючись до максимального сталого значення 0,95. Наведені на рис. 4.1. полігон емпіричних значень і теоретична крива стосуються парку власних АТЗ, що складається з 6 одиниць. Кількість орендованих АТЗ, N_a , коливається залежно від потоку замовлень в межах від 4 до 32 автотранспортних засобів (рис. 4.2.).

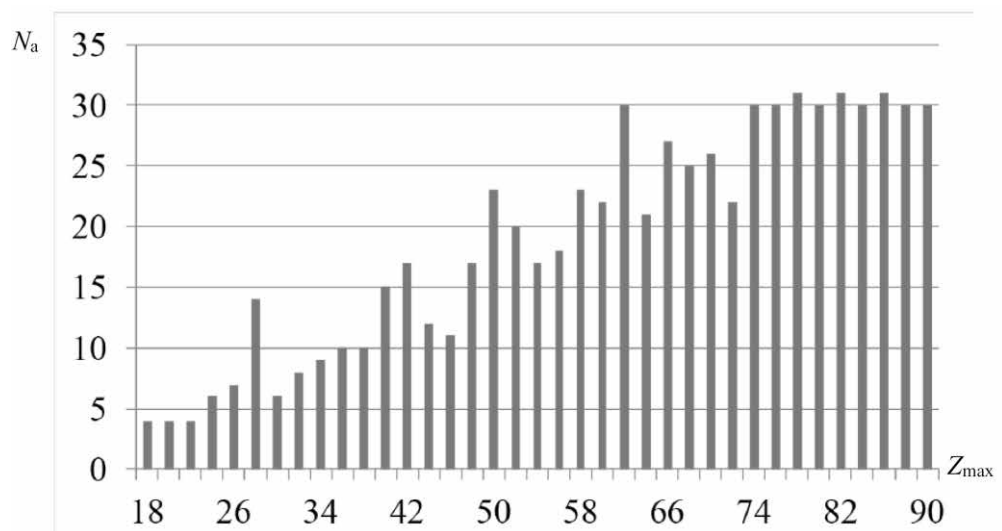


Рис. 4.2. Залежність кількості орендованих АТЗ від кількості замовлень при використанні 6 власних АТЗ

Такі ж залежності отримано при наявності у власному парку 12 одиниць АТЗ (4.7) та 18 одиниць АТЗ (4.8). Відповідними рівняннями регресії будуть:

$$y = 0,3407 + 0,2472 \cdot \log_{10}x; \quad (4.6.)$$

$$y = 0,3399 + 0,2476 \cdot \log_{10}x; \quad (4.7.)$$

$$y = 0,3372 + 0,2468 \cdot \log_{10}x; \quad (4.8.)$$

де y - коефіцієнт відмов від кількості замовлень на перевезення;

x - загальна кількість замовлень.

Усі рівняння регресії мають високе значення коефіцієнта згоди R^2 з емпіричними даними. Він є не меншим, ніж 0,75, що свідчить про їх

узгодженість.

Ефективність експлуатації власних і орендованих АТЗ при зростанні максимальної кількості замовлень і кількості орендованих АТЗ дещо збільшується. Про це свідчить зменшення сумарної тривалості простоїв T АТЗ на міжміських маршрутах (рис. 4.3.).

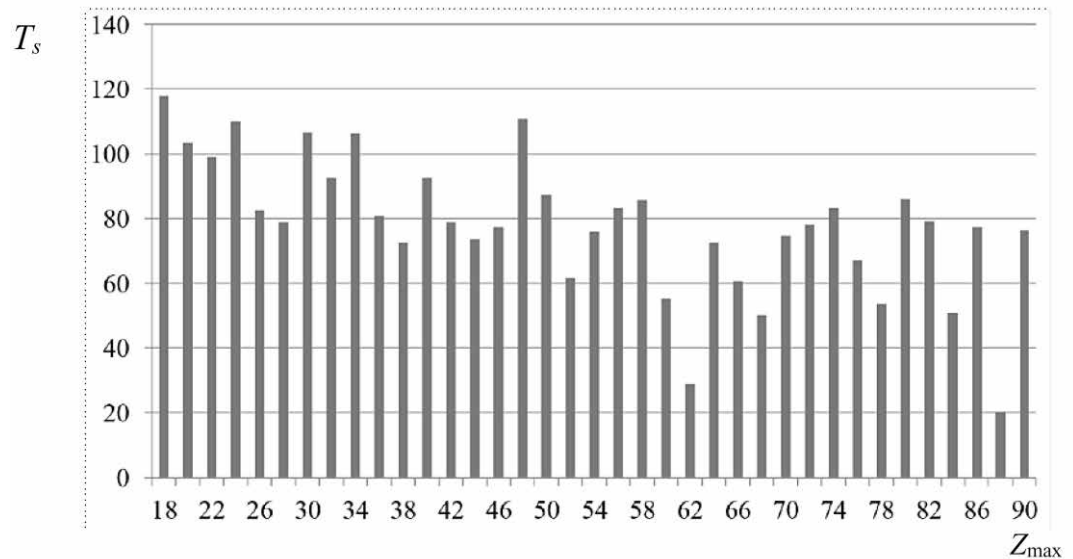


Рис. 4.3. Залежність тривалості простою власних і орендованих АТЗ від кількості замовлень

На наведеній гістограмі (рис. 4.3.) помітні коливання цього показника, а також можна відмітити, що мінімальні значення простою досягаються при випадкових збігах обставин. Все це означає, що ефективна експлуатація власного і орендованого парку АТЗ потребує ретельнішого опрацювання і використання доступної інформації. Наявність таких періодичних значень Z_{max} , при яких очікується мінімальне значення сумарного простою T_s , а також їх збіг з оптимальними показниками – коефіцієнтом відмов від кількості замовлень η_z і кількістю орендованих АТЗ N_a - означає, що транспортний процес може мати найбільш сприятливі структури, при яких автотранспортні засоби експлуатуються найбільш ефективно і з максимальним задоволенням попиту вантажовласників.

4.2. Моделювання процесу обслуговування вхідних потоків замовлень

ЗАМОВЛЕНЬ

Імітаційна модель застосована для аналізу вхідних потоків замовлень на перевезення насипних вантажів автотранспортним підприємством «Транс» на території України. До таких вантажів, які перевозяться підприємством, відносять зернові культури та відходи їх переробки (макуха, шрот), будівельні матеріали, сировина для металургійної промисловості, промислове і побутове сміття. Для виконання таких перевезень підприємство використовує вантажні автопоїзди у складі автомобіля-тягача MAN із платформою для самовивантаження+причіп-самоскид. Об'єм вантажу у такому автопоїзді - 92м³. Період активного використання АТЗ - травень- вересень. У подальших розрахунках використані дані спостережень стосовно перевезення насипних вантажів у південно-східних і центральних областях України під час періоду жнив. Перевезення здійснюються від елеваторів до порту, між різними елеваторами та переробними підприємствами. АТП має в цих регіонах три опорні пункти розташування АТЗ: м. Гайсин, м. Дніпро та м. Одеса. Дані було зібрано за червень-липень 2024 року. На схемі маршрутів (рис. 4.4.) наведені основні вантажоутворюючі і вантажопоглинаючі пункти та середній час руху між ними.

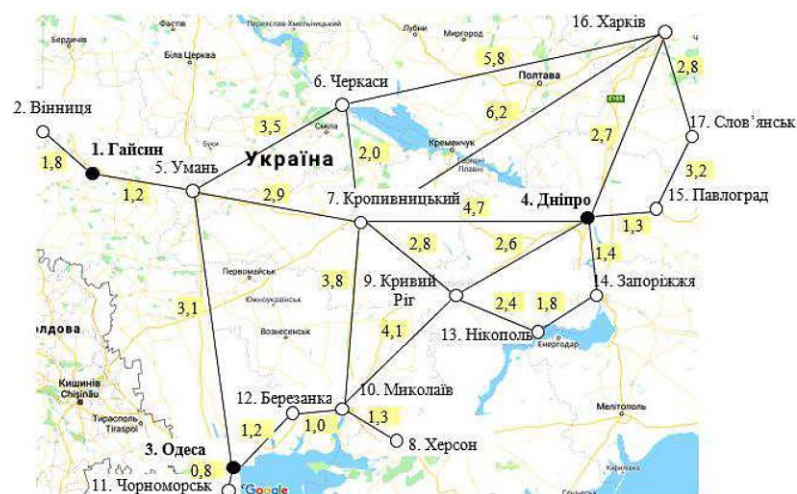


Рис. 4.4. Схема розташування пунктів перевезення насипних вантажів автотранспортними засобами підприємства: виділені жовтим кольором числа – середній час руху між заданими пунктами (год)

Опорні пункти підприємства на схемі відмічені чорними кружечками (на схемі їх 3), усі транспортні пункти пронумеровані (на схемі їх - 17).

Середній час руху визначений для середньої літньої інтенсивності транспортних потоків в період від 10-ї до 17-ї години на чинних автомагістралях цього регіону України станом на червень-липень 2024 року за допомогою маршрутизатора Google Map. На основі даних щодо відстаней між кожними двома транспортними пунктами, а також при використанні Google Map, побудовано матрицю тривалості руху $A_{y.w}$.

Чисельність парку АТЗ, які виконують перевезення насипних вантажів на даній території, становить 28 одиниць. Усі АТЗ справні, з пробігом від початку експлуатації - не більше 50 тис. км. Тривалість навантаження і розвантаження АТЗ за один цикл становить 2,0 год. з урахуванням часу виконання маневрів. Тривалість робочої зміни - 10 год.

Розглядався 2-х місячний період виконання перевезень, тобто 60 циклів імітації.

Заявки на перевезення надходять в головний офіс підприємства і формують вхідний потік впродовж одного робочого дня. Після цього проводиться розподіл заявок між вільними АТЗ. Середньодобова кількість заявок - 24. Середньоквадратичне відхилення - 6. Максимальна кількість замовлень за добу - 30. На підприємстві заявки обробляються як відділом логістики, так і комерційно-фінансовим відділом. В результаті, деякі замовлення відсіюють, як не вигідні для АТП, або ж такі, які неможливо виконати.

Представлені результати моделювання виконання заявок із припущенням, що усі замовлення є фінансово вигідні для підприємства. В результаті виконання моделювання, наприклад, за стратегією обслуговування II отримано такий вхідний потік замовлень, що наведений в табл. 4.1. Також, для кожного замовлення встановлено випадкове число – кількість їздок, яка коливається в межах від 1 до 3 (табл. 4.1.).

Таблиця 4.1.

Вхідний потік замовлень і кількість їздок на маршруті

| № замовлення | Початковий пункт | Кінцевий пункт | Кількість їздок | № замовлення | Початковий пункт | Кінцевий пункт | Кількість їздок |
|--------------|------------------|----------------|-----------------|--------------|------------------|----------------|-----------------|
| 1 | 5 | 3 | 3 | 16 | 5 | 14 | 2 |
| 2 | 3 | 16 | 1 | 17 | 4 | 14 | 1 |
| 3 | 3 | 16 | 3 | 18 | 13 | 9 | 1 |
| 4 | 15 | 1 | 3 | 19 | Відсутнє | | – |
| 5 | 4 | 13 | 3 | 20 | 15 | 10 | 1 |
| 6 | 10 | 3 | 3 | 21 | 10 | 9 | 3 |
| 7 | 7 | 13 | 1 | 22 | 14 | 15 | 1 |
| 8 | 14 | 8 | 1 | 23 | 7 | 14 | 2 |
| 9 | 1 | 12 | 3 | 24 | 9 | 14 | 2 |
| 10 | 7 | 10 | 2 | 25 | 8 | 11 | 1 |
| 11 | 1 | 2 | 3 | 26 | 7 | 9 | 3 |
| 12 | 6 | 13 | 3 | 27 | 12 | 11 | 3 |
| 13 | 11 | 13 | 2 | 28 | 12 | 13 | 1 |
| 14 | 4 | 8 | 2 | 29 | 13 | 6 | 3 |
| 15 | 12 | 6 | 2 | 30 | 13 | 4 | 1 |

В результаті початкового розподілу замовлень на нульовому кроці отримуємо таке їх представлення.

Як бачимо, у деяких пунктах замовлень немає: пункти 2, 16, 17. В інших пунктах є до 4 замовлень, які посортовані програмно в порядку спадання пріоритету виконання. Наприклад, в пункті 7 (м. Кропивницький) є 4 замовлення: № 23, №7, №10, №26. Першочергово розподіляються найбільш тривалі замовлення і ті, які мають найбільшу кількість їздок. Також видно, що деякі замовлення з максимально 30 можливих відсутні, оскільки процедура рандомізації обнулила їх початкові пункти.

Було задано, що кількість замовлень, які надходять перевізнику: $Z_{min} \leq Z \leq Z_{max}$, де $Z_{min} = 18$, $Z_{max} = 30$ – це, відповідно, нижня і верхня межі кількості замовлень. Рандомізація допускає меншу кількість замовлень у зв'язку з рівномірним розподілом їх надходження. У наведеному прикладі, зокрема, відсутнє замовлення № 19. Готовність автомобілів виконувати замовлення відображено в табл. 4.2.

Готовність автомобілів виконувати по пунктам замовлення

| № пункта | Кількість АТЗ | Кількість замовлень | Кількість АТЗ «співвідноситься з кількістю замовлень» | Замовлення, які можна прийняти до виконання |
|----------|---------------|---------------------|---|---|
| 1 | 2 | 2 | = | 2 |
| 2 | 2 | 0 | > | 0 |
| 3 | 1 | 2 | < | 1 |
| 4 | 3 | 3 | = | 3 |
| 5 | 3 | 2 | > | 2 |
| 6 | 1 | 1 | = | 1 |
| 7 | 0 | 4 | < | 0 |
| 8 | 2 | 1 | > | 1 |
| 9 | 1 | 1 | = | 1 |
| 10 | 2 | 2 | = | 2 |
| 11 | 0 | 1 | < | 0 |
| 12 | 3 | 3 | = | 3 |
| 13 | 0 | 3 | < | 0 |
| 14 | 3 | 2 | > | 2 |
| 15 | 4 | 2 | > | 2 |
| 16 | 1 | 0 | > | 0 |
| 17 | 0 | 0 | = | 0 |
| Всього | 28 | 29 | | 20 |

В результаті маємо такі початкові дані нульового циклу ІМ:

- максимально можлива кількість замовлень - 30;
- кількість нових замовлень - 29;
- кількість вільних АТЗ на початку циклу - 28;
- кількість замовлень, які можна одразу ж прийняти до виконання - 20.

З отриманого фрагменту розкладу видно, що АТЗ № 1, №3, №2, №4 призначені на виконання замовлень з однією їздою. Автомобілі № 14, №16 - на паралельне виконання 2-х їздок замовлення № 11 АТЗ №14 і однієї їздки - АТЗ №16. Аналогічно, АТЗ № 9, №19 - замовлення № 14; інші АТЗ - на послідовне виконання замовлень, які виконуються за більш, як одну їзду. Деякі замовлення, які виконуються за більш, як одну їзду, забезпечені одним АТЗ, який послідовно їх виконує. Це, наприклад, - замовлення № 12, яке має бути виконане

АТЗ № 10 за маршрутом: пункти 13-6-13-6. Оскільки тривалість однієї їздки з вантажем у пункти 13-6 і зворотної у пункти 6-13 займає 2 зміни, то загальна зайнятість АТЗ № 10 при виконання цього замовлення становитиме 4 зміни. У зв'язку із цим, вагомими показниками процесу є тривалість руху з вантажем (оплачувана послуга) і тривалість простоїв АТЗ (неоплачуваний час). Вказані показники виводились як числова оцінка імітаційного моделювання.

4.3. Оцінювання роботи парку автотранспортних засобів залежно від вхідних потоків

В ІМ було використано початкові дані, які були надані АТП «Транс».

Здійснено моделювання обслуговування рівномірно розподіленого потоку вхідних замовлень на перевезення насипних вантажів за кожною із трьох стратегій. Було розглянуто три стратегії обслуговування: виконання замовлення на перевезення вантажів без порожнього пробігу АТЗ з очікуванням замовлень у пункті останнього розвантаження; виконання замовлення на перевезення вантажів з порожнім пробігом АТЗ до найближчого пункту завантаження; виконання замовлення на перевезення вантажів з фіксованими періодами повторності наперед відомих замовлень.

Головний параметр ІМ, а саме - кількість відмов, разом із його похідними характеристиками, наведений на рис.4.5 та рис. 4.6.

На кожній із наведених на них діаграм відображено по чотири часові ряди. Перший ряд - кількість замовлень, які надійшли у вигляді заявок на підприємство. Це - найбільше числове значення серед усіх часових рядів, яке залежить тільки від генератора випадкових чисел.

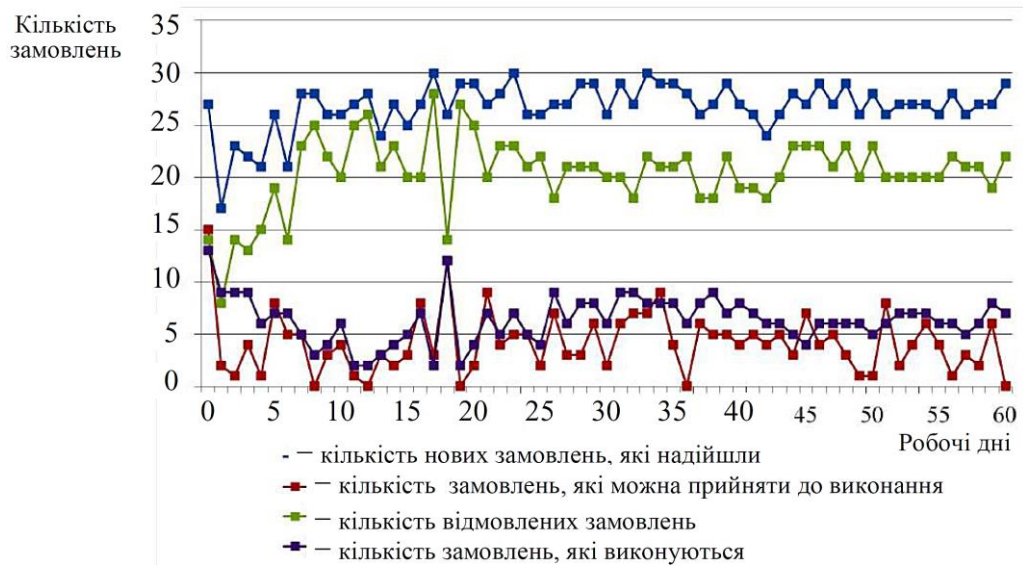


Рис. 4.5. Покрокова зміна вхідного потоку замовлень і його обслуговування при відсутності пробігу АТЗ без вантажу, з очікуванням замовлення в пункті останнього розвантаження (стратегія №1)

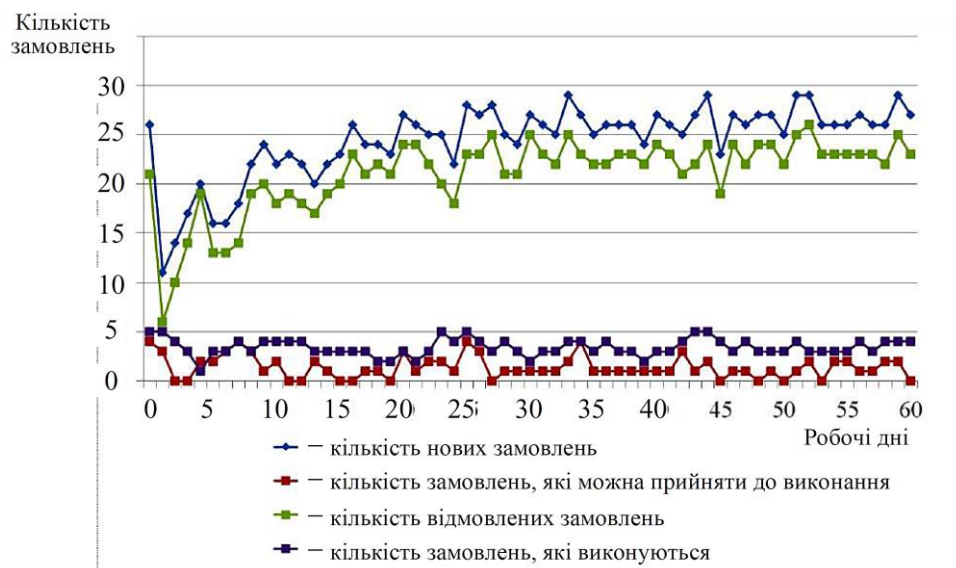


Рис. 4.6. Покрокова зміна вхідного потоку і його обслуговування з пробігом АТЗ без вантажу, без очікування чергового замовлення в пункті останнього розвантаження (стратегія №2)

Другий ряд - кількість замовлень, які можна прийняти до виконання. Ця кількість є максимальною на початку моделювання. Але, коли АТЗ вже розподілені на маршрути, то їх кінцеві пункти, як правило, не співпадають з початковими пунктами нових замовлень. Тому ця величина Z_a на наступних циклах коливається. Кількість замовлень, які можна прийняти до виконання,

визначається кількістю співпадінь координат вільних і нерозподілених АТЗ із пунктами, де є вантаж для відправлення.

Третій ряд - кількість відмов - це різниця між кількістю замовлень, які надійшли, і тими замовленнями, що виконуються на поточному кроці. Не враховуються ті замовлення, які ще виконуються Z_a . Адже АТП не може вплинути прямими методами на загальний обсяг замовлень. Тому потрібно розглядати методи організації процесу перевезень таким чином, щоб маршрути були раціональними і враховували доступний прогноз вхідного потоку. Кількість відмов на наступних кроках моделювання, починаючи з $j = 1$ кроку, залежить ще й від обсягу робіт по виконанню замовлень на кроці $j - 1$. Кількість замовлень, які виконуються, залежить від того, як був здійснений розподіл АТЗ в минулому, та від кількості доступних замовлень в теперішній момент.

Якщо порожній пробіг АТЗ «заборонений» (стратегія №1), то розбіжність між кількістю замовлень, які надійшли, і кількістю тих, які виконуються, є дуже великою (рис. 4.5.). Адже АТЗ обмежені у використанні, навіть якщо інформація про невиконані і доступні замовлення в інших пунктах є в наявності. Однак, потрібно зауважити, що до кінця останнього циклу кількість відмов і кількість замовлень, які виконуються для даної стратегії обслуговування, стабілізуються, а їх часові ряди набувають стохастично-періодичного характеру.

Загальна кількість відмов при стратегії №2 дещо зменшується. Тут не можна говорити про покращення використання парку АТЗ. Адже, навіть якщо АТЗ виконає переїзд до сусіднього найближчого пункту, де розміщений вантаж для перевезення з попереднього невиконаного замовлення, то це ще не означає, що цей АТЗ буде використаний. Такий самий пробіг можуть здійснити й інші АТЗ. Однак, при стратегії №2, кількість замовлень, які виконуються, уявляють собою майже стаціонарний процес, який зазнає малих коливань. Головною причиною цього явища є те, що кількість замовлень, які надійшли на попередніх циклах і виконуються, є переважно більшою, ніж кількість нових замовлень, які прийняті на поточному циклі. Отже, можна зробити висновок, що стратегія №2 націлена на виконання великих (багато їздок з вантажем) і довгострокових

(багато змін зайнятості АТЗ) замовлень. Стратегія №2 приносить стабільність, але не знижує простої АТЗ одного парку рухомого складу АТП.

Кількість відмов зменшується, якщо використовувати доступні прогнози дані стосовно періодичності надходження замовлень та їх різновидів. Наприклад, якщо періодичність надходження замовлень відома, і не перевищує 12 діб, тоді вхідний потік можна охарактеризувати приблизно сталою інтенсивністю. Однак, це суттєво не зменшує кількість відмовлених замовлень, хоча процес їх виконання стабілізується. Це відображають часові ряди стратегії №3 (рис. 4.7).

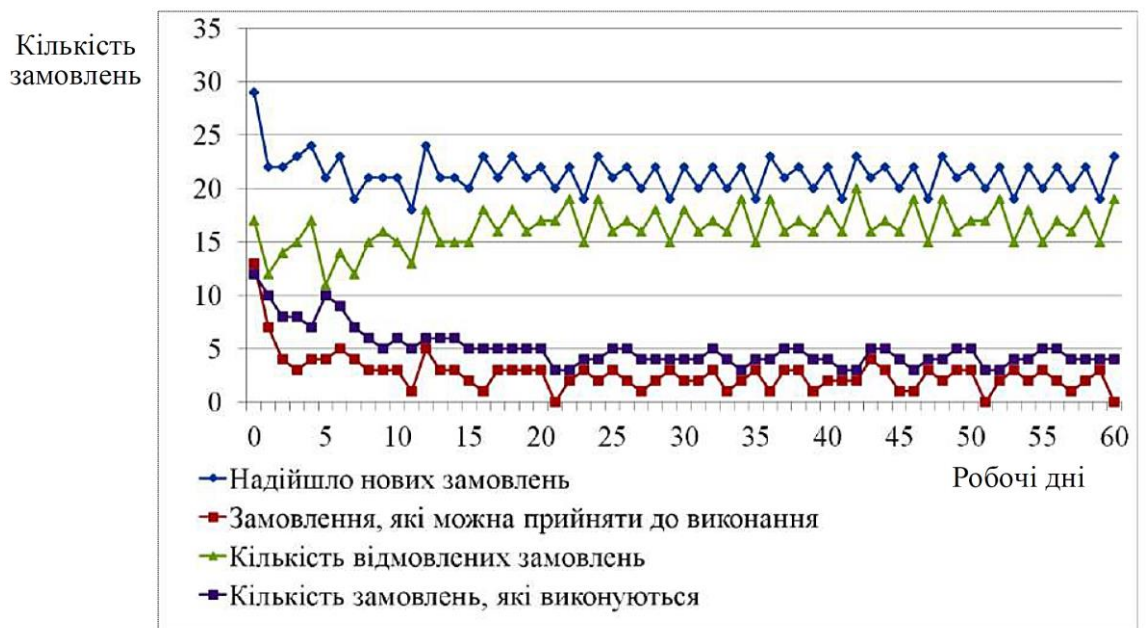


Рис. 4.7. Покрокова зміна вхідного потоку і його обслуговування з пробігом АТЗ без вантажу і без очікування чергового замовлення в пункті останнього розвантаження при фіксованій періодичності надходження замовлень (стратегія №3)

Якщо порівняти сумарні і середні за цикл параметри ІМ, які налаштовані на кожен із розглянутих трьох стратегій, то можна виділити такі їх особливості (табл. 4.3.). У таблиці наведені результати імітаційного моделювання при фіксованому значенні максимальної (30 діб) і мінімальній (12 діб) періодичності виникнення замовлень.

Таблиця 4.3.

Показники транспортного процесу при трьох стратегіях обслуговування вхідного потоку замовлень на перевезення вантажів (зведені за 60 кроків імітаційного моделювання)

| Показник | Стратегія № 1 | Стратегія № 2 | Стратегія № 3 |
|---|---------------|----------------|---------------|
| Середня тривалість їздок з вантажем за цикл, год | 31,4 | 56,1 | 35,7 |
| Сумарна тривалість їздок з вантажем за цикл, год | 1882,7 | 3368,8 | 2139,0 |
| Середня тривалість простою за цикл, год | 253,3 | 228,5 | 249,0 |
| Сумарна тривалість простою за цикл, год | 15197,3 | 13711,2 | 14940,8 |
| Загальна кількість відмов | 1512 | 1250 | 1132 |
| Загальна кількість замовлень | 1712 | 1735 | 1461 |
| Середня тривалість пробігу АТЗ без вантажу за цикл, год | 0,0 | 41,8 | 1,02 |

Характерними особливостями запропонованих стратегій є:

- для стратегії №1 - відсутність порожнього пробігу АТЗ, але найбільші кількість відмов і тривалість простою;
- для стратегії №2 - велика кількість їздок з вантажем, однак для цього АТЗ мають здійснювати великі порожні пробіги, тривалість простою АТЗ - найменша;
- для стратегії №3 - найменша кількість відмов, але й невелика тривалість пробігу АТЗ з вантажем.

Для підтвердження виявлених особливостей вхідних потоків та їх обслуговування було проведено імітаційне моделювання зі змінною періодичністю надходження замовлень (рис. 4.8. та рис. 4.9.). Отримано залежності кількості відмов виконання замовлень на перевезення вантажів від випадкової періодичності їх надходження, яка задана інтервалом.



Рис. 4.8. Зміна кількості відмов при зміні періодичності надходження замовлень на перевезення вантажів для стратегії №1

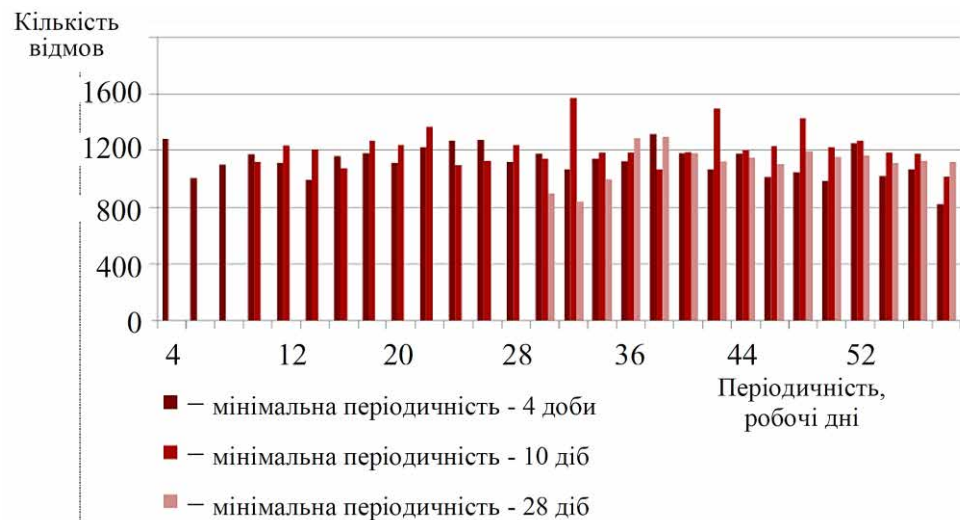


Рис. 4.9. Зміна кількості відмов при зміні періодичності надходження замовлень на перевезення вантажів для стратегії №2

Наприклад, інтервал періодичності - 4 доби означає, що усі замовлення на перевезення вантажів є одноразовими при мінімальній періодичності 4. Якщо мінімальна періодичність надходження замовлень становить 4 доби, а інтервал періодичності - 28 діб, то це означає, що замовлення виникає впродовж періоду, який становить інтервал $[4...32]$ доби. Розподіл виникнення замовлення в кожному з інтервалів - рівномірний.

Для стратегії №3 періодичність виникнення замовлень - детермінована величина, тому для декількох замовлень періодичність може бути однаковою. Тому на рис. 4.10. наведена залежність кількості відмов у виконанні замовлень

від інтервалу періодичності при умові, що кількість однакових інтервалів періодичностей, які не перетинаються, дорівнює 3. Таку кратність вибрано з міркувань чистоти експерименту: середня кількість замовлень, які надійшли за добу, має дорівнювати 24. При кількості однакових періодичностей 3 і загальному інтервалі – 8 діб всі замовлення можна поділити на три. Перша група замовлень виникає з періодичністю 4 доби, друга - 6 діб, а третя - 8 діб. В іншому випадку, коли максимальна періодичність становить 28 діб, а кількість груп однакових за періодичністю замовлень становить 5, тоді усіх їх можна поділити так: 12 діб, 16 діб, 20 діб, 24 доби, 28 діб. Загалом це впливає на кількість нових замовлень, які надходять перевізнику. У зв'язку з тим, що періодичність задається різницею величин $\tau_{\max} - \tau_{\min}$, то мінімальна періодичність є визначальною для потоку замовлень. Тому на рис. 4.8. та рис. 4.9. відповідні гістограми починаються зі значень прийнятої величини τ_{\min} .

Періодичність надходження замовлень для стратегії № 3 приймалась із статистичних даних про такі спостереження в минулому році на тому ж підприємстві АТП «Транс». Зокрема, тут було виявлено, що періодичність надходження замовлення є величиною, прямо-пропорційною тривалості його виконання. Тому кожному замовленню було поставлено у відповідність інтервал періодичності, що відповідає його тривалості.

Також відомо, що деякі замовлення виникають з однаковою періодичністю. Тому моделювання стратегії №3 було проведене зі змінним інтервалом періодичності замовлень (рис. 4.10.). З наведених гістограм видно, що інтервал періодичності при рівномірному розподілі вхідного потоку замовлень не є суттєвим фактором, який впливає на кількість відмов для стратегій №1 і №2. Для стратегії №3 головним є також не інтервал періодичності а те, яка є відповідність між тривалістю транспортного циклу і його періодичністю виконання.

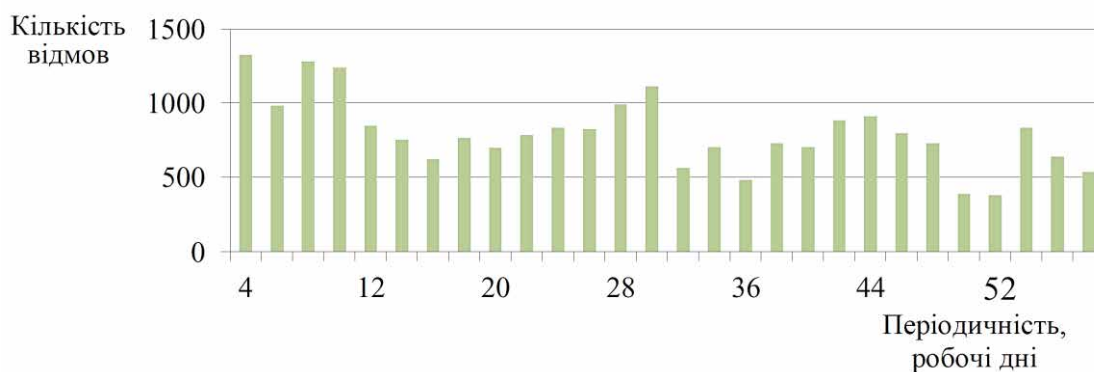


Рис. 4.10. Зміна кількості відмов при зміні періодичності надходження замовлень на перевезення вантажів для стратегії №3

Отримані результати імітаційного моделювання демонструють досить велику частку відмов у виконанні замовлень на перевезення вантажів. Співвідношення сумарної кількості відмов до загальної кількості замовлень, які АТП потенційно могло б виконати, є не меншим, ніж 0,72 для усіх циклів, незалежно від стратегії обслуговування.

На початку моделювання кількість відмов є невеликою. Але у процесі виконання перевезень АТП недостатньо взаємодіють з точки зору перерозподілу транспортних завдань. У зв'язку із цим завантаження транспортних засобів стає нерівномірним. В пунктах відвантаження нагромаджуються вантажі, які не відповідають високому пріоритету виконання замовлень. Тому відмови вантажовідправникам збільшуються. Однак з наведених на рис. 4.8. - 4.10. результатів ІМ видно, що в ході подальшого перебігу транспортних циклів кількість відмовлених замовлень коливається відносно деякого стаціонарного значення. Таке явище є особливо помітним тоді, коли перевізникові стають відомими прогноз і закономірності потоку замовлень (стратегія №3 - рис. 4.10.). Це означає, що потоки АТЗ даного АТП на мережі періодично гармонізуються з вхідними потоками. Однак транспортні цикли парку АТЗ при цьому ще недостатньо скоординовані. Адже це не закладено у можливості розробленої методики моделювання.

З іншого боку, порівнюючи отримані результати з тими, які можна отримати за допомогою моделей системи масового обслуговування (СМО), можна вказати очевидні переваги запропонованої ІМ.

Головно перевагою є отримана можливість встановити закономірності виникнення, приймання і виконання замовлень на перевезення вантажів. Переважна більшість відомих методів ІМ позбавлена такої можливості. Відомі методи ІМ базуються на певному виді моделей СМО. Процес виконання обслуговування замовлення чи настання відмов у обслуговуванні розглядається в таких ІМ без урахування особливостей розташування об'єкта обслуговування в просторі і часі. Застосований в запропонованій методиці агентно-орієнтований підхід є своєрідним балансом між суб'єктивними і об'єктивними чинниками в процесі прийняття рішень.

Друга перевага представленої ІМ полягає у тому, що вона надає спрощену можливість відобразити різні стратегії обслуговування замовлень на перевезення вантажів. Перевірка ІМ на адекватність здійснювалась на трьох стратегіях, які є на практиці. Такі стратегії є логічними за умовами їх застосування. Однак можливі й інші варіанти управління вантажопотоками, які можна відобразити як нескладну зміну запропонованого алгоритму. Комп'ютерна програма й алгоритм мають блочну структуру, яка дає змогу легко здійснити такі зміни. Це відкриває можливість застосувати методику для дослідження системи управлінських рішень АТП, у тому числі - для дослідження умов взаємодії різних автотранспортних підприємств у кооперації.

Однак подальші дослідження можуть зіткнутись із труднощами, які пов'язані з розмірністю вхідних потоків і трудомісткістю підготовки початкових даних. Труднощі стосуються, насамперед, побудови матриці тривалостей обслуговування. Часова матриця може бути в декілька разів більшою, а часові елементи цієї матриці є динамічними. Для усунення таких труднощів ІМ потрібно дооснастити вбудованими алгоритмами маршрутизації й забезпечити динамічними базами даних. В цьому випадку ІМ буде більш точно відобразити процеси обслуговування вантажопотоків і стане високоефективним практичним засобом управління процесами перевезень.

4.4. Визначення економічного ефекту від впровадження результатів дослідження

Застосування управлінських рекомендацій та розроблених стратегій обслуговування дає змогу впровадити новий, оптимальний інтегрований транспортний процес із залученням наявного власного парку АТЗ автотранспортного підприємства та основних засобів його АТП-партнерів по кооперації. Підвищення економічної ефективності діяльності підприємства може бути досягнуте за рахунок обґрунтованих рішень стосовно розподілу власних автотранспортних засобів, необхідності їх оренди та удосконалення інформаційного забезпечення. Економічний ефект від впровадження результатів досліджень досягається шляхом збільшення надходжень коштів від обслуговування більшої кількості замовлень на перевезення вантажів, зменшення відмов у їх виконанні, а також прогнозування рентабельності замовлень, які надходять в загальному потоці. З іншого боку, автотранспортне підприємство, яка використовує запропоновану в роботі методику оптимізації процесу обслуговування вантажопотоків, знижує витрати через зменшення незавантаженого пробігу і простою АТЗ.

За допомогою спеціальної літератури та на основі звіту підприємства ТОВ «Транс» визначено основні параметри парку його автотранспортних засобів. Тип рухомого складу, який знаходиться на балансі підприємства: автопоїзд у складі тягача MAN 19.463 FLT/N із н/п KRONE; автопоїзд у складі тягача MAN 19.464 FLT/N із н/п KRONE; автопоїзд у складі тягача MAN 18.463 FLT із н/п SCHMITZ.

Після впровадження методики планування перевезень на підприємстві ТзОВ «Транс», було отримано такі дані по підприємству:

- загальний річний обсяг перевезеного вантажу (по усіх філіях підприємства) за 2024 рік становив $Q_p = 470,3$ тис.тонн;
- загальна річна кількість відпрацьованих автомобіле-годин становила 485376 год;
- загальний річний пробіг усіх АТЗ становила $L_p = 15843,7$ тис.км;

- загальна річна кількість їздок становила $Z_e = 31518$, у т. ч. з вантажем
- $Z_B = 27736$.

Середня річна кількість рейсів по АТП визначалась із співвідношення:

$$Z_p = A_{\text{сп}} \cdot \frac{\Phi_d}{T_p}, \quad (4.9.)$$

де $A_{\text{сп}}$ - спискова кількість АТЗ на підприємстві;

Φ_d - дійсний фонд часу одного АТЗ на підприємстві, год:

$$Z_p = 150 \cdot \frac{3236}{15,4} = 31518.$$

Середній пробіг за одну їздку розраховувався за формулою, км:

$$l_e = \frac{L_p}{Z_e}, \quad (4.10.)$$

$$l_e = \frac{(15843,7 \cdot 1000)}{31518} = 503 \text{ км.}$$

Середня тривалість їздки, $t_e = 15,4$ год.

Середня тривалість рейсу $T_p = 15,4$ год.

Рейси організують таким чином, що за один рейс автопоїзд виконує 2-3 їздки з вантажем. Максимальний річний пробіг усіх АТЗ з вантажем становив $L_B = 13942,4$ тис. км; загальний річний пробіг $L_p = 15843,7$ тис. км.

У середньому за один рейс показники його виконання такі: тривалість простою під навантаженням-розвантаженням становила $t_{\text{н.р.}} = 4,9$ год; тривалість простою з організаційних причин - $t_{\text{орг.}} = 4,3$ год; тривалість руху - $t_p = 3,7$ год. Результати розрахунків наведені в табл. 4.5.

Таблиця 4.5.

Техніко-експлуатаційні показники парку АТЗ підприємства ТОВ
«Транс» за 2024-2025 роки

| Показник | Одиниця виміру | Разом по АТП за рік | | Зміни до 2024, % |
|---------------------------------|-------------------|---------------------|------|------------------------|
| | | 2024 | 2025 | |
| Спискова кількість АТЗ | од. | 150 | 150 | 0,0% |
| Коефіцієнт випуску АТЗ на лінію | - | 0,66 | 0,79 | 19,7% |

| | | | | |
|---------------------------------------|----------|----------|----------|-------|
| Річний обсяг перевезень вантажів | тис.тонн | 430,80 | 470,30 | 9,2% |
| Середній час у рейсі | год | 14,60 | 15,40 | 45,3% |
| Середня довжина їздки з вантажем | км | 424,00 | 503,00 | 18,6% |
| Середня технічна швидкість | км/год | 27,80 | 32,60 | 17,3% |
| Середня номінальна вантажопідйомність | тонн | 21,20 | 21,20 | 0,0% |
| Середній річний пробіг АТЗ | тис.км | 87,20 | 105,60 | 21,1% |
| Середній річний пробіг АТЗ з вантажем | тис.км | 65,60 | 92,90 | 41,6% |
| Загальний річний пробіг АТЗ | тис.км | 12689,00 | 15843,70 | 24,9% |
| Річний пробіг з вантажем АТЗ | тис.км | 10924,00 | 13942,40 | 27,6% |

Аналіз наведених у табл. 4.5 даних показав, що раніше рухомий склад підприємства експлуатувався не достатньо ефективно. Про це свідчить невисокий коефіцієнт випуску АТЗ на лінію, невеликий сумарний річний пробіг з вантажем за рік, невисока середня технічна швидкість.

Було також проведено аналіз собівартості перевезень і тарифів на перевезення вантажів. Аналіз виконувався на основі початкових даних з підприємства ТОВ «Транс» (табл. 4.6.).

Таблиця 4.6.

Зміна річних витрат на виконання вантажних перевезень

| Назва | Зміна витрат у 2025 році по відношенню до 2024 року, % | % від собівартості |
|--|--|--------------------|
| Основна і додаткова заробітна плата водіїв | +8,3 | 8,6% |
| нарахування на заробітну плату | +10,8 | 2,9% |
| Паливо | -21,5 | 63,8% |
| Мастильні матеріали | -15,8 | 6,0% |
| Знос та ремонт шин | -6,3 | 2,4% |

| | | |
|---|-------|--------|
| Запасні частини | +3,4 | 1,5% |
| Витрати на: | | |
| технічне обслуговування | +2,1 | 1,1% |
| поточний і капітальний ремонт | +5,9 | 2,0% |
| Витрати, пов'язані з міжнародними перевезеннями | +6,4 | 2,5% |
| Маркетингові витрати | +12,5 | 0,5% |
| Накладні витрати | + 0,9 | 7,2% |
| Податки і збори | +3,2 | 1,2% |
| Дорожній збір | +7,3 | 0,3% |
| Разом по собівартості | -6,8 | 100,0% |

Повна собівартість 1 км пробігу з вантажем (в середньому - при виконанні перевезень у міжнародному сполученні та території України у міському та міжміському сполученні) по підприємству становила $C_{n,км} = 1,8$ грн. за 2025 рік. При перевезеннях на великі відстані підприємством застосовується договірний тариф, який становив від 16 до 41,25 грн./км (чим більша відстань, тим тариф менший). Згідно з декларацією підприємства чистий прибуток підприємства за 2025 рік становив $\Pi_{2025} = 961,1$ тис.грн.

Для оцінки ефективності капіталовкладень використано метод, базований на дисконтуванні ефекту від інвестованих капіталовкладень, та визначенні терміну окупності, роки.

$$T_{OK} = T + \frac{S_m}{S_{m+1} + S_m}, \quad (4.11.)$$

Інвестиції для впровадження запропонованих рекомендацій на підприємстві становлять $K = 3738,5$ тис.грн. Термін їх окупності - $T_{OK} = 2,2$ року (табл. 4.7).

Розрахунок економічної ефективності від впровадження результатів
дослідження

| Показник | | Одиниця виміру | Формула | Рік | | | |
|---|---------------------|----------------|--------------------|---------|--------------|--------|--------|
| | | | | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 |
| Прибуток | за 1-й рік | тис.грн. | - | 961,1 | 756,0 | 600,0 | 0,0 |
| | коефіцієнт поправки | - | - | | 2,2 | 3,0 | 2,2 |
| | за наступні роки | тис.грн. | $P_1 \cdot K_{nt}$ | | 2116,7 | 2883,3 | 2116,7 |
| Капітальні витрати | за 1-й рік | тис.грн. | - | 2382,5 | 756,0 | 600,0 | 0,0 |
| | коефіцієнт поправки | - | - | | 0,5 | 0,4 | 0,3 |
| | за наступні роки | тис.грн. | $K_1 - K_{kt}$ | | 1971,9 | 877,2 | 180,1 |
| Недисконтований економічний ефект | | тис.грн. | $P_t - K_t$ | -1421,4 | 144,8 | 2006,1 | 1936,6 |
| Норма дисконту | | % | - | 4,2% | 4,2% | 4,2% | 4,2% |
| Коефіцієнт дисконту | | - | $1/(1 + E_x)^t$ | 1,0 | 1,0 | 0,9 | 0,9 |
| Дисконтований економічний ефект зі знаком | | тис.грн. | $E_{pt} \cdot A_t$ | -1421,4 | 138,9 | 1847,7 | 1711,7 |
| Кумулята дисконтованого річного ефекту | | тис.грн. | E_{pt} | -1421,4 | -1282,5 | 565,2 | 2277,0 |
| Знак кумуляти дисконтованого ефекту | | - | Знак S_t | - | - | + | + |

4.5. Висновки за розділом 4

Набір правил, який найбільш точно відображає зміст бажаних наслідків виконання перевезень, можна звести до того, що у роботі кожного АТЗ мають бути цикли, які пропорційні до циклічності вхідного потоку. Однак розмір інтервалу періодичності не впливає на точність імітації ТП міжміських перевезень вантажів.

Засобами імітаційного моделювання діяльності автотранспортного підприємства при його взаємодії з партнерами при виконанні заданого потоку замовлень на перевезення вантажів встановлено, що найбільш суттєвим для їх успішної діяльності на міжміських маршрутах є показник кількості замовлень в розрізі тих, що надійшли, відмовлені й виконані.

Натомість між властивістю сумісності замовлень в одному потоці і отриманим доходом існує суттєвий кореляційний зв'язок, який можна використати для планування процесу перевезень.

Враховуючи результати ІМ можна стверджувати, що найбільш суттєвим для успішної діяльності АТП при виконанні перевезень на міжміських маршрутах є показник кількості замовлень в розрізі тих, що надійшли, відмовлені й виконані. Для тих варіантів розподілу АТЗ по наявних замовленнях, де кількість відмов є мінімальною, усі інші експлуатаційні показники також набувають оптимального значення.

Кількість задіяних власних АТЗ для виконання заданого обсягу замовлень є несуттєвим чинником, який визначає загальний дохід від виконання вантажних перевезень. Натомість між властивістю сумісності замовлень в одному потоці і отриманим доходом існує суттєвий кореляційний зв'язок, який можна використати для планування процесу перевезень.

ВИСНОВКИ

1. На основі аналізу системоутворюючих факторів розроблено методику структурної оптимізації інтегрованого транспортного процесу, які впливають на господарську діяльність автотранспортних підприємств. Встановлено, що головним джерелом подальшого зростання цих підприємств є налагодження організаційно-технологічної взаємодії з партнерами для виконання замовлень на перевезення вантажів на основі їх сумісності, нерівномірності, впорядкованості.

2. Удосконалено методику структурного моделювання інтегрованого транспортного процесу з параметрами випадкових вхідних вантажопотоків на основі динамічного підходу до організаційно-технологічної взаємодії вантажних автотранспортних підприємств з урахуванням ознак сумісності транспортних завдань і їх часових вікон.

3. Встановлено, що організаційно-технологічна сумісність замовлень на виконання перевезень вантажів залежить від порядку їх виконання в інтегрованому транспортному процесі, від часових зв'язків замовлень, їх концентрації на заданій транспортній мережі. Для оцінювання сумісності замовлень на перевезення вантажів у інтегрованому транспортному процесі розроблена їх класифікація та запропоновано відповідні відносні коефіцієнти, за числовими значеннями яких будь-які два замовлення вхідного потоку можна віднести до несумісних, частково, або повністю сумісних.

4. Удосконалено методику та алгоритм імітаційного моделювання процесу виконання заданого потоку замовлень на перевезення вантажів із раціональним розподілом автотранспортних засобів за критерієм мінімальних простоїв і мінімальних їздок без вантажу, що виконуються ними.

5. Засобами імітаційного моделювання діяльності автотранспортного підприємства при його взаємодії з партнерами при виконанні заданого потоку замовлень на перевезення вантажів встановлено, що найбільш суттєвим для їх успішної діяльності на міжміських маршрутах є показник кількості замовлень в

розрізі тих, що надійшли, відмовлені й виконані.

Натомість, між властивістю сумісності замовлень в одному потоці і отриманим доходом існує суттєвий кореляційний зв'язок, який можна використати для планування процесу перевезень.

На основі вищевикладеного розроблена методика щодо організації сумісної діяльності автотранспортних підприємств.

6. Результати виконаних досліджень підтверджені. Сукупний річний економічний ефект від впровадження становить 144,8 тис.грн. станом на грудень 2024 року. Максимальний економічний ефект очікується у 2025 році у розмірі 2006,3 тис.грн.

На основі методики нелінійної структурної оптимізації транспортного процесу за критерієм максимального прибутку, отриманого від вантажних перевезень та діяльності у взаємодії з партнерами, встановлено, що залучення додаткових АТЗ при збільшенні кількості замовлень призводить до зворотного ефекту, а саме збільшення кількості відмов. Це спостерігається до певної межі (орієнтовно 80% замовлень), після якої вхідний потік більшої інтенсивності обслуговується стабільно. При застосуванні сумісної діяльності автотранспортних підприємств різниця максимального прибутку за оптимальної структури процесу може перевищувати інші варіанти співпраці на 10-12 тис.грн. при 10 відомих замовленнях, 5 наявних автотранспортних засобах, що становить 71-73% від сукупного доходу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Шарай С.М., Рой М.П. «Кластер як важлива складова транспортного сектору» України. *Вісник НТУ*, Серія «Економічні науки», Випуск № 2(41) 2018, Київ, 2018. С. 147-152.
2. Шарай С.М., Рой М.П. «Особливості формування транспортно-логістичного кластеру в транспортному секторі України» *Вісник НТУ*, Серія «Технічні науки». Київ, Вип. № 2(41) 2019. С. 147-152.
3. Sharai S., Oliskevych M., Roi M. Development of the procedure for simulation modeling of interrelated transport processes on the main road network. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 5/3 (101). 2019. P.70-83.
4. С. Шарай, М.Оліскевич, М.Рой «Моделювання взаємодії автомобільних транспортних підприємств на міжміських перевезеннях вантажів» *Вісник машинобудування та транспорту*. 2019. 10 (2). С. 95-101.
5. Автомобільний транспорт України: стан, проблеми, перспективи розвитку. Монографія. – Київ: ДП "ДержавтотрансНДІпроект", 205. – 400 с. – (За заг. ред. А.М. Редзюка.).
6. Вознюк А. Б. Використання великих даних для актуалізації підходів до аналізу аварійності на автомобільних дорогах / А. Б. Вознюк, В. І. Каськів. // Технологічний аудит і резерви виробництва. – 2020. – №3. – С. 23–37.
7. Вознюк А. Б. Мережа доріг України та сучасні транспортні потоки / А.Б. Вознюк. // Дороги і мости: Збірник наукових праць. – 2014. – №14. – С. 142.
8. Вознюк А. Б. Недоліки в дорожніх умовах та їх вплив на виникнення дорожньо-транспортних пригод / А. Б. Вознюк, Л. П. Нагребельна, Є. В. Міненко. // Дороги і мости: Збірник наукових праць.. – 2019. – №19. – С. 163–172. DOI: <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2019.19.170>
9. Вознюк А. Б. Швидкісні режими на автомобільних дорогах / А. Б. Вознюк. // Дороги і мости: Збірник наукових праць. – 2014. – №16. – С. 86–99.
10. ГБН В.2.3-37641918-559:2019 Автомобільні дороги. Дорожній одяг нежорсткий. Проектування. – 2019.

11. Глезер В. Д. Механизмы опознания зрительных образов / В. Д. Глезер. – М.: Наука, 2016. – 201 с.
12. Гюлев Н. У. Особливості ергономіки та психофізіології в діяльності водія / Н. У. Гюлев. – Х.: ХНАГМ, 2012. – 185 с.
13. Давідіч Ю. О. Ергономічне забезпечення транспортних процесів: навч. посібник / Ю. О. Давідіч, Є. І. Куш, Д. П. Понкратов. – Харків: ХНАГМ, 2021. – 392 с.
14. ДБН В.2.3-4:2007 Споруди транспорту. Автомобільні дороги. Частина I Проектування. Частина II Будівництво [Електронний ресурс] // Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://dwg.ru/dnl/3393>.
15. ДБН В.2.3-6:2016 Мости та труби. Обстеження і випробування [Електронний ресурс] // ДП «Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М.П. Шульгіна» (ДП «ДерждорНД»). – 2016. – Режим доступу до ресурсу: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=64126.
16. Деякі питання застосування геодезичної референцної системи координат [Електронний ресурс] // КМУ України. – 2004. – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1259-2004-%D0%BF#Text>
17. Дмитриченко М. Ф. Організація дорожнього руху (Книга 4) / М. Ф. Дмитриченко, О. Т. Лановий, В. П. Поліщук. – Київ: Знання України, 2017. – 452 с. – (Системологія на транспорті).
18. Дмитриченко М. Ф. Основи теорії систем і управління (Книга 1) / М. Ф. Дмитриченко, О. Т. Лановий, В. П. Поліщук. – Київ: Знання України, 2015. – 344 с. – (Системологія на транспорті).
19. Дмитриченко М. Ф. Системологія на транспорті. Ергономіка (Книга V) / М. Ф. Дмитриченко, О. Т. Лановий, В. П. Поліщук. – Київ: Знання України, 2018. 267 с. – (Системологія на транспорті).
20. Дмитриченко М. Ф. Технологія наукових досліджень і технічної творчості (Книга 2) / М. Ф. Дмитриченко, О. Т. Лановий, В. П. Поліщук. – Київ: Знання України, 2017. – 318 с. – (Системологія на транспорті).
21. Додух К. М. Удосконалення методу розрахунку пропускної здатності

- автомобільних доріг. : дис. канд. техн. наук : 05.22.01 / Додух К. М. – Київ, 2016. – 249 с.
22. ДСТУ 8824:2019 Автомобільні дороги. Визначення інтенсивності руху та складу транспортного потоку. – 2019.
 23. ДСТУ 8894:2019 Безпека дорожнього руху. Лінійний аналіз аварійності та оцінювання умов безпеки руху на автомобільних дорогах [Електронний ресурс]
 24. // Технічний комітет стандартизації ТК 307 «Автомобільні дороги і транспортні споруди». – 2019. – Режим доступу до ресурсу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=84294.
 25. Дудніков О. М. Аналіз та підвищення безпеки дорожнього руху на основі енергетичних характеристик транспортного потоку : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.22.01 "Транспортні системи" / Дудніков О. М. – Київ, 2014. – 23 с.
 26. ЗАКОН УКРАЇНИ Про внесення змін до деяких законів України щодо управління безпекою автомобільних доріг [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/200-20#Text>.
 27. ЗАКОН УКРАЇНИ Про ратифікацію Угоди про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони [Електронний ресурс]. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1678-18#Text>.
 28. Звіт про дослідно-конструкторську роботу за договором від 19.09.2016 №112-16, ДП «ДерждорНДІ»
 29. Звіт про надані послуги за договором 17-17/88-17 від 22.05.2017 // 4861000-7 Системи баз даних (Послуги по збору вихідних даних, створенню, супроводженню та актуалізації електронних банків даних з розробкою пропозицій до ремонтних робіт на 2018 рік згідно. СУСП на мережі автомобільних доріг державного значення з визначенням транспортно-експлуатаційних показників) – Частина 22. Херсонська область // ДП «Укрдїпродор». – 2017.

30. Звіт про надані послуги за договором 17-17/88-17 від 22.05.2017 // 4861000-7 Системи баз даних (Послуги по збору вихідних даних, створенню, супроводженню та актуалізації електронних банків даних з розробкою пропозицій до ремонтних робіт на 2018 рік згідно СУСП на мережі автомобільних доріг державного значення з визначенням транспортно-експлуатаційних показників) – Частина 10. Київська область // ДП «Укрдїпродор», 2017.
31. Каськів В.І., Вознюк А.Б. Дослідження параметрів транспортних потоків з використанням даних WIM. LXXVI наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету : тези доповідей. К. : НТУ, 2020. С. 141. <http://vstup.ntu.edu.ua/konf-76.pdf>
32. Каськів В.І., Вознюк А.Б., Нагребельна Л.П. До питання аудиту безпеки автомобільних доріг України. Автошляховик України. 2020. № 1 (261). С. 32-39. DOI: 10.33868/0365-8392-2020-1-261-32-39
33. Каськів В.І., Шапенко Є.М., Гуков М.І., Вознюк А.Б. Практичне застосування показника невідповідності для оцінювання безпеки руху Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. 2019. Вип. 106. С. 31-39.
34. М 218-02070915-674:2010 Методика визначення рівня завантаженості та пропускнуої здатності автомобільних доріг [Електронний ресурс] // НТУ. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=25990.
35. Моніторинг дорожньо-транспортних пригод на автомобільних дорогах загального користування державного значення України за 2019 рік. // ДП «ДерждорНДІ». – 2020. – С. 73.
36. МР В.2.3-37641918-891:2017 Методичні рекомендації щодо оцінювання відповідності існуючих дорожніх умов вимогам безпеки руху з урахуванням інтенсивності руху та складу транспортних потоків [Електронний ресурс] // ДП «Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М.П. Шульгіна» (ДП «ДерждорНДІ»). – 2017. – Режим доступу до ресурсу:

- http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=75300.
37. НАЦІОНАЛЬНА транспортна стратегія України на період до 2030 року [Електронний ресурс] // КМУ України. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80#Text>.
 38. Осташевський С. А. Теоретичні основи та практичні методи оцінки та підвищення ефективності системи «автомобіль–водій–дорога» : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук : спец. 05.22.01, 05.01.04 / Осташевський С. А. – Харків, 2015. – 47 с..
 39. Підтримка органів влади України в розробці національної транспортної моделі та майстер-плану // EuropeAid/138734/DH/SER/UA // Попереднє техніко-економічне обґрунтування покращення автомобільної дороги М-14 на ділянці Херсон – Маріуполь, Підсумковий звіт, 25.08.2020
 40. Поліщук В. П. Визначення рівнів безпеки руху на автомобільних дорогах загального користування / В. П. Поліщук. // Матеріали VII міжнародної науково-практичної конференції: збірник наукових праць. – 2022. – С. 226–229.
 41. Поліщук В. П. Визначення рівнів безпеки руху на автомобільних дорогах загального користування / В. П. Поліщук, О. Т. Лановий, Т. В. Бондар. // Вісник НТУ. – 2018. – С. 88–99.
 42. Поліщук В. П. Організація та регулювання дорожнього руху / В. П. Поліщук, О. О. Бакуліч, О. П. Дзюба. – Київ: Знання України, 2014. – 467 с.
 43. Поліщук В. П. Теорія транспортного потоку: методи та моделі організації дорожнього руху / В. П. Поліщук, О. П. Дзюба. – Київ: Знання України, 2018. – 175 с.
 44. Про затвердження переліку автомобільних доріг загального користування державного значення [Електронний ресурс] // КАБІНЕТ МІНІСТРІВ УКРАЇНИ. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/55-2019-%D0%BF#Text>.
 45. Система зважування в русі (WIM) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://stat.ukravtodor.gov.ua>.
 46. СОУ 42.1 -37641918-038:2016 [Електронний ресурс]. – 2018. – Режим доступу

до ресурсу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=78785

47. СОУ 42.1-37641918-122:2014 Автомобільні дороги. Вимоги до комплексу робіт з інформаційного забезпечення. Зміна № 1 [Електронний ресурс]