

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

ПИЛИПЕНКО ЮРІЙ ВІКТОРОВИЧ

УДК 656.025.6 : 519.852.35

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ ВАНТАЖОПОТОКАМИ
В МІЖНАРОДНИХ ТРАНСПОРТНИХ КОРИДОРАХ**

05.22.01 – транспортні системи

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2019

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному транспортному університету Міністерства освіти і науки України, м. Київ.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Прокудін Георгій Семенович,
Національний транспортний університет,
завідувач кафедри міжнародних перевезень
та митного контролю, м. Київ

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Нагорний Євген Васильович,
Харківський національний
автомобільно-дорожній університет,
завідувач кафедри транспортних технологій, м. Харків

кандидат технічних наук, доцент
Лямзін Андрій Олександрович,
Державний вищий навчальний заклад
«Приазовський державний технічний університет»,
завідувач кафедри технологій міжнародних перевезень
і логістики, м. Маріуполь

Захист відбудеться «___» _____ 2019 року о ___ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.059.02 при Національному транспортному університеті за адресою: 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, зал засідань ауд. 333.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного транспортного університету за адресою: 01103, м. Київ, вул. М. Бойчука, 42.

Автореферат розіслано «___» _____ 2019 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

В. І. Каськів

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Особливе географічне положення України, що дозволяє їй по праву займати місце транзитної держави, і як наслідок наявність діючих міжнародних транспортних коридорів (МТК), автомобільних магістралей міжнародного і європейського значення, великих транспортних вузлів, що концентрують у собі залізничні станції, аеропорти, річкові й морські порти, висуває підвищені вимоги до системи управління перевезеннями вантажів і пасажирів.

Сьогодні МТК реалізують розширений спектр транспортних послуг. Це, по-перше, доставка пасажирів і вантажів найкоротшим шляхом і в мінімальні терміни. У МТК відбувається також перевалка вантажів з одного виду транспорту на інший та їхня обробка. Весь комплекс транспортних робіт вимагає розвитку як самих шляхів сполучення (автомобільні дороги, залізничні колії), так і транспортно-складських комплексів по обробці і перевалці вантажів (водні і повітряні порти, залізничні станції, контейнерні термінали), усієї транспортної інфраструктури (під'їзні шляхи, ремонтні підприємства, розгалужена сфера послуг).

Теоретичні та методологічні основи організації раціональної роботи МТК представлено в працях Левковця П.Р., Прокудіна Г.С., Міротіна Л.Б., Курганова В.М., Милославської С.В., Беляєва В.М., Мелікова А.З., Ейдес М.Є., Кирпи Г.М., Зайончика Л.Г., Д. Бенсона, Дж. Уайтхеда, Бронштейна О.И., Розенталя Г.О., Бусленко В.Н., Майзер Х., Эйджин Н., Тролл Р., Клейнрока Л., Кенделла Дж., Кліра Дж., Флешимана В.С та інших дослідників. Існування МТК передбачає використання на конкретному напрямку переміщення пасажирів і вантажів кількох видів транспорту, а також обов'язкову наявність високо насиченої інфраструктури для їхнього обслуговування, зв'язку та сервісу. Саме поняття МТК передбачає швидке і безпечне просування пасажирів і вантажів на великі відстані на території декількох країн. Це досягається в тому числі шляхом створення пільгових умов вантажоперевезень на маршрутах конкретного МТК. За цих умов проблема збалансованого і ефективного використання і розвитку МТК набуває виключної актуальності, а її вирішення вимагає розробки і застосування сучасних підходів і методів.

Зв'язок роботи з науковими програмами і планами. Дисертаційна робота виконана згідно “Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року”, схваленою розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 року за № 430-р, планів НДР Міністерства освіти і науки України за напрямом “Проблеми формування раціональних транспортних логістичних систем і забезпечення ефективного функціонування їх складових”, в рамках кафедральної науково-дослідної роботи на тему “Підвищення ефективності функціонування інтегрованих транспортних систем у міжнародному сполученні” (Національний транспортний університет, номер державної реєстрації 0112U008415).

Об'єкт дослідження – процес управління вантажопотоками в міжнародних транспортних коридорах.

Предмет дослідження – закономірності формування вантажопотоків в міжнародних транспортних коридорах, які враховують обмеження на пропускні здатності транспортних вузлів і комунікацій, на незбалансованість обсягів перевезень вантажів, на взаємодію різних видів транспорту при здійсненні мультимодальних вантажних перевезень.

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є підвищення ефективності управління вантажопотоками в міжнародних транспортних коридорах за рахунок розробки і впровадження моделей, методів та програмного забезпечення процесу організації мультимодальних вантажних перевезень на автомобільному, залізничному та водному видах транспорту. Для досягнення поставленої мети в роботі визначені такі основні задачі дослідження:

1. Провести дослідження стану проблеми управління вантажопотоками в міжнародних транспортних коридорах.
2. Здійснити аналіз існуючих наукових підходів та діючих моделей і методів по управлінню вантажопотоками в міжнародних транспортних коридорах.
3. Розробити модель мультимодальних вантажних перевезень маршрутами міжнародних транспортних коридорів.
4. Розробити методика об'єднання транспортних інфраструктур міжнародних транспортних коридорів та транспортних систем України та Західної Європи.
5. Провести апробацію розробленого програмного забезпечення по управлінню вантажопотоками в міжнародних транспортних коридорах України та Західної Європи на автотранспортних підприємствах АсМАП України.

Методи дослідження – методи теорії транспортних процесів і систем, окремі методики та положення системного аналізу та моделювання складних систем, методи дослідження операцій та імітаційного моделювання, методи теорії обчислювальної математики, програмування та баз даних, математичний апарат теорії масового обслуговування, а також основні положення теорії графів.

Наукова новизна одержаних результатів. Основний науковий результат полягає, насамперед, у тому, що вперше з єдиних системних позицій на основі теорії транспортних процесів і систем сформульовано теоретичні і методичні основи розв'язання проблеми управління вантажними перевезеннями в МТК.

В роботі, в розвиток зазначеного напрямку,

– розроблена модель мультимодальних вантажних перевезень маршрутами міжнародних транспортних коридорів, яка на відміну від існуючих враховує наявність обмежень на пропускні здатності транспортних вузлів і комунікацій, на незбалансованість обсягів перевезень вантажів та на взаємодію різних видів транспорту при здійсненні мультимодальних вантажних перевезень;

– удосконалено метод знаходження оптимальних планів перевезення вантажів маршрутами міжнародних транспортних коридорів, який враховує незбалансованість обсягів перевезень вантажів, а також дозволяє додатково до них отримувати відповідні маршрути транспортування вантажу;

– удосконалено метод розв'язання задачі комівояжера при здійсненні вантажних перевезень у міжнародному сполученні, який при визначенні оптимального маршруту додатково враховує час проходження митних процедур при перетині державного кордону і виконання навантажувально-розвантажувальних робіт.

Достовірність отриманих результатів. Достовірність підтверджується використанням методів дослідження операцій в транспортних системах, постановкою числових експериментів, співпадінням з достовірними даними натурних спостережень, узгодженістю з результатами інших авторів.

Практичне значення одержаних результатів полягає:

– у розробленні на основі запропонованих у роботі науково-методичного забезпечення по управлінню вантажопотоками й перерахованих вище моделей і методів програмно-інструментального комплексу (ПІК) по маршрутизації вантажопотоків в МТК. Спроектвана й заповнена інструментальна база даних транспортної системи України та Західної Європи, що містить у собі параметри основних транспортних вузлів всіх видів транспорту, а також технічні характеристики транспортних комунікацій країни і Західної Європи дозволяє за допомогою ПІК вирішувати найрізноманітніші завдання по оптимальному управлінню вантажними перевезеннями маршрутами МТК;

– у розробленні методики об'єднання транспортних інфраструктур міжнародних транспортних коридорів та транспортних систем України та Західної Європи;

– в отриманні 2 свідоцтв про реєстрацію авторського права на твір – “Математична модель організації мультимодальних вантажних перевезень маршрутами міжнародних транспортних коридорів” та “Програмно-інструментальний комплекс оптимізації мультимодальних вантажних перевезень маршрутами міжнародних транспортних коридорів”.

Особистий внесок здобувача. Теоретичні положення, розробки та висновки, які наведені у дисертації, є результатом самостійних наукових досліджень автора. Всі теоретичні, методологічні і концептуальні розробки, представлені у пункті «Наукова новизна одержаних результатів», отримані автором самостійно.

У наукових працях, опублікованих у співавторстві, здобувачем дається визначення одної із моделей управління транспортуванням вантажів в транспортних системах [1], визначено критерії ефективності застосування системи тягових плечей [2] і оптимізації в задаче комівояжера [3], представлений аналіз використання інформаційних технологій при оптимізації транспортних процесів [4], досліджені закономірності розвитку міжнародного транзитного потенціалу України [5], наведено приклад побудови імітаційних моделей у транспортних системах [6] і узагальнені особливості моделювання вантажних перевезень на транспортній мережі [7], дається визначення системи тягових плечей при міжміських перевезеннях вантажів [8], наведено основні шляхи реформування транспортної галузі України [9], запропоновано модель оптимізації вантажних перевезень маршрутами МТК [10]. Здобувачем у роботі [11] виконано аналіз розвитку основ експедиторського обслуговування на автомобільному транспорті і зроблені підрозділи 1.1-1.4 звіту [12], визначено ефективність застосування системи тягових плечей у міжміських перевезеннях вантажу [13], проведено експериментальні дослідження [14], сформовано принципи перетворення мережевих моделей процесу вантажних перевезень у матричні [15], надано обґрунтування використання синергії в інтегрованих транспортних системах [16], проведено порівняльний аналіз методів визначення оптимальних характеристик транспортних мереж [17], досліджено методи пошуку найкоротших маршрутів на транспортній мережі [18], спроектвана база даних десяти МТК і транспортна мережа, яка була використана у якості прикладу для оптимізації вантажних перевезень маршрутами МТК [19], проведено експериментальні дослідження над математичною моделлю за допомогою ПІК [21, 22].

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи та результати наукових розробок доповідались на 72-й – 75-й наукових конференціях професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та структурних підрозділів Національного транспортного університету (м. Київ, НТУ, 2016-2019 рр.); VII Міжнародної науково–практичної конференції «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем» (м. Чернігів, 24-27 квітня 2017 р.); IX Міжнародної науково–практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті» (м. Херсон, 23-25 травня 2017 р.); III Всеукраїнської науково-теоретичної конференції «Проблеми з транспортними потоками в напрямі їх розв’язання» (м. Львів, 28-30 березня 2019 р.); IX-ї Міжнародної науково-практичної конференції (Сєверодонецьк – Одеса – Вільнюс – Київ, 22-24 травня 2019 р).

Публікації. По темі дисертаційної роботи опубліковано 22 наукових праці, із них: 10 статей у виданнях іноземних держав або у наукових фахових виданнях, що входять до переліку затверджених ВАК України, 10 праць апробаційного характеру, 2 свідоцтва про реєстрацію авторського права на твір.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається з анотації, переліку умовних позначень, вступу, чотирьох розділів, висновків, разом з якими її обсяг складає 158 сторінок, списку використаних джерел, який містить 111 найменувань, 8 додатків на 62 сторінках, ілюструється 53 рисунками, містить 34 таблиці та 66 формул.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Вступ дисертаційної роботи розкриває сутність і стан наукової проблеми та її актуальність. У ньому сформульовано мету і задачі дослідження, дано обґрунтування необхідності проведення дослідження. Наведені отримані наукові результати, розкрито їх новизну й практичну значущість, зазначено особистий внесок здобувача. Наведена інформація щодо апробації результатів, показано практичне значення отриманих результатів та напрямки їх впровадження.

Перший розділ присвячений аналізу проблеми в управлінні вантажними перевезеннями маршрутами МТК. Наведено опис предметної діяльності транспортної галузі України та нового підходу до управління перевезеннями вантажів в МТК. Виконано огляд літературних джерел, сформульовані цілі і задачі дисертаційного дослідження.

Існує 10 панєвропейських МТК, серед яких чотири, а саме 3-й, 5-й, 7-й та 9-й проходять територією України. Другою Панєвропейською транспортною конференцією (березень 1994 р., Крит, Греція) виділено дев’ять: МТК №1. *Гельсінкі – Таллінн – Рига – Калінінград – Вроцлав*; МТК №2. *Берлін – Варшава – Мінськ – Москва – Нижній Новгород*; МТК №3. *Берлін – Вроцлав – Краків – Київ*; МТК №4. *Дрезден – Прага – Будапешт – Софія – Стамбул*; МТК №5. *Венеція – Любляна – Будапешт – Ужгород – Львів*; МТК №6. *Гданськ – Катовіце – Єлін – Познань*; МТК №7. *Дунайський водний шлях із виходом на канал Рені – Майн – Дунай*; МТК №8. *Дурес – Тірана – Софія – Пловдив – Варна*; МТК №9. *Гельсінкі – Санкт-Петербург – Москва – Київ – Бухарест* (надалі продовження до Новоросійська та Астрахані).

На Третій Панєвропейській транспортній конференції в Гельсінкі (1997 р.) був затверджений десятий МТК, а саме – МТК №10. *Зальцбург – Любляна – Загреб – Белград – Ниш – Скопье – Велес – Салоники*, який направлений на посилення взаємодії балканських країн і дає вихід в Західну Європу.

Для розрахунку пропускної здатності МТК з урахуванням обсягів вантажопотоків, що формуються між країнами нині та за умови систематичного руху автомобілів у нормальних умовах, отримуємо таке співвідношення (1):

$$P_{\text{добр}}^{\text{МТК}} = 24 \cdot \frac{v \cdot n_{\text{см}} \cdot \beta}{(l_p + l_z + l_a + l_b)} \cdot 10^3, \quad (\text{авт./ добу}) \quad (1)$$

де v – швидкість руху транспортного засобу, км/год;

$n_{\text{см}}$ – коефіцієнт, що враховує кількість смуг руху;

β – коефіцієнт, який показує вплив технологічних характеристик елементів дороги на її пропускну здатність ($\beta = 0,563$);

l_p – шлях, який проходить автомобіль за час реакції водія, м;

l_z – гальмівний шлях, м;

l_a – довжина автомобіля, м;

l_b – відстань безпеки до попереднього автомобіля, що рухається, м.

У таблиці 1 наведені середньозважені пропускі здатності автомобільних МТК України, причому ці показники визначають нижню межу пропускної здатності.

Таблиця 1 – Середньозважена пропускі здатність автомобільних МТК України

Назва МТК	$P^{\text{МТК}}$, авт./добу
МТК № 3	55245
МТК № 5	69056
МТК ЧЕС	55245
МТК № 9 (на відгалуженні)	69056 (23019)
МТК Європа-Азія	55245

Проте пропускі здатність автомобільних МТК складається з пропускної здатності як автомагістралей, так і автомобільних пунктів пропуску на митному кордоні держави. Тому необхідно дослідити потік автомобільних транспортних засобів через митний кордон України і визначити пропускі здатність пунктів пропуску на державному кордоні.

Відповідно до формули (2) на рисунку 1 наведений порівняльний аналіз динаміки розрахункової пропускної здатності пунктів пропуску та фактичної інтенсивності руху для кожної із семи ділянок митного кордону України за 2018.р.

$$P_{\text{добр}}^{\text{п.п.}} = 1440 \cdot \frac{T_p}{t_{\text{МК}}} \cdot n_{\text{см}}, \quad (\text{авт./ добу}), \quad (2)$$

де T_p – розрахунковий період часу переміщення автомобільних транспортних засобів, год;

$t_{\text{МК}}$ – час проведення митних формальностей автомобільних транспортних засобів з урахуванням умов безпечного переміщення транспортного потоку, хв.

Дані рисунка 1 свідчать про те, що фактична інтенсивність руху транспортних засобів через митний кордон України на ділянках з Польщею, Словаччиною, Молдовою, Білоруссю а особливо з Росією перевищує найнижчі показники їх пропускних здатностей. Останнє пов'язано з майже двократним скороченням числа пунктів пропуску на українсько-російському кордоні.

Так, за даними англійського інституту «Рендел», Україна займає перше місце в Європі, третє – в Євразії й шосте – у світі за показником коефіцієнту транзитності. В контексті забезпечення реалізації транзитного потенціалу за останні 8 років суттєво зросла роль міжнародних автомобільних перевізників (приватні підприємства, об'єднані Асоціацією міжнародних автомобільних перевізників України). Якщо в період з 2011 по 2018 роки транзитні вантажопотоки територією України залізничним транспортом суттєво скоротились (на 58,53 %), то транзитні автомобільні перевезення вантажів територію України зросли в 1,68 рази.

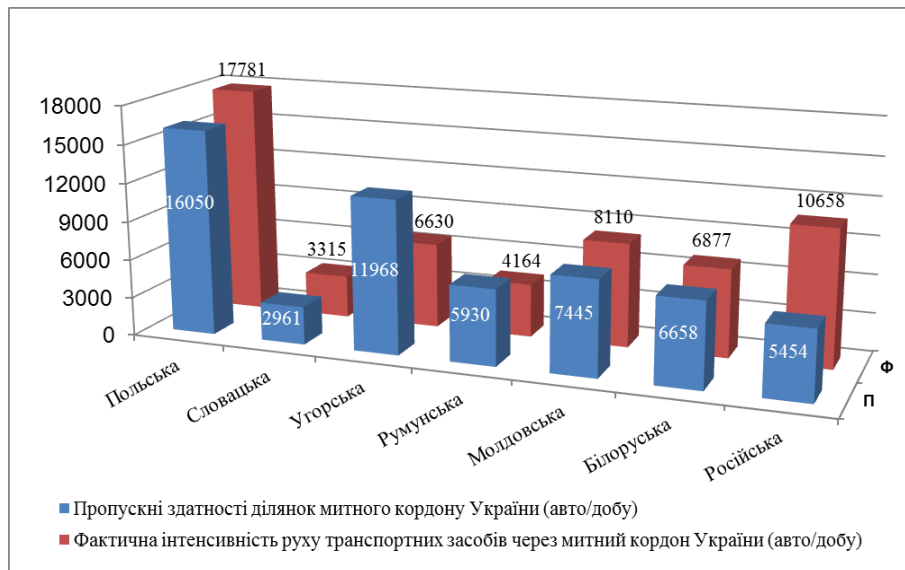


Рисунок 1 – Порівняльний аналіз розрахункової та фактичної пропускної здатності пунктів пропуску України станом на 2018 р.

На рисунку 2 спостерігається з 2011 по 2016 роки тенденція до скорочення обсягів транзитних вантажопотоків на (17,56% + 14,69% + 6,45% + 20,79% + 5,17%) 64,66% і, починаючи з 2016 року їх поступове збільшення (27,07 + 12,24%) – на 39,31% за останні два роки.

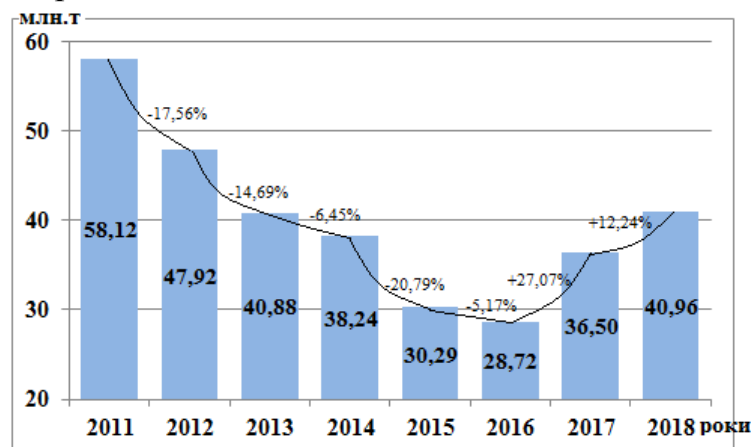


Рисунок 2 – Динаміка сумарних транзитних вантажних перевезень, %

В таблиці 2 наведені консолідовані дані результатів регресійного аналізу прогнозування обсягів транзитних вантажопотоків в Україні на 2019-2021 рр. з використанням усіх відомих трендів. Слід зазначити, що значення обсягів транзитних вантажопотоків за 2019, 2020 і 2021 рр. у стовпчику вихідних даних цієї таблиці, отримані як середнє значення прогнозів по усім трендам, наприклад:

6	2019	40688,90 =	(38156,09 +	38440,00 +	35866,58 +	55527,80 +	35454,02)/5
---	------	-------------------	-------------	------------	------------	------------	-------------

Аналіз консолідованого графіку прогнозу транзитних вантажопотоків в Україні на 2019-2021 рр. (рис. 3) дозволяє зробити позитивний висновок стосовно їх подальшого розвитку.

Таблиця 2 – Консолідовані дані результатів прогнозування

№ п/п	Роки	Вихідні дані	Експоненціальна	Лінійна	Логарифмічна	Поліноміальна	Степенна
1	2014	38240,02	32449,51	32612,50	33884,00	37494,80	33689,00
2	2015	30290,95	33518,10	33778,00	34650,97	31338,20	34361,13
3	2016	28723,76	34621,87	34943,50	35099,61	30063,20	34760,50
4	2017	36498,21	35761,99	36109,00	35417,93	33669,80	35046,68
5	2018	40964,02	36939,65	37274,50	35664,84	42158,00	35270,27
6	2019	40688,90	38156,09	38440,00	35866,58	55527,80	35454,02
7	2020	44888,91	39412,60	39605,50	36037,15	73779,20	35610,12
8	2021	50064,90	40710,48	40771,00	36184,90	96912,20	35745,90

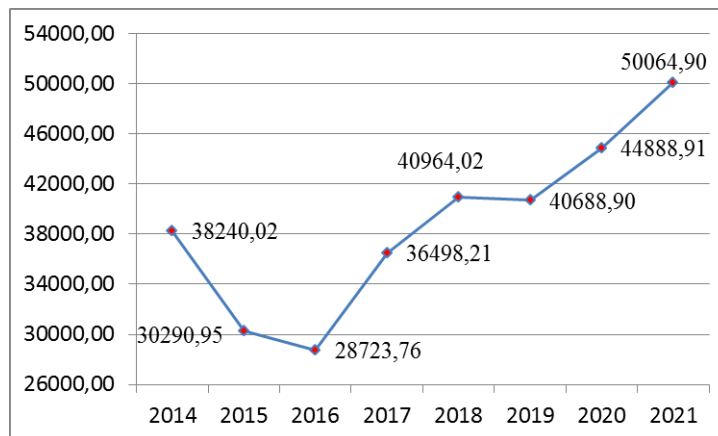


Рисунок 3 – Консолідована діаграма динаміки транзитних вантажопотоків в Україні на 2014-2021 рр.

Модель мультимодальних вантажних перевезень полягає в доставці (якщо можливо) всіх обсягів $\{a_{11}^+, a_{12}^+, \dots, a_{ik}^+, \dots, a_{mm}^+\}$ k -видів вантажу від *постачальників* $\{A_1^+, A_2^+ \dots A_m^+\}$ до їхніх *споживачів* $\{A_1^-, A_2^- \dots A_m^-\}$, відповідно, в обсягах $\{a_{11}^-, a_{12}^- \dots, a_{ik}^-, \dots, a_{mm}^-\}$ (також, якщо можливо). Причому сумарні обсяги з кожного k -виду вантажу, що знаходяться у всіх *постачальників*, можуть не збігатися із сумарними замовленнями на ці ж самі види вантажу у всіх їхніх *споживачів*. Тут перший нижній індекс i означає номер транспортного вузла (ТВ) у списку *постачальників* при верхньому індексі рівному „+” або *споживачів* при верхньому індексі рівному „-”, а другий нижній індекс k означає вид вантажу, наявний у зазначеному ТВ при

верхньому індексі рівному „+”, і необхідний в зазначеному ТВ при верхньому індексі рівному „-”.

Математично задача виконання мультимодальних перевезень k видів вантажу ($k = 1, n$) від i -их пунктів постачання ($i = 1, m$) до j -их пунктів споживання ($j = 1, m$) зводиться до знаходження таких обсягів перевезень x_{ijkl} , що задовольняли б таким обмеженням:

$$\sum_{j=1}^m \sum_{l=1}^3 x_{ijkl} \leq a_{ik}^+ \quad \text{для } (i = \overline{1, m}; k = \overline{1, n}; i \neq j), \quad (3)$$

тобто загальний обсяг вивезення з кожного i -го пункту постачання до усіх j пунктів споживання k -го виду вантажу усіма l видами транспорту повинний бути не більше обсягу цього k -го виду вантажу a_{ik}^+ який у нього є;

$$\sum_{i=1}^m \sum_{l=1}^3 x_{ijkl} \leq a_{jk}^- \quad \text{для } (j = \overline{1, m}; k = \overline{1, n}; i \neq j), \quad (4)$$

тобто загальний обсяг доставки до кожного j -го пункту споживання з усіх i пунктів постачання k -ого виду вантажу усіма l видами транспорту повинний бути не більше, ніж замовлений ним обсяг цього k -ого виду вантажу a_{jk}^-

$$\sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^3 t_{ijkl} \leq d_{ij} \quad \text{для } (i = \overline{1, m}; j = \overline{1, m}; i \neq j), \quad (5)$$

тобто загальний обсяг перевезення k видів вантажу усіма l видами транспорту не повинний перевищувати пропускних здатностей відповідних транспортних комунікацій;

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \sum_{l=1}^3 t_{ijkl} \leq T \quad \text{для } (k = \overline{1, n}; i \neq j), \quad (6)$$

тобто термін доставки будь-якого вантажу k -го виду не повинний перевищувати визначеного часу T ;

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^3 x_{ijkl} \cdot c_{ijkl} \Rightarrow \min \quad \text{для } (i \neq j), \quad \text{при } x_{ijkl} \geq 0, \quad (7)$$

тобто в цілому вартість сумарних позитивних перевезень усіх k видів вантажу усіма видами транспорту повинна бути мінімальною,

де x_{ijkl} , c_{ijkl} , t_{ijkl} – обсяг, вартість перевезення одиниці та час доставки k -го виду вантажу l -им видом транспорту від i -го пункту постачання до j -го пункту його споживання; d_{ij} – пропускна здатність транспортної комунікації від i -го пункту постачання до j -го пункту його споживання.

У другому розділі описано теоретичні дослідження процесу управління вантажопотоками в міжнародних транспортних коридорах, імітаційне моделювання – як метод дослідження функціонування МТК, матричну і мережеву модель представлення та методи оптимізації перевезень в МТК, матрично-мережеву модель управління вантажними перевезеннями маршрутами МТК. Основні принципи побудови імітаційних моделей розглянемо на прикладі пункту пропуску (ПП) МТК.

До ПП МТК надходять два типи вимог: перша складається з автомобілів, що здійснюють вантажні міжнародні перевезення (час обслуговування таких вимог становить t_1); друга – з автомобілів, що здійснюють пасажирські міжнародні перевезення (час обслуговування таких вимог дорівнює t_2). Формалізована схема системи показана на рис. 4.

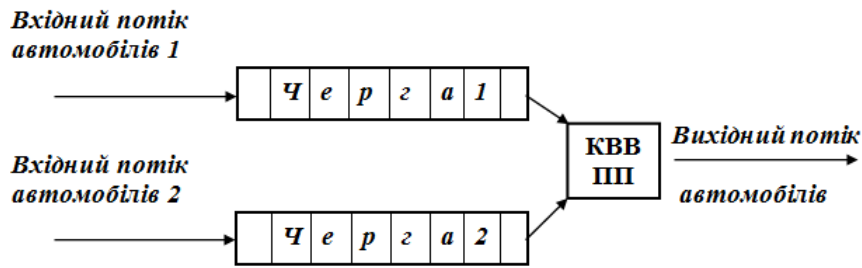


Рисунок 4 – Формалізована схема системи

На рис. 5 зображені результати роботи системи імітаційного моделювання. Обидва потоки вимог, що надходять до коридор в'їзду/виїзду (КВВ), можна описати функцією розподілу $A(t)$ проміжків години між моментами прибуття їх до черги (ця функція буде своя для кожного потоку), тобто $A\{t\} = Pr\{Q < t\}$.

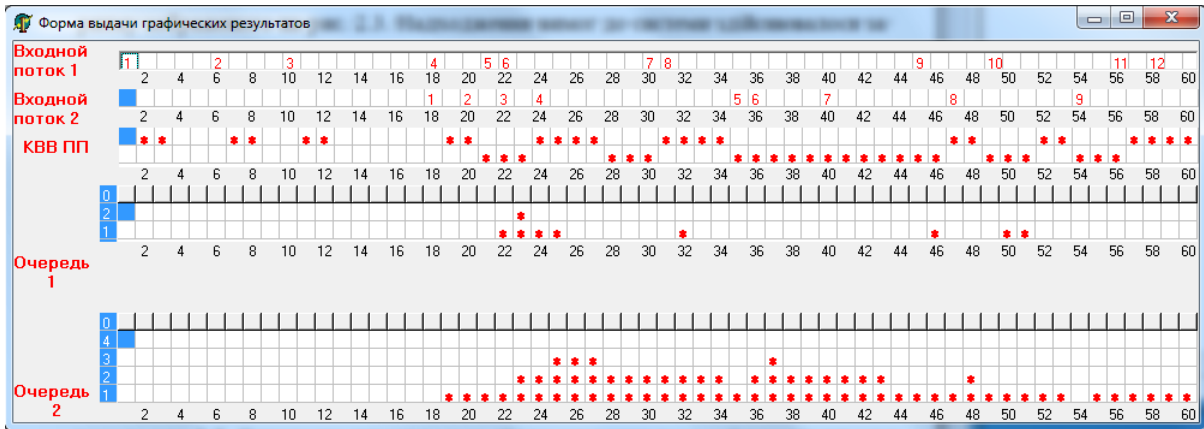


Рисунок 5 – Результати роботи системи імітаційного моделювання

Практика дослідження систем масового обслуговування показує, що в багатьох випадках прийнятною виявляється апроксимація функції розподілу інтервалів між моментами надходження замовлень до системи експонентною функцією:

$$A(t) = \begin{cases} 1 - e^{-\lambda t} & \text{для } t \geq 0; \\ 0 & \text{для } t < 0, \end{cases} \quad (8)$$

де λ – інтенсивність вхідного потоку.

Розглянемо матричну форму представлення вантажних перевезень на прикладі двох вантажовідправників (A_1, A_2) та трьох вантажоодержувачів (B_1, B_2, B_3) у вигляді транспортної таблиці (табл. 3).

Таблиця 3 – Табличне представлення вантажних перевезень

Вантажовідправники	Вантажоодержувачі			Запаси
	B_1	B_2	B_3	
A_1	c_{11} x_{11}	c_{12} x_{12}	c_{13} x_{13}	a_1
A_2	c_{21} x_{21}	c_{22} x_{22}	c_{23} x_{23}	a_2
Заявки	b_1	b_2	b_3	

Транспортна таблиця може бути перетворена у систему лінійних рівнянь:

$$\left\{ \begin{array}{l} x_{11} + x_{12} + x_{13} = a_1, \\ \phantom{x_{11}} \phantom{x_{12}} + x_{21} + x_{22} + x_{23} = a_2, \\ x_{11} \phantom{x_{12}} \phantom{x_{13}} + x_{21} = b_1, \\ \phantom{x_{11}} x_{12} \phantom{x_{13}} \phantom{x_{21}} + x_{22} = b_2, \\ \phantom{x_{11}} \phantom{x_{12}} x_{13} \phantom{x_{21}} + x_{23} = b_3. \end{array} \right.$$

яка, в свою чергу, описується відповідними математичними формулами:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i \quad (i = 1, 2, \dots, m), \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j \quad (j = 1, 2, \dots, n), \quad (10)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad (i = 1, m; \quad j = 1, n), \quad (11)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij} \times c_{ij} = \min, \quad (12)$$

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j. \quad (13)$$

де a_i – обсяг вантажу (запас), який є в i -го вантажовідправника;

b_j – обсяг вантажу (заявка), який потрібен j -му вантажоодержувачу;

x_{ij}, c_{ij} – обсяг перевезення, вартість перевезення одиниці вантажу від i -го вантажовідправника j -му вантажоодержувачу.

Вирази (9)-(13) представляють математичну модель закритої транспортної задачі (ТЗ), яка може бути розв'язана стандартними методами.

На практиці частіше транспортне завдання задається у вигляді сукупності ТВ, які об'єднані у єдину транспортну мережу (ТМ) відповідними комунікаціями (шляхами) (рис. 6). Ці комунікації можуть характеризуватися або відстанню, або часом транспортування, або вартістю перевезення одиниці вантажу між ТВ. Тому розглянемо мережеву форму представлення вантажних перевезень.

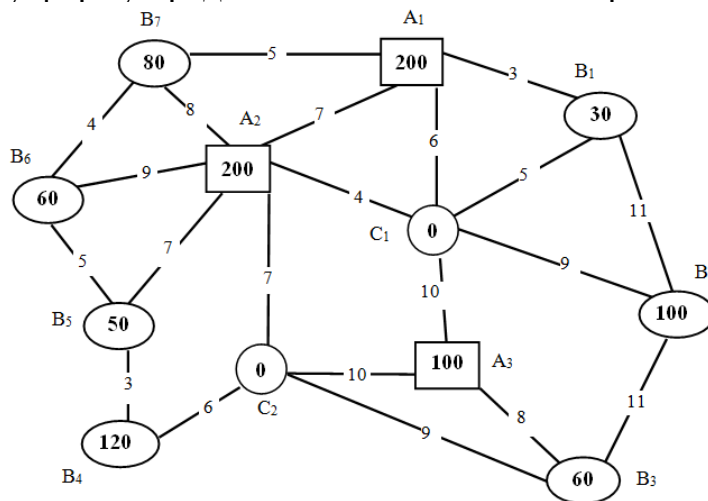


Рисунок 6 – Мережеве представлення вантажних перевезень

Маючи візуальну наочність це представлення має два істотних недоліки, які полягають у наступному: по-перше, між не усіма ТВ існують безпосередні зв'язки, що не дає можливості здійснити будь-який розподіл вантажопотоків; по-друге,

існуючи методи розв'язання ТЗ у мережевому представленні дуже громіздкі і заформалізовані, що особливо ускладнює їх використання при рішенні ТЗ великої розмірності.

Обидва вищенаведені недоліки вирішуються у новій матрично-мережевої моделі (МММ) управління вантажопотоками, яка включає п'ять етапів і яку ми розглянемо на конкретному прикладі ТМ (див. рис. 6). ТМ включає 3 пункти відправлення вантажу (ПВ) – A_1 , A_2 і A_3 ; 7 пунктів призначення вантажу (ПП) – B_1 , B_2 , B_3 , B_4 , B_5 , B_6 і B_7 та 2 пунктів транзиту (ПТ) – C_1 і C_2 певного вантажу. Відстань між пунктами вказана на відповідних ребрах, обсяги поставок і заявок вантажу проставлені у відповідних графічних об'єктах – ТВ.

Першим етапом формування МММ буде складання масиву відстаней між сусідніми транспортними вузлами ТМ. Слід зазначити той факт, що цей етап припускає ручне складання масиву:

№ п/п	ПВ	ПП	Відстань	№ п/п	ПВ	ПП	Відстань
1	A_1	B_7	5	12	A_3	B_3	8
2	A_1	A_2	7	13	B_1	C_1	5
3	A_1	C_1	6	14	B_1	B_2	11
4	A_1	B_1	3	15	B_2	C_1	9
5	A_2	B_7	8	16	B_2	B_3	11
6	A_2	B_6	9	17	B_3	C_2	9
7	A_2	B_5	7	18	B_4	C_2	6
8	A_2	C_2	7	19	B_4	B_5	3
9	A_2	C_1	4	20	B_5	B_6	5
10	A_3	C_1	10	21	B_6	B_7	4
11	A_3	C_2	10				

На другому етапі автоматично (за допомогою відповідної програми) по масиву відстаней будується матриця транспортних кореспонденцій між всіма вузлами ТМ. Відстань між не сусідніми (суміжними) вузлами проставляється рівним ∞ :

	A_1	A_2	A_3	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	C_1	C_2
A_1	∞	7	∞	3	∞	∞	∞	∞	∞	5	6	∞
A_2	7	∞	∞	∞	∞	∞	∞	7	9	8	4	7
A_3	∞	∞	∞	∞	∞	8	∞	∞	∞	∞	10	10
B_1	3	∞	∞	∞	11	∞	∞	∞	∞	∞	5	∞
B_2	∞	∞	∞	11	∞	11	∞	∞	∞	∞	9	∞
B_3	∞	∞	8	∞	11	∞	∞	∞	∞	∞	∞	9
B_4	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	3	∞	∞	∞	6
B_5	∞	7	∞	∞	∞	∞	∞	3	∞	5	∞	∞
B_6	∞	9	∞	∞	∞	∞	∞	5	∞	4	∞	∞
B_7	5	8	∞	∞	∞	∞	∞	∞	4	∞	∞	∞
C_1	6	4	10	5	9	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
C_2	∞	7	10	∞	∞	9	6	∞	∞	∞	∞	∞

Метод найкоротших маршрутів є методом *третього етапу*. Цей метод, використовуючи дані матриці кореспонденцій, знаходить як значення найкоротших відстаней на ТМ від кожного постачальника вантажу до кожного його споживача, формуючи при цьому відповідні цим відстаням маршрути:

	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7
A_1	3	14	23	17	14	9	5
A_2	9	13	16	10	7	9	8
A_3	15	19	8	16	19	23	21

$$\begin{aligned}
 A_1 \xrightarrow{3} B_1 &= 3; & A_2 \xrightarrow{4} C_1 \xrightarrow{5} B_1 &= 9; & A_3 \xrightarrow{10} C_1 \xrightarrow{5} B_1 &= 15; \\
 A_1 \xrightarrow{3} B_1 \xrightarrow{11} B_2 &= 14; & A_2 \xrightarrow{4} C_1 \xrightarrow{9} B_2 &= 13; & A_3 \xrightarrow{8} B_3 \xrightarrow{11} B_2 &= 19; \\
 A_1 \xrightarrow{7} A_2 \xrightarrow{7} C_2 \xrightarrow{9} B_3 &= 23; & A_2 \xrightarrow{7} C_2 \xrightarrow{9} B_3 &= 16; & A_3 \xrightarrow{8} B_3 &= 8; \\
 A_1 \xrightarrow{7} A_2 \xrightarrow{7} B_5 \xrightarrow{3} B_4 &= 17; & A_2 \xrightarrow{7} B_5 \xrightarrow{3} B_4 &= 10; & A_3 \xrightarrow{10} C_2 \xrightarrow{6} B_4 &= 16; \\
 A_1 \xrightarrow{7} A_2 \xrightarrow{7} B_5 &= 14; & A_2 \xrightarrow{7} B_5 &= 7; & A_3 \xrightarrow{10} C_2 \xrightarrow{6} B_4 \xrightarrow{3} B_5 &= 19; \\
 A_1 \xrightarrow{5} B_7 \xrightarrow{4} B_6 &= 9; & A_2 \xrightarrow{9} B_6 &= 9; & A_3 \xrightarrow{10} C_1 \xrightarrow{4} A_2 \xrightarrow{9} B_6 &= 23; \\
 A_1 \xrightarrow{5} B_7 &= 5; & A_2 \xrightarrow{8} B_7 &= 8; & A_3 \xrightarrow{10} C_1 \xrightarrow{6} A_1 \xrightarrow{5} B_6 &= 21;
 \end{aligned}$$

Четвертий етап полягає в складанні за вихідними даними ТМ і отриманими даними найкоротших відстаней на ТМ транспортної таблиці і розв'язання отриманої транспортної задачі стандартними методами – спочатку складання опорного плану перевезень (табл. 4) (у прикладі методом мінімального вузла відправлення вантажу) і подальше його поліпшення (табл. 5) (наприклад методом потенціалів).

Таблиця 4 – Опорний план перевезень Таблиця 5 – Оптимальний план перевезень

	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	B ₇	Занаси a _i	C _i
A ₁	3	14 60 ₆	23	17 120 ₇	14	9 20 ₅	5	200	85 ₂
A ₂	9 30 ₃	13	16	10	7 50 ₁	9 40 ₄	8 80 ₂	200	72 ₁
A ₃	15	19 40 ₉	8 60 ₈	16	19	23	21	100	121 ₃
Замовлення b _j	30	100	60	120	50	60	80	500	500
Вартість = 5920									

	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	B ₇	U _i
A ₁	3 30	14 30	23	17	14	9 60	5 80	0
A ₂	9	13 30	16	10 120	7 50	9	8	-1
A ₃	15	19 40	8 60	16	19	23	21	5
U _j	3	14	3	11	8	9	5	Вартість = 4630

Останній п'ятий етап є етапом представлення результатів знайденого оптимального плану перевезень на ТМ (рис. 7) і відповідних оптимальних маршрутів перевезення вантажу:

- По маршруту з A₁ до B₁ довжиною в 3 км веземо 30 т вантажу.
- По маршруту з A₁ до B₁ довжиною в 3 км, потім з B₁ до B₂ довжиною в 11 км веземо 30 т вантажу.
- По маршруту з A₁ до B₇ довжиною в 5 км, потім з B₇ до B₆ довжиною в 4 км веземо 60 т вантажу.
- По маршруту з A₁ до B₇ довжиною в 5 км веземо 80 т вантажу.
- По маршруту з A₂ до C₁ довжиною в 4 км, потім з C₁ до B₂ довжиною в 9 км веземо 30 т вантажу.
- По маршруту з A₂ до B₅ довжиною в 7 км, потім з B₅ до B₄ довжиною в 3 км веземо 120 т вантажу.
- По маршруту з A₂ до B₅ довжиною в 7 км веземо 50 т вантажу.
- По маршруту з A₃ до B₃ довжиною в 8 км, потім з B₃ до B₂ довжиною в 11 км веземо 40 т вантажу.
- По маршруту з A₃ до B₃ довжиною в 8 км веземо 60 т вантажу.

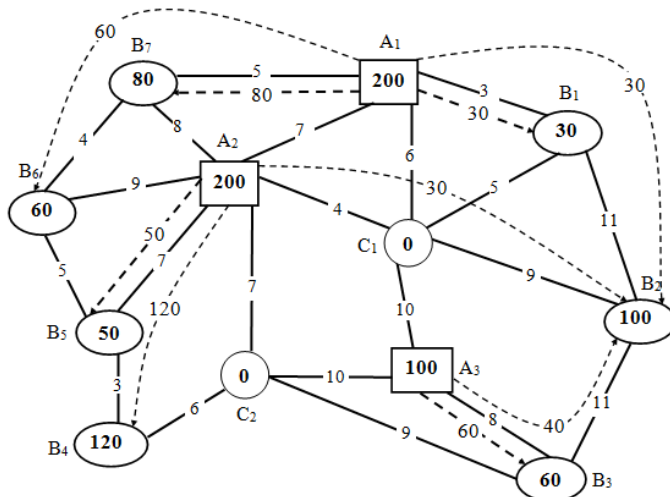


Рисунок 7 – Розподіл оптимальних маршрутів перевезення вантажу на ТМ

У третьому розділі представлені нова модель оптимізації мультимодальних вантажних перевезень маршрутами МТК, удосконалений симплексний метод знаходження оптимальних планів перевезення в МТК, модифікований метод розв'язання задачі комівояжера, процедура перетворення баз даних видів транспорту у матриці транспортних кореспонденцій і т. ін.

Розглянемо модель оптимізації мультимодальних вантажних перевезень маршрутами МТК на прикладі ТМ (рис. 8), яка включає 8 ТВ, які об'єднані автомобільними, залізничними і водними шляхами. Також на ТМ представлені маршрути двох умовних МТК – МТК1 і МТК2. МТК1v є водною, про що свідчить символ v в його назві, а МТК2a є автомобільною і МТК2g залізничною ділянками МТК2.

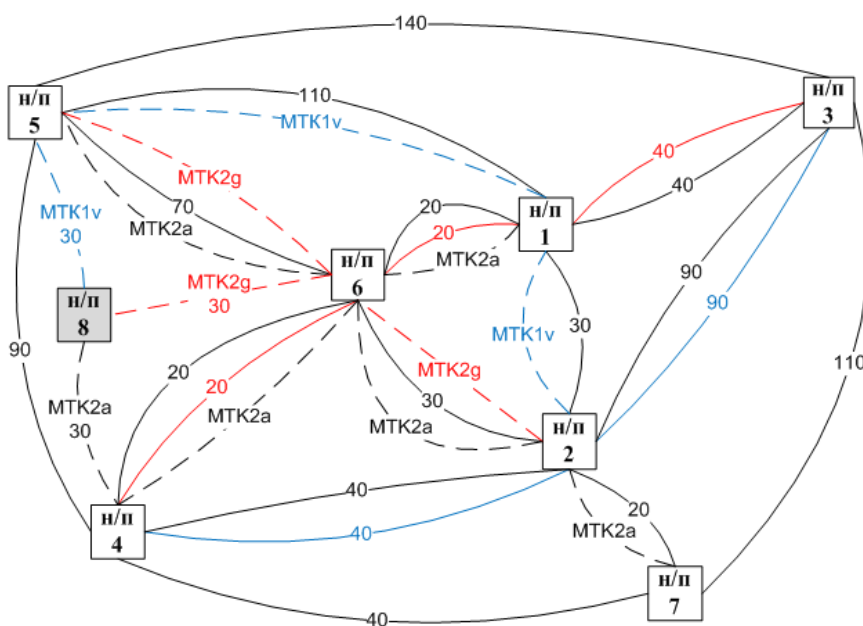


Рисунок 8 – ТМ з маршрутами МТК

Представимо інфраструктуру ТМ у наступному вигляді:

NP – загальна множина ТВ: $\{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$;

M_{NP} – множина автомобільних ділянок: $\{1-2, 1-3, 1-5, 1-6, 2-3, 2-4, 2-6, 2-7, 3-5, 3-7, 4-5, 4-6, 4-7, 5-6\}$;

VP – множина ТВ, у яких розташовані в/п: $\{2, 3, 4\}$;

M_{VP} – множина водних ділянок: $\{3-2, 2-4\}$;

GD – множина ТВ, у яких розташовані з/с: $\{1, 3, 4, 6\}$;

M_{GD} – множина залізничних ділянок: $\{3-1, 1-6, 6-4\}$.

Для наведених множин існують наступні співвідношення: $GD \subset NP$; $VP \subset NP$.

Далі опишемо характеристики МТК, які додаються до існуючій ТМ:

M_1 – множина ТВ МТК1, у яких розташовані в/п МТК: $\{1, 2, 5, 8\}$;

M_{1VP} – множина водних ділянок МТК1: $\{5-1, 1-2, 5-8\}$;

M_2 – загальна множина ТВ МТК2: $\{1, 2, 4, 5, 6, 7, 8\}$;

M_2^{GD} – множина ТВ МТК2, у яких розташовані з/с МТК: $\{2, 5, 6, 8\}$;

M_{2NP} – множина автомобільних ділянок МТК2: $\{5-6, 6-2, 6-1, 6-4, 2-7, 4-8\}$;

M_{2GD} – множина залізничних ділянок МТК2: $\{5-6, 6-2, 6-8\}$.

Зробимо об'єднання компонентів існуючої інфраструктури ТМ з компонентами інфраструктури МТК. Для цього зробимо наступні кроки:

Крок 1: Додаємо до загальної множини ТВ МТК, а саме NP, ТВ з МТК, а саме множин M_1 та M_2 , яких в множині NP не має. Це додавання буде задовольняти наступному співвідношенню: $NP \cup (M_1 \setminus (M_1 \cap NP)) \cup (M_2 \setminus (M_2 \cap NP))$.

Результат = {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, **8**} (додані елементи виділені жирним шрифтом).

Крок 2: Додаємо до множини ТВ, у яких розташовані в/п, а саме VP, ТВ з МТК1, а саме множини M_1 , яких в множині VP не має. Це додавання буде задовольняти наступному співвідношенню: $VP \cup (M_1 \setminus (M_1 \cap VP))$.

Результат = {2, 3, 4, **1, 5, 8**}.

Крок 3: Додаємо до множини ТВ, у яких розташовані з/с, а саме GD, н/п з МТК2, а саме множини M_2 , яких в множині GD не має. Це додавання буде задовольняти наступному співвідношенню: $GD \cup (M_2^{GD} \setminus (M_2^{GD} \cap GD))$.

Результат = {1, 3, 4, 6, **2, 5, 8**}.

Крок 4: Додаємо до множини автомобільних ділянок M_{NP} автомобільні ділянки з МТК2, а саме множини M_{2NP} , яких в множині M_{NP} не має. Це додавання буде задовольняти наступному співвідношенню: $M_{NP} \cup (M_{2NP} \setminus (M_{2NP} \cap M_{NP}))$.

Результат = {1-2, 1-3, 1-5, 1-6, 2-3, 2-4, 2-6, 2-7, 3-5, 3-7, 4-5, 4-6, 4-7, 5-6, **4-8**}.

При цьому слід зазначити той факт, що при порівнянні ділянок розглядаються обидва напрямки руху на ділянці (двосторонній рух), що виглядить наступним чином:

$$\begin{aligned} & (P_O(M_{NP}) = P_O(M_{2NP})) \text{ і } (P_N(M_{NP}) = P_N(M_{2NP})) \\ & (P_N(M_{NP}) = P_O(M_{2NP})) \text{ і } (P_O(M_{NP}) = P_N(M_{2NP})) \\ & (P_O(M_{NP}) = P_N(M_{2NP})) \text{ і } (P_N(M_{NP}) = P_O(M_{2NP})) \\ & (P_N(M_{NP}) = P_N(M_{2NP})) \text{ і } (P_O(M_{NP}) = P_O(M_{2NP})). \end{aligned}$$

Це в повній мірі відноситься як до водних, так і до залізничних ділянок МТК.

Крок 5: Додаємо до множини водних ділянок M_{VP} водні ділянки з МТК1, а саме множини M_{1VP} , яких в множині M_{VP} не має. Це додавання буде задовольняти наступному співвідношенню: $M_{VP} \cup (M_{1VP} \setminus (M_{1VP} \cap M_{VP}))$.

Результат = {3-2, 2-4, **5-1, 1-2, 5-8**}.

Крок 6: Додаємо до множини залізничних ділянок M_{GD} залізничні ділянки з МТК2, а саме множини M_{2GD} , яких в множині M_{GD} не має. Це додавання буде задовольняти наступному співвідношенню: $M_{GD} \cup (M_{2GD} \setminus (M_{2GD} \cap M_{GD}))$.

Результат = {3-1, 1-6, 6-4, **5-6, 6-2, 6-8**}.

У четвертому розділі представлені прикладні аспекти реалізації наукових досліджень, а саме – склад та основні компоненти баз даних інфраструктури транспорту України і Західної Європи (УЗЭ) та їх МТК, застосування нового підходу до управління перевезеннями вантажів в МТК на прикладі транспортної системи УЗЭ та доведення адекватності результатів дисертаційних досліджень.

Програмно-інструментальний комплекс (ПІК) оптимізації вантажних перевезень маршрутами міжнародних транспортних коридорів, який реалізований на основі розробленої моделі оптимізації мультимодальних вантажних перевезень маршрутами МТК, крім 9 варіантів комбінованого перевезення вантажів різними видами транспорту, ураховує пропускні здатності транспортних вузлів і комунікацій ТС, а також може вирішувати транспортні ТЗ за умови незбалансованості обсягів перевезення неоднорідних вантажів. ПІК функціонує у двох режимах оптимізації перевезення вантажів – за критерієм вартості й за критерієм часу.

У наведеному прикладу (рис. 9) вантажні перевезення здійснюються із двох н/п України – Одеси (180 тонн вантажу) і Києва (120 тонн вантажу), відповідно, у два закордонних н/п – Пловдива (160 тонн вантажу) і Жешува (160 тонн вантажу).

Однак у зв'язку з незбалансованістю обсягів перевезень вантажу і наявністю певних обмежень на пропускні здатності транспортних вузлів і сполучень ТС УЗЄ, вантажні перевезення будуть здійснені не у повному обсязі (див. рис. 9).

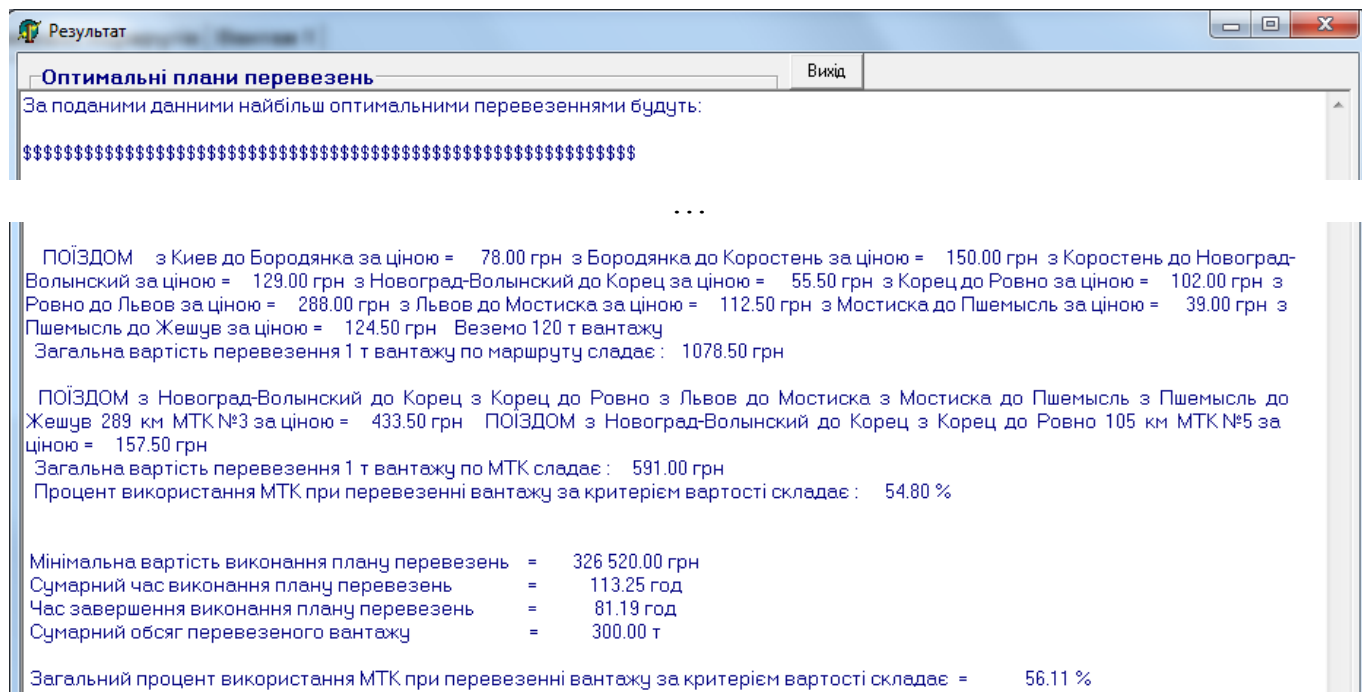


Рисунок 9 – Фрагмент результатів розв'язання ТЗ на ТС УЗЄ за критерієм вартості

У **додатках** до дисертації наведено, схеми і склад МТК, зміст файлів бази даних транспорту УЗЄ і МТК, акти впровадження матеріалів дисертації у виробництво і навчальний процес, свідоцтва про реєстрацію авторського права на твір.

ВИСНОВКИ

Дисертація присвячена вирішенню важливого науково-прикладного завдання підвищенню ефективності управління вантажопотоками маршрутами МТК за рахунок розробки моделей, методів та програмного забезпечення оптимізації вантажопотоків в МТК на прикладі організації мультимодальних перевезень вантажів на автомобільному, залізничному та водному видах транспорту. Основні результати, отримані у даної дисертаційної роботі, полягають у наступному:

1. З проведеного дослідження функціонування транспортної галузі України був зроблений висновок про необхідність розроблення нових підходів до управління окремими її елементами, зокрема вантажопотоками в МТК. МТК забезпечують перевезення вантажів і пасажирів на рівні, якій відповідає вимогам країн ЄС. Вони, порівнюючи з діючими в Україні, надто високі, і передбачають, зокрема, щоб пропускна здатність автомобільних доріг була не менш, як 20 тис. од./добу при мінімальній швидкості 120 км/год, а для залізниці – 100 км/год. Норматив для перетину кордону легковим автомобілем становить 15 хв., для потягів – 20 хв., для вантажівок – 60 хв. Це досягається шляхом створення пільгових умов вантажоперевезень маршрутами МТК, коли на його кордонах діють спрощені

правила і порядок митного та інших видів контролю і оформлення; застосовуються пільгові (знижені на 25–50 %) тарифи на всі види послуг і зборів; існує єдиний орган управління; діє стабільна правова база; забезпечено надійний захист і безпеку пасажирів і вантажів.

2. Аналіз матричної моделі представлення вантажних перевезень дозволив зробити висновки о том, що вантажні перевезення і заснована на них транспортна задача є частковим випадком загальної задачі лінійного програмування. Зведення вантажних перевезень до системи лінійних рівнянь і далі до матричного представлення припускає використовувати до їх оптимізації стандартні матричні методи. Мережева модель представлення вантажних перевезень є більш наочна і природна по відношенню до матричної моделі, але існуючі методи оптимізації перевезень вантажів на цієї моделі є досить складними і важко піддаються формалізації. Виходячи з цього було запропоновано використовувати матрично-мережеву модель представлення вантажних перевезень, яка поєднує переваги наочності мережевих моделей і простоти оптимізації перевезень вантажів у матричному вигляді.

3. Розроблена модель мультимодальних вантажних перевезень маршрутами МТК концептуально базується на принципах побудови матрично-мережевої моделі перевезення вантажів з урахуванням специфіки здійснення міжнародних вантажних перевезень маршрутами МТК. В роботі удосконалено метод знаходження оптимальних планів перевезення вантажів маршрутами МТК, який враховує незбалансованість обсягів перевезень вантажів, а також дозволяє додатково до них отримувати відповідні маршрути транспортування вантажу, а також метод розв'язання задачі комівояжера при здійсненні вантажних перевезень у міжнародному сполученні, який при визначенні оптимального маршруту додатково враховує час проходження митних процедур при перетині державного кордону і виконання навантажувально-розвантажувальних робіт.

4. Розроблена методика об'єднання транспортних інфраструктур 10 пан'європейських МТК та транспортних систем України та Західної Європи дозволяє поєднати в єдине ціле 794 транспортних вузла (з 875 автомобільними ділянками), серед яких 566 залізничних вузлів (з 654 залізничними ділянками) і 119 водних портів (з 123 водними ділянками). У відповідності до цієї методики розроблено програмне забезпечення, яке дозволяє автоматизувати процес цього об'єднання.

5. Проведена апробація розроблених моделей і методів по оптимальної маршрутизації вантажопотоків в МТК України та Західної на прикладі організації міжнародних вантажних перевезень автотранспортними підприємствами АсМАП України. Спроекований у роботі програмно-інструментальний комплекс управління вантажопотоками маршрутами МТК, який реалізований на основі моделі мультимодальних вантажних перевезень маршрутами МТК, дозволяє з усіх існуючих варіантів перевезення вантажів вибрати найбільш дешеві по двох режимах оптимізації перевезення вантажів – або за критерієм вартості, або за критерієм часу. Слід також зазначити той факт, що при оптимізації вантажопотоків за критерієм вартості, деяка частина маршрутів оптимального плану перевезень вантажу (до 50 %) проходить маршрутами МТК, що значно покращить якість і надійність їх виконання.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ
Статті у виданнях іноземних держав або у виданнях України,
які включені до міжнародних наукометричних баз

1. Пилипенко Ю.В., Прокудін Г.С., Ремех І.О. Ефективність застосування системи тягових плечей при перевезеннях вантажів у міжнародному сполученні. *Systemy i srodki transportu samochodowego* // Monografia nr 10 pod redakcja naukowa K. Lejdy. Rzeszow: Politechnika Rzeszowska, 2017. S.79–86.
2. Pylypenko Yu., Prokudin G., Chupailenko O., Dudnyk O. Nowj model zarzadzania transportem towarow w systemach transportowjch // *Kwartalne miedzynarodowe czasopismo naukowe "Area nauku"*. Lublin: Fundacja Osrodek rozwoju rompetencji akademickich, 2017. P. 70–78.
3. Pylypenko Yu., Prokudin G., Chupaylenko O. Traveling Salesman Problem in the Function of Freight Transport Optimization // *Journal of Sustainable Development of Transport and Logistics*. 2018. № 3(1). P. 29–36. DOI: <https://dx.doi.org/10.14254/jsdtl.2018.3-1.3>.
4. Pylypenko Yu., Prokudin G., Dudnik O. Optimization of Transport Processes with the Use of Information Technologies // *Open Access Peer-reviewed Journal: European Journal of Intelligent Transportation Systems*. Warsaw: Publisher RS Global Sp. z O.O., 2018. № 1(1).P. 15–17. DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ejits/30112018/6217.
5. Пилипенко Ю.В., Прокудін Г.С., Чупайленко О.А., Дудник О.С. Розвиток міжнародного транзитного потенціалу України // *Open Access Peer-reviewed Journal: European Journal of Intelligent Transportation Systems*. Warsaw: Publisher RS Global Sp. z O.O., 2019. № 1(2). P. 26–30. DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ejits/31072019/6580.

Статті у наукових фахових виданнях

6. Пилипенко Ю.В., Прокудін Г.С., Майданик К.О. Приклад побудови імітаційних моделей у транспортних системах // *Управління проектами, системний аналіз і логістика*. Київ: НТУ, 2016. Вип. 17, ч. 1. С. 67–79.
7. Пилипенко Ю.В., Прокудін Г.С., Ремех І.О., Чупайленко О.А. Особливості моделювання вантажних перевезень на транспортній мережі // *Управління проектами, системний аналіз і логістика*. Київ: НТУ, 2016. Вип. 18, ч. 1. С. 101–114.
8. Пилипенко Ю.В., Прокудін Г.С., Чупайленко О.А. Ефективність застосування системи тягових плечей в міжміських перевезеннях // *Вісник Національного транспортного університету*. Київ: НТУ, 2017. Вип. № 1 (37). Серія «Технічні науки». С. 346–357.
9. Пилипенко Ю.В., Прокудін Г.С., Майданик К.О. Аналіз і шляхи реформування транспортної галузі України // *Транспортні системи і технології*. К.: ДЕТУТ, 2017. Вип. 30. С. 244–254.
10. Пилипенко Ю.В., Прокудін Г.С., Прокудін О.Г. Оптимізація мультимодальних вантажних перевезень маршрутами міжнародних транспортних коридорів // *Вісник Східноукраїнського Національного університету імені Володимира Даля*. Сєверодонецьк: СНУ ім. В. Даля, 2019. Вип. № 2 (250). С. 65–73.

Опубліковані праці апробаційного характеру

11. Пилипенко Ю.В., Прокудін Г.С., Пелих В.Ю. Розвиток науково-технологічних основ експедиторського обслуговування на автомобільному транспорті. *LXXII наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету*: тези доп. Київ: НТУ, 2016. С. 234.

12. Пилипенко Ю.В., Прокудін Г.С., Гілевська та інш. Визначення оптимальних параметрів, які впливають на продуктивність та якість автобусних пасажирських перевезень в місцях-конгломераціях. *Звіт о НДР № 171 “Підвищення продуктивності та якості автобусних пасажирських перевезень в місцях-конгломераціях / (заключний етап). № ДР 0114U003950*. Київ: НТУ, 2016. 115 с.

13. Пилипенко Ю.В., Прокудін Г.С., Омаров Д.М. Визначення ефективності застосування системи тягових плечей у міжміських перевезеннях вантажу. *VII Міжнародна науково–практична конференція «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем»*: тези доп. (24-27 квітня 2017 р.). т. 2. Чернігів: ЧНТУ, 2017. С. 146–148.

14. Пилипенко Ю.В., Прокудін Г.С., Омаров Д.М. Застосування імітаційного моделювання для підвищення ефективності роботи міських автобусів / Ю.В. Пилипенко. *LXXIII наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету*: тези доп. Київ: НТУ, 2017. С. 258.

15. Пилипенко Ю.В., Прокудін Г.С., Дудник О.С. Перетворення мережевих моделей процесу вантажних перевезень у матричні моделі. *IX Міжнародна науково–практична конференція «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті»*: матеріали конф. (23-25 травня 2017 р.). Херсон: ХДМА, 2017. С. 239–240.

16. Пилипенко Ю.В., Прокудін Г.С. Підвищення ефективності функціонування транспортних систем. *LXXIV наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету*: тези доп. Київ: НТУ, 2018. С. 272.

17. Пилипенко Ю.В., Прокудін Г.С., Майданик К.О. Удосконалення методів визначення оптимальних характеристик транспортних мереж. *Бізнес-моделі розвитку транспортних, агропромислових і інших підприємницьких структур: сучасні реалії та перспективи*: моногр. з міжн. участю за ред. Л.М. Савчук, Л.М. Бандоріної. Дніпро: Журфонд, 2018. С. 5–20.

18. Пилипенко Ю.В., Прокудін Г.С., Чупайленко О.А. Вдосконалення методів пошуку найкоротших маршрутів на транспортній мережі / Ю.В. Пилипенко. *Третя Всеукраїнська науково-теоретична конференція «Проблеми з транспортними потоками в напрямі їх розв’язання»*: тези доп. (28-30 березня 2019 р.). Дрогобич: “Посвіт”, 2019. С. 46–47.

19. Пилипенко Ю.В., Прокудін Г.С. Модель оптимізації вантажних перевезень маршрутами міжнародних транспортних коридорів. *LXXV наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету*: тези доп. Київ: НТУ, 2019. С. 266.

20. Пилипенко Ю.В. Приклад оптимізації вантажних перевезень маршрутами міжнародних транспортних коридорів. *IX Міжнародна науково-практична конференція «Транспорт і логістика: проблеми та рішення»*: збірник наук. праць. (22-24 травня 2019 р.). Одеса : КУПРІЄНКО СВ, 2019. С. 180–182.

Свідоцтва про реєстрацію авторського права на твір

21. Пилипенко Ю.В., Прокудін Г.С., Чупайленко О.А., Прокудін О.Г. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на науковий твір № 89418 «Математична модель організації мультимодальних вантажних перевезень маршрутами міжнародних транспортних коридорів». Київ: Мінекономрозвитку України, 2019. 22 с.

22. Пилипенко Ю.В., Прокудін Г.С., Чупайленко О.А., Прокудін О.Г. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на науковий твір № 89419 «Програмно-інструментальний комплекс оптимізації мультимодальних вантажних перевезень маршрутами міжнародних транспортних коридорів». Київ: Мінекономрозвитку України, 2019. 44 с.

АНОТАЦІЯ

Пилипенко Ю.В. Підвищення ефективності управління вантажопотоками в міжнародних транспортних коридорах. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.01 – транспортні системи. – Національний транспортний університет Міністерства освіти і науки України, Київ, 2019.

Дисертаційне дослідження присвячено вирішенню важливої науково-прикладної задачі розробки теоретичних основ та практичних методів оптимальної маршрутизації вантажних перевезень в міжнародних транспортних коридорах на прикладі організації комплексних перевезень вантажів на автомобільному, залізничному та водному видах транспорту.

В роботі вперше розроблена модель оптимізації мультимодальних вантажних перевезень маршрутами міжнародних транспортних коридорів, яка на відміну від існуючих враховує наявність обмежень на пропускні здатності транспортних вузлів і комунікацій, на незбалансованість обсягів перевезень, на взаємодію різних видів транспорту при здійсненні комплексних перевезень вантажів.

На основі цієї моделі розроблений програмно-інструментальний комплекс по оптимізації вантажних перевезень маршрутами міжнародних транспортних коридорів. Спроектвана й заповнена інструментальна база даних транспортної системи України та Західної Європи.

Вдосконалено симплексний метод знаходження оптимальних планів перевезення вантажів в міжнародних транспортних коридорах, який реалізований у програмному середовищі *Delphi*.

Результати проведених наукових досліджень було впроваджено в роботу автопідприємств Асоціації міжнародних автомобільних перевезень України та використовуються в навчальному процесі Національного транспортного університету при підготовці фахівців для транспортної галузі країни.

Ключові слова: модель мультимодальних вантажних перевезень, критерій по вартості і за часом, процедура, база даних інфраструктури, міжнародні транспортні коридори, вантажопотоки, маршрут.

АННОТАЦИЯ

Пилипенко Ю.В. Повышение эффективности управления грузопотоками в международных транспортных коридорах. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.01 – транспортные системы. – Национальный транспортный университет Министерства образования и науки Украины, Киев, 2019.

Диссертационное исследование посвящено решению важной научно-прикладной задачи разработки теоретических основ и практических методов оптимальной маршрутизации грузовых перевозок в международных транспортных коридорах на примере организации комплексных перевозок грузов на автомобильном, железнодорожном и водном видах транспорта.

В работе впервые разработана модель оптимизации мультимодальных грузовых перевозок по маршрутам международных транспортных коридоров, которая в отличие от существующих учитывает наличие ограничений на

пропускные способности транспортных узлов и коммуникаций, на несбалансированность объемов перевозок, на взаимодействие различных видов транспорта при осуществлении комплексных перевозок грузов.

На основе этой модели разработан программно-инструментальный комплекс по оптимизации грузовых перевозок по маршрутам международных транспортных коридоров. Спроектирована и заполнена инструментальная база данных транспортной системы Украины и Западной Европы, которая включает в себя параметры основных транспортных узлов всех видов транспорта, а также технические характеристики транспортных коммуникаций, что позволяет с помощью ПИК решать самые разнообразные задачи по оптимальному управлению грузовыми перевозками по маршрутам международных транспортных коридоров.

Усовершенствован симплексный метод нахождения оптимальных планов перевозки грузов в международных транспортных коридорах, который реализован в программной среде Delphi.

Результаты проведенных научных исследований было внедрено в работу автопредприятий Ассоциации международных автомобильных перевозок Украины и используются в учебном процессе Национального транспортного университета при подготовке специалистов для транспортной отрасли страны.

Ключевые слова: модель мультимодальных грузовых перевозок, критерий по стоимости и по времени, процедура, база данных инфраструктуры, международные транспортные коридоры, грузопотоки, маршрут.

ABSTRACT

Pilipenko Yu. V. Improving the efficiency of cargo traffic management in international transport corridors. – On the rights of the manuscript.

Dissertation for the degree of a candidate of technical sciences in specialty 05.22.01 – transport systems. – National Transport University Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2019.

The dissertation research is devoted to the solution of the important scientific and practical problem of development of theoretical bases and practical methods of optimal routing of cargo transportation in international transport corridors on the example of the organization of complex transportation of cargoes by road, rail and water modes of transport.

For the first time the model of optimization of multimodal freight transportation by routes of international transport corridors is developed, which, unlike the existing ones, takes into account the presence of restrictions on the capacity of transport hubs and communications, on the imbalance of the volumes of transportation, on the interaction of different types of transport in the performance of complex transportation.

On the basis of this model a software-tool complex for optimization of freight transportation by routes of international transport corridors was developed. Instrumental database of the transport system of Ukraine and Western Europe has been designed and completed.

The simplex method of finding optimal plans of cargo transportation in international transport corridors, implemented in Delphi software environment, has been improved.

The results of the scientific researches were introduced into the work of auto enterprises of the Association of International Road Transport of Ukraine and are used in the educational process of the National Transport University in training specialists for the transport industry of the country.

Keywords: multimodal freight model, cost and time criterion, procedure, infrastructure database, international transport corridors, freight flows, route.