

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

ХОБОТНЯ ТЕТЯНА ГЕОРГІЇВНА



УДК 656.073 : 519.852.61

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МІЖНАРОДНИХ
АВТОМОБІЛЬНИХ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ**

05.22.01 – транспортні системи

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2021

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі міжнародних перевезень та митного контролю Національного транспортного 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
Кисельов Володимир Борисович,
Таврійський національний університет ім. В.І. Вернадського,
директор Навчально-наукового інституту
муніципального управління та міського господарства
(м. Київ)

кандидат технічних наук, доцент
Галкін Андрій Сергійович,
Харківський національний університет
міського господарства ім. О.М. Бекетова,
доцент кафедри транспортних систем і логістики
(м. Харків)

Захист відбудеться « 28 » квітня 2021 року о 10⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.059.02 у Національному транспортному університеті за адресою: 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к. 333.

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

Автореферат розісланий « 26 » березня 2021 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



О.Ю. Усиченко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Світова транспортна система зараз переживає процес глибоких фундаментальних змін. Одержано інтенсивні імпульси для розвитку процесів створення єдиного торгового ринку на різних континентах, істотно спрощено процедуру перетинання кордонів. Транспортна система України і діючі системи перевезення в умовах трансформації економіки вимагають принципових змін в експлуатаційно-технологічній діяльності транспортної галузі. Головними вимогами в цих питаннях є: максимальне зниження собівартості перевезень; переоцінка критеріїв у підходах до визначення ефективності перевезень, перехід від об'ємних показників роботи транспорту до фінансово-економічних; забезпечення достатньої швидкості руху транспорту і доставки пасажирів та вантажів; забезпечення збереження вантажів під час перевезення; підвищення якості послуг на транспорті.

Основним недоліком наявних методів розв'язання транспортних задач (ТЗ), представлених у вигляді транспортної мережі (ТМ) є неможливість суворої математичної формалізації задачі та її наступного розв'язання методами сучасних інформаційних технологій, причому більшість ТЗ не мають збалансованості попиту та пропозиції вантажу, тобто являються задачами відкритого типу. Стандартні методи зведення до задачі закритого типу, частіше всього не ефективні, а іноді взагалі не працюють.

Серед найбільш значних праць у цьому напрямку досліджень варто відзначити роботи американських та європейських учених: Данцига Дж., Дейкстри Е., Флойда Р., Кофмана А., Таха Х.А. та ін., а також науковців: Канторовича Л.В., Вентцель Е.С., Нестерова В.П., Дегтярьова Ю.І., Кремера Н.Ш. та багатьох ін. Сучасним методам оптимізації перевезень вантажів та пасажирів у мережевій постановці присвяченні праці Воркута А.І., Сільянова В.В., Кожина А.П., Бідняка М.Н., Четверухіна Б.М., Постан М.Я. та ін.

Все це обумовлює актуальність дослідження і розробки удосконалених моделей і методів для розв'язання задач управління перевезеннями пасажирів і вантажів у міжнародному сполученні на ТМ при незбалансованості обсягів постачань і замовлень вантажів.

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, 2015-2020 р.) та держбюджетної НДР № 37 на тему “Розробка методів підвищення ефективності автомобільних перевезень маршрутами міжнародних транспортних коридорів” (Національний транспортний університет, номер державної реєстрації 0119U101796, 2019-2020 р.).

Об'єкт дослідження – процес перевезення вантажів автомобільним транспортом на транспортних мережах у міжнародному сполученні.

Предмет дослідження – закономірності формування вантажопотоків на транспортних мережах у міжнародному сполученні, які враховують обмеження на незбалансованість обсягів постачань і замовлень вантажів.

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності міжнародних автомобільних перевезень вантажів за допомогою розробки, удосконалення і впровадження моделей, методів та програмного забезпечення процесу управління перевезеннями вантажів на транспортних мережах при незбалансованості обсягів постачань і замовлень вантажів. Для досягнення поставленої мети в роботі визначені такі основні задачі дослідження:

1. Здійснити аналіз існуючих наукових підходів та діючих моделей і методів по управлінню вантажними перевезеннями у міжнародному сполученні.
2. Розробити новий метод зведення відкритих транспортних задач до транспортних задач закритого типу.
3. Провести моделювання процесів управління міжнародними вантажними перевезеннями на транспортних мережах в умовах незбалансованості обсягів постачань і замовлень вантажів.
4. Розробити алгоритмічне та програмне забезпечення системи підтримки прийняття рішень по оптимальному управлінню перевезеннями вантажів на транспортних мережах у міжнародному сполученні.
5. Провести апробацію розробленого програмного забезпечення по управлінню вантажними перевезеннями у міжнародному сполученні 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, алгоритми та методи теорії обчислювальної математики, програмування та баз даних, а також комбінаторний аналіз і теорія графів. Теоретична цінність результатів дослідження міститься у системному підході щодо аналізу існуючих моделей та методів управління вантажними перевезеннями на ТМ, обґрунтуванні питань модифікації відомих і розробці нових моделей та методів розв’язання задач подібного класу.

Наукова новизна одержаних результатів 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 міжнародними вантажними перевезеннями в умовах незбалансованості обсягів постачання і споживання вантажу. В роботі, в розвиток зазначеного напрямку:

- *вперше* розроблено метод зведення відкритих транспортних задач до транспортних задач закритого типу, що дозволяє отримати більш дешевий план перевезень вантажів;
- *вперше* розроблено систему підтримки прийняття рішень по управлінню вантажними перевезеннями (СПРУВП) на ТМ у міжнародному сполученні, яка значно підвищує якість управлінських рішень при знаходженні оптимального плану перевезень вантажів за рахунок використання всіх існуючих і удосконалених методів зведення незбалансованих вантажних перевезень до збалансованого виду;
- *удосконалено* симплексний метод оптимізації вантажних перевезень на транспортних мережах у міжнародному сполученні, який дозволяє проводити оптимізацію вантажних перевезень при наявності незбалансованості обсягів постачань і замовлень вантажів, а також враховує особливість випадку перевищення обсягу пропозиції вантажу над його попитом;
- *знайшов подальший розвиток* пропорційно-різницевого методу усунення незбалансованості обсягів постачань і замовлень вантажів в транспортних мережах, використання якого в окремих випадках сприяє отриманню більш ефективного плану вантажних перевезень.

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

Практичне значення одержаних результатів полягає в розробці на основі запропонованих науково-методичного забезпечення по управлінню вантажними перевезеннями й перерахованих вище моделей і методів СПРУВП на транспортних мережах, яка дає можливість значно підвищити якість прийняття управлінських рішень по перевезенню вантажів на транспортних мережах різної структури и розмірності.

Основні наукові і практичні результати дисертації впроваджені в учбовий процес кафедри міжнародних перевезень та митного контролю Національного транспортного університету Міністерства освіти і науки України, а на все розроблене в рамках виконання наукових досліджень по даній дисертаційній роботі програмне забезпечення одержані 2 Свідоцтва про реєстрацію авторського права на твір.

Також результати дисертаційної роботи були впроваджені в виробничу діяльність ТзОВ «ЛВ-Транс» та в навчальну діяльність НКЦ АсМАП України у вигляді спроектованої СПРУВП на транспортних мережах у міжнародному сполученні, яка використовує базу даних міжнародних транспортних коридорів інфраструктури України та Західної Європи.

Особистий внесок здобувача. У наукових працях, опублікованих у співавторстві, здобувачем: в [1] виконано зведення ТЗ до ЗЗЛП; в [2] спроектована платіжна матриця та виконані розрахунки стратегій по різних критеріям; в [3] проведено опис логістичного підходу до аналізу діяльності дозвільної системи у сфері міжнародних автомобільних вантажних перевезень (МАНП); в [4] визначені критерії ефективності дозвільної системи у сфері МАНП; в [5] зроблено аналіз літературних джерел з питання поточних змін функціонування дозвільної системи у сфері МАНП; в [6] запропоновано структуру і основні складові вантажних митних комплексів; в [7] виконано аналіз методів підвищення ефективності автомобільних перевезень МТК; в [8] проведена оптимізація вантажних перевезень на ТМ за допомогою табличного процесора; в [9] проаналізовано стан та перспективи розвитку перевезення швидкопсувних вантажів; в [14] зроблено порівняльний аналіз процесів формування ТЛК; в [16] запропонована модель управління проектами ТЕО; в [18] наведені шляхи підвищення ефективності процесу доставки збірних вантажів у міжнародному сполученні; в [20] проведені дослідження ринку МАНП в сучасних умовах; в [21] виконані дослідження поточної проблематики та тенденцій в логістиці доставки вантажів автомобільним транспортом; в [22] здійснена оптимізація вантажних перевезень на ТМ за допомогою табличного процесора; в [23] проаналізовані результати оптимізації вантажних перевезень за допомогою ІТ-технологій; в [26] розроблено розділ робочої навчальної дисципліни з логістиці організації перевезень вантажів в транспортних системах; в [27] виконані експериментальні розрахунки варіантів завдань до курсового проекту.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи та результати наукових розробок доповідались на: 66-68, 70-71, 75-76 наукових конференціях ПВС, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів Національного транспортного університету (м. Київ, НТУ, 2010-2012 рр., 2014-2015 рр., 2019-2020 рр.); VIII та X Міжнародних науково-практичних конференціях «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT)» (м. Херсон: ХДМА, 24-26 травня 2016р., 29-31 травня 2018 р.);

XIV Міжнародної науково–практичної конференції «Управління проектами: стан та перспективи» (м. Миколаїв: НУК, 11-14 вересня 2018 р.); III Международной научной конференции «Научные исследования: парадигма инновационного развития» (Братислава–Вена: ГО «Международный научный центр развития науки и технологий», 26 мая 2020 года); International scientific and practical conference «Science, engineering and technology: global trends, problems and solutions»: Conference proceedings (September 25-26, 2020. Prague: Izdevnieciba «Baltija Publishing»); Міжнародної науково-технічної конференції «Інтелектуальні технології управління транспортними процесами» (м. Харків: ХНАДУ, 17-18 листопада 2020 р.).

Публікації. По темі дисертаційної роботи опубліковано 27 наукових праці, із них: 8 статей у фахових виданнях та 17 публікацій в інших науково-практичних виданнях. По результатам науково-дослідницьких досліджень дисертаційної роботи одержано 2 свідоцтва про реєстрацію авторського права на твір.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається з анотації, переліку умовних скорочень, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел із 117 найменувань та п'яти додатків. Основний текст викладено на 151 сторінках. Текст ілюструється 77 рисунками і містить 28 таблиць.

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 управління вантажними перевезеннями міжнародними маршрутами при незбалансованості обсягів постачання і споживання вантажу. Наведено аналіз і проведено прогнозування виробничої діяльності автомобільного транспорту України та особливості рішення задач управління перевезеннями в транспортних мережах. Виконано огляд літературних джерел, сформульовані цілі і задачі дисертаційного дослідження.

Сучасний транспорт являє собою єдину (у соціально-економічному відношенні) транспортну систему, включаючи могутню мережу залізничних, морських, річкових, автомобільних, повітряних, трубопровідних, міських і промислових комунікацій. Переміщуючи мільярди тонн сировини, палива, матеріалів, продукції, а також багато мільярдів пасажирів з досить високим рівнем комфорту і швидкості, сучасний транспорт забезпечує масове індустріальне виробництво, глибокий поділ праці, внутрішню і зовнішню торгівлю, сприяє розвитку культури і науки.

На основі статистичних даних взятих з Державної служби статистики України обсяги перевезення на автомобільному транспорті за 2010-2019 роки представлені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Обсяги перевезення на автомобільному транспорті за 2010-2019 рр.

Роки	млн. т.	Роки	млн. т.	Роки	млн. т.	Роки	млн. т.	Роки	млн. т.
2010	1168,22	2012	1259,70	2014	1131,31	2016	1085,66	2018	1205,53
2011	1252,39	2013	1260,77	2015	1020,60	2017	1121,67	2019	1147,05

Для знаходження прогнозу на основі таблиці вихідних даних потрібно використати вбудовані статистичні функції табличного процесора Excel, що дозволяють отримувати відповідні регресійні залежності: експоненціальну, лінійну, логарифмі-

чну, поліноміальну і степеневу. На рисунку 1 побудовані відповідні лінії тренду, результати яких у період прогнозу зведені у результуючу таблицю (табл. 2).

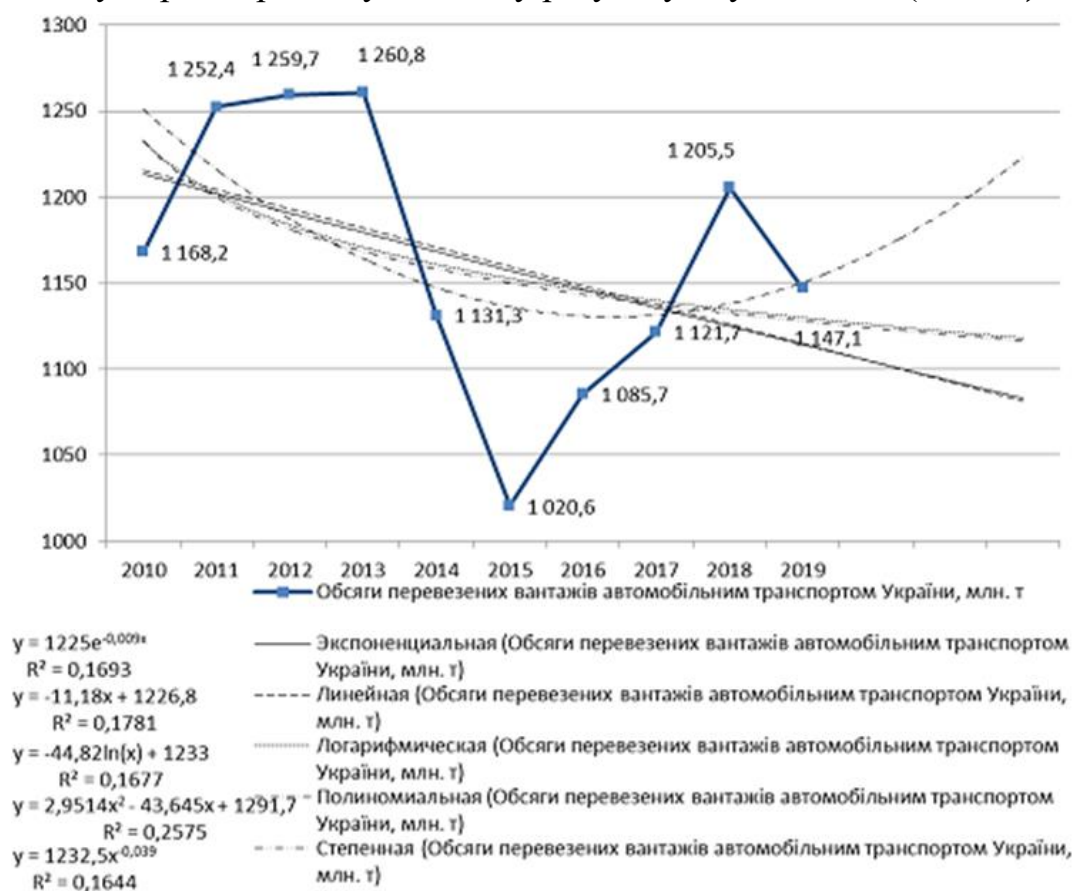


Рисунок 1 – Обсяги перевезених вантажів автомобільним транспортом України (експоненціальна, лінійна, логарифмічна, поліноміальна і степеневі лінії тренду)

Коефіцієнт кореляції R^2 для усіх ліній тренду не є достатнім (мінімальне значення має степеневий тренд – 0,1644, максимальне поліноміальний – 0,2575) для однозначного вибору його в якості прогнозованого ряду. Тому прогноз на три наступних роки обирається як середнє арифметичне значень усіх п'яти ліній тренду, наприклад, прогноз на 2020 рік дорівнює:

$$?1 = (1109,53 + 1103,82 + 1125,55 + 1168,72 + 1122,46)/5 = 1126,016;$$

$$?2 = (1099,59 + 1092,64 + 1121,65 + 1192,96 + 1118,66)/5 = 1125,1;$$

$$?3 = (1089,74 + 1081,46 + 1118,06 + 1223,09 + 1115,18)/5 = 1125,506 \text{ млн. т.}$$

Таблиця 2 – Результати апроксимації за 2010-2019 рр.

Роки	Вихідні дані	Експоненціальна	Лінійна	Логарифмічна	Поліноміальна	Степенна
2020	?1	1109,53	1103,82	1125,55	1168,72	1122,46
2021	?2	1099,59	1092,64	1121,65	1192,96	1118,66
2022	?3	1089,74	1081,46	1118,06	1223,09	1115,18

На рисунку 2 представлений сумісний графік реальних даних обсягів перевезених вантажів автомобільним транспортом України за період з 2010 по 2019 роки і прогнозовані дані на перевезення вантажів автомобільним транспортом України на 2020-2022 роки, млн. т. Отже, за прогнозами обсяги перевезення автомобільним транспортом до 2022 року почнуть стабілізуватися та зростати.

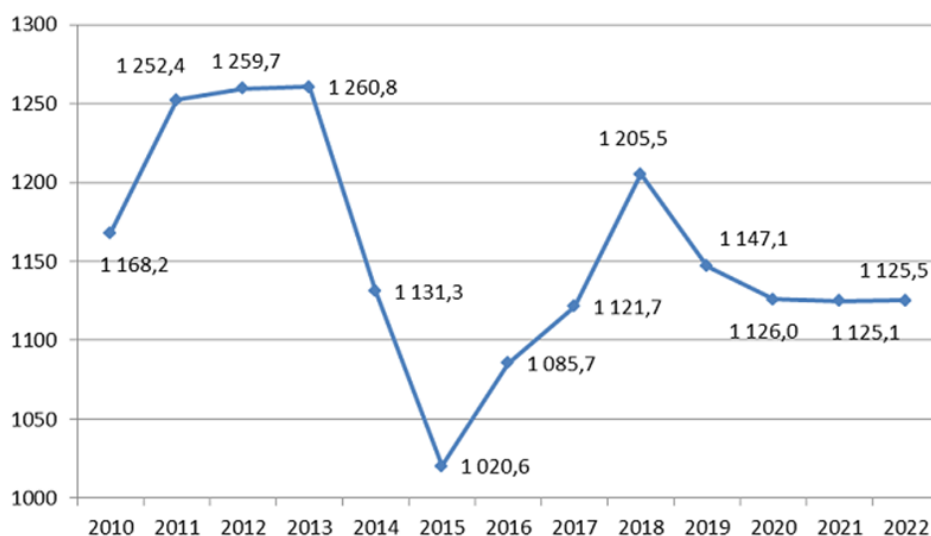


Рисунок 2 – Прогноз на перевезення вантажів автомобільним транспортом України на 2020-2022 роки, млн. т

У класичній постановці транспортній задачі, запропонованій Хічкоком передбачається здійснення лише безпосередніх перевезень від m пунктів A_i ($i = \overline{1, m}$), які виробляють (або попередньо складують) товари, до n споживачів B_j ($j = \overline{1, n}$), які замовляють перевезення товарів. У більшості публікацій не розглядається ситуація, коли деякі пункти постачання ($ПП_i$) або пункти споживання ($ПС_j$) товарів є проміжними, тобто, в яких вантаж або зовсім не розвантажується, або розвантажується лише частково. У цьому випадку ми маємо не одну, а чотири види зв'язку між $ПП$ і $ПС$ (рис. 3).

При цьому зв'язки виду а) і в) допускають або часткове розвантаження товару і можливе транспортування залишків товару до сусідніх пунктів транспортної мережі (цю обставину виділено пунктирною лінією зв'язку), або повне вивантаження всього товару, а зв'язки виду б) і г) призначені лише для транспортування всього товару через відповідний пункт. Якщо ж у проміжному пункті немає запасів товару, який перевозиться, а також немає потреби в ньому, тобто він є суто пунктом транзиту ($ПТ$), то тоді до наявних чотирьох видів зв'язків додаються ще п'ять з аналогічним трактуванням їхнього призначення (рис. 4).

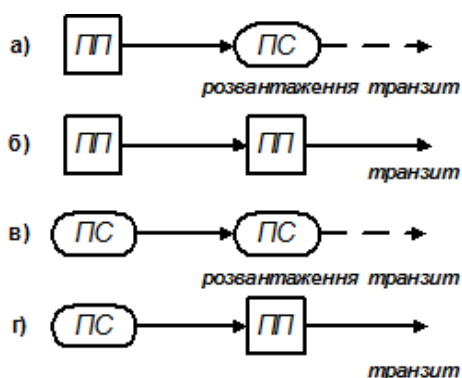


Рисунок 3 – Види зв'язку між $ПП$ і $ПС$

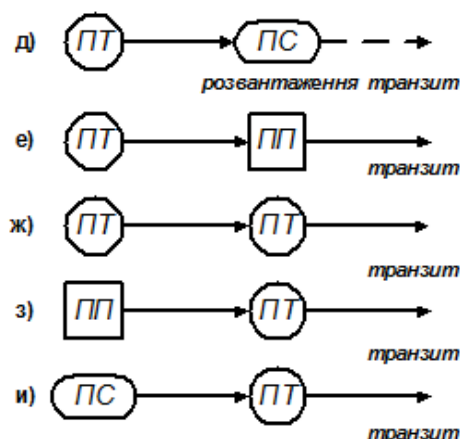


Рисунок 4 – Види зв'язку між $ПП$, $ПС$ і $ПТ$

Вперше узагальнену транспортну модель, у якій допускаються перевезення через проміжні пункти запропонував А. Орден. У цій моделі для кожного пункту складається рівняння матеріального балансу, що виражає, що обсяг вивезеного вантажу мінус кількість завезеного вантажу дорівнює чистому обсягу вантажу, зробленого в цьому пункті (якщо різниця позитивна), чи чистому обсягу споживаного в ньому вантажу (якщо різниця негативна).

Перейдемо до розгляду узагальненої транспортної моделі, у якій допускаються перевезення через проміжні пункти. Для кожного пункту ми будемо мати рівняння матеріального балансу наступного виду:

Сумарний обсяг перевезень = ввозу + виробництва = вивозу + споживання,
або, у виді рівняння:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_{ij} + a_j^* = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n x_{ji} + b_j^* \quad j=1,2,\dots,n, \quad (1)$$

де n – сумарна кількість пунктів виробництва і споживання,

x_{ij} – загальний обсяг перевезення з i в j для $i \neq j$,

x_{ji} – загальний обсяг перевезення з j в i для $j \neq i$,

a_j^* – виробництво в пункті j , b_j^* – споживання в пункті j .

Якщо місцеве виробництво для внутрішнього споживання виключено з моделі, так що або a_j^* , або b_j^* звертається в нуль, то ми будемо використовувати символи a_j і b_j без зірочок. У загальному випадку чисте виробництво a_j і споживання b_j виражаються через a_j^* і b_j^* в такий спосіб:

$$a_j = a_j^* - \min(a_j^*, b_j^*), \quad b_j = b_j^* - \min(a_j^*, b_j^*). \quad (2)$$

Ми будемо називати a_j і b_j чистими обсягами виробництва і споживання.

Задача про перевезення з проміжними пунктами полягає в знаходженні $x_{ij} \geq 0$ і $\min z$, що задовольняють рівнянням (1) і цільовому рівнянню

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} = z. \quad (3)$$

Після прирівнювання виразів для сумарного обсягу постачань, приведенного в (1), ми одержимо повну модель перевезень із проміжними n пунктами.

У **другому розділі** описано теоретичні основи організації перевезень на транспортних мережах при незбалансованості обсягів постачань і замовлень вантажів. Представимо математичну модель представлення перевезень вантажів в на транспортних мережах при незбалансованості загальних обсягів m постачань і n замовлень вантажу при транспортуванні вантажу через l пунктів транзиту при наступних обмеженнях:

$$\sum_{i=1}^m a_i \neq \sum_{j=1}^n b_j, \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq a_i, \quad i=1,\dots,m, \quad \text{для } m \text{ ПП} \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \leq b_j, \quad j=1,\dots,n, \quad \text{для } n \text{ ПС} \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^N x_{ik} = \sum_{j=1}^N x_{kj}, \quad k=1,\dots,l, \quad \text{для } l \text{ ПТ, де } N=m+n+l \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^N x_{ik} = \sum_{j=1}^N x_{kj}, \quad k=1, \dots, l, \quad \text{для } m \text{ } PPP \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^n d_{ij} \geq b_j, \quad j=1, \dots, n, \quad \text{для } n \text{ } PC \quad (9)$$

$$x_{ij} \leq d_{ij}, \quad i=1, \dots, N, \quad j=1, \dots, N, \quad \text{для } N \text{ шляхів} \quad (10)$$

де d_{ij} – пропускна здатність транспортної комунікації з i в j , а цільова функція дорівнює:

$$L(x) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \Rightarrow \min.$$

Наведемо існуючі методи зведення відкритих ТЗ до задач закритого типу.

1. У випадку застосування методу фіктивного вузла:

а) вводиться фіктивний пункт постачання з об'ємом пропозиції

$$a_{m+1} = \sum_{j=1}^n b_j - \sum_{i=1}^m a_i. \quad (10)$$

б) додається фіктивний пункт споживання з об'ємом попиту

$$a_{m+1} = \sum_{j=1}^n b_j - \sum_{i=1}^m a_i \quad (11)$$

2. Для приведення ТЗ до збалансованого виду різницевою методом, модуль різниці $\Delta = \left| \sum_{j=1}^n b_j - \sum_{i=1}^m a_i \right|$ віднімається в одному з PPP (якщо $\sum_{i=1}^m a_i > \sum_{j=1}^n b_j$), або в одному з PC ($\sum_{i=1}^m a_i < \sum_{j=1}^n b_j$), які мають найбільший обсяг постачання/споживання.

3. При застосуванні пропорційного різницевого методу вираховується відповідний коефіцієнт:

а) якщо запаси вантажу перевищують попит на нього, то вираховується коефіцієнт зменшення обсягів пропозиції в усіх його PPP (12). Після цього обсяги пропозиції вантажів усіх PPP ($i=1, m$) зменшуються до величин $a_i^* = (1-k) \cdot a_i$.

$$k = \frac{\sum_{i=1}^m a_i - \sum_{j=1}^n b_j}{\sum_{i=1}^m a_i}. \quad (12)$$

б) якщо попит на вантаж перевищує його пропозицію, то вираховується відповідний коефіцієнт зменшення обсягів замовлень в усіх PC (13). Потім ці обсяги замовлень вантажів усіх PC ($j=1, n$) зменшуються до величин $b_j^* = (1-k) \cdot b_j$.

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

Удосконалений різницевий метод зведення відкритої ТЗ до збалансованого виду полягає у зменшенні обсягу пропозиції (попиту) на величину невідповідності проводиться не тільки у PPP (PC), який має найбільше значення пропозиції (попиту), а у всіх відповідних учасників перевізного процесу по черзі. Після проведення процедури оптимізації з отриманих планів перевезення вантажу обирається той, у якого вартість реалізації плану перевезень найменша (вона наведена у умовних грошових одиницях – у.г.о.). У наведених нижче транспортних таблицях (ТТ) наведений приклад (табл. 3-6), який наводить ефективність його застосування у порівнянні з стандартним різницевою методом.

Таблиця 3 – Вихідна ТТ

	ПС ₁	ПС ₂	ПС ₃	ПС ₄	Запаси a_i
ПП ₁	4	7	2	5	130
ПП ₂	3	6	1	8	120
ПП ₃	9	3	6	2	140
Заявки b_i	80	100	110	70	360/390

Таблиця 5 – Зменшення обсягу пропозиції у ПП₂

	ПС ₁	ПС ₂	ПС ₃	ПС ₄	Запаси a_i
ПП ₁	4 80	7	2 20	5 30	130
ПП ₂	3	6	1 90	8	120-30=90
ПП ₃	9	3 100	6	2 40	140
Заявки b_i	80	100	110	70	360/360

Вартість перевезення вантажу = **980** у.г.о.Таблиця 4 – Зменшення обсягу пропозиції у ПП₁

	ПС ₁	ПС ₂	ПС ₃	ПС ₄	Запаси a_i
ПП ₁	4 70	7	2	5 30	130-30=100
ПП ₂	3 10	6	1 110	8	120
ПП ₃	9	3 100	6	2 40	140
Заявки b_i	80	100	110	70	360/360

Вартість перевезення вантажу = **950** у.г.о.Таблиця 6 – Зменшення обсягу пропозиції у ПП₃

	ПС ₁	ПС ₂	ПС ₃	ПС ₄	Запаси a_i
ПП ₁	4 70	7	2	5 60	100
ПП ₂	3 10	6	1 110	8	120
ПП ₃	9	3 100	6	2 10	140-30=110
Заявки b_i	80	100	110	70	360/360

Вартість перевезення вантажу = **1040** у.г.о.

Найкращий результат розв'язання відкритої ТЗ удосконаленим різницевою методом виявився при зменшенні обсягу пропозиції на величину невідповідності для постачальника ПП₁. При цьому вартість його реалізації дорівнює 950 у.г.о. Цей результат значно кращий, ніж результат зменшення обсягу пропозиції на величину невідповідності для постачальника ПП₃ (1040 у.г.о.), що відповідає застосуванню стандартного різницевого методу. Так як ТЗ є окремим випадком ЗЗЛП, то до неї також цілком можливо застосувати всі стандартні методи її рішення (зокрема найвідоміший з них – симплексний метод), попередньо прививши ТЗ до вигляду ЗЗЛП і врахувавши її специфічність.

Для цього необхідно провести над математичною моделлю ТЗ ряд перетворень. Ці перетворення будемо здійснювати на конкретному прикладі ТЗ, яка задана у вигляді ТТ (табл. 7), а саме для m постачальників ($m = 2$) і n споживачів продукції ($n = 3$), причому розглянемо випадок, коли пропозиція перевищує попит (див. табл. 7).

Таблиця 7 – Вихідна ТТ

	ПС			Запаси (a_i)
ПП	ПС ₁	ПС ₂	ПС ₃	
ПП ₁	1 x_{11}	2 x_{12}	4 x_{13}	$a_1 = 80$
ПП ₂	2 x_{21}	5 x_{22}	3 x_{23}	$a_2 = 80$
Заявки (b_j)	$b_1=40$	$b_1=50$	$b_1=60$	160/150

$$\Rightarrow \begin{cases} x_{1,1} + x_{1,2} + x_{1,3} = 80 \\ x_{2,1} + x_{2,2} + x_{2,3} = 80 \\ \square \quad \square \quad \square \\ 40 \quad 50 \quad 60 \end{cases} \quad (14)$$

Спочатку представимо її у вигляді системи $(m + n)$ лінійних рівнянь наступним чином:

$$\left\{ \begin{array}{l} x_{1,1} + x_{1,2} + x_{1,3} = 80 \\ x_{2,1} + x_{2,2} + x_{2,3} = 80 \\ x_{1,1} + x_{2,1} = 40 \\ x_{1,2} + x_{2,2} = 50 \\ x_{1,3} + x_{2,3} = 60 \end{array} \right. \quad (15)$$

Далі замінімо $x_{1,1}$ на x_1 , $x_{1,2}$ на x_2 , $x_{1,3}$ на x_3 і т.д. $x_{2,3}$ на x_6 і додаємо, як того вимагає симплексний метод, до усіх рівнянь додаткові змінні, які складуть початкове базисне рішення ТЗ, а саме:

$$\left\{ \begin{array}{l} x_1 + x_2 + x_3 + x_7 = 80 \\ x_4 + x_5 + x_6 + x_8 = 80 \\ x_1 + x_4 + x_9 = 40 \\ x_2 + x_5 + x_{10} = 50 \\ x_3 + x_6 + x_{11} = 60 \end{array} \right. \quad (16)$$

Наступними кроками є побудова початкової симплексної таблиці (СТ) (табл. 8), проведення ряду симплексних перетворень і отримання результуючої СТ (табл. 9), перенесення з цієї СТ у ТТ відповідних даних оптимального плану вантажних перевезень (табл. 10).

Таблиця 8 – Початкова (перша) СТ

			1	2	4	2	5	3	17	17	17	17
C_{bi}	X_{bi}	B_{bi}	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}
17	X_7	80	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
17	X_8	80	0	0	1	0	0	1	1	1	-1	-1
17	X_9	40	1	0	1	0	-1	0	1	0	0	-1
17	X_{10}	50	0	0	-1	1	1	0	-1	0	1	1
$\Delta_1 = 4250$			33	32	13	32	29	14	0	0	0	0

Таблиця 9 – Результуюча (п'ята) СТ

			1	2	4	2	5	3	17	17	17	17
C_{bi}	X_{bi}	B_{bi}	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}
2	X_2	50	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
3	X_6	70	0	0	1	0	0	1	1	1	-1	-1
1	X_1	30	1	0	1	0	-1	0	1	0	0	-1
2	X_4	10	0	0	-1	1	1	0	-1	0	1	1
$\Delta_5 = 360$			0	0	-2	0	-2	0	-15	-14	-18	-17

Проаналізувавши отримані результати можна зробити висновок про те що, коли пропозиція перевищує попит, стандартний алгоритм симплексного методу не враховує це перевищення. У нашому прикладі споживачу $ПС_3$ везуть не потрібні

йому 10 одиниць вантажу (замість замовлених 60 одиниць фактично поставляються 70 – значення x_6). В цьому випадку цільова функція буде мати значення: $360 - 3 \cdot 10 = 330$ у.г.о. Ця особливість врахована при розв'язанні ТЗ і відповідна програма автоматично усуває цю помилку симплексного методу.

Таблиця 10 – ТТ з оптимальним планом вантажних перевезень

ПП	ПС			Запаси (a_i)
	$ПС_1$	$ПС_2$	$ПС_3$	
$ПП_1$	1 $x_1=30$	2 $x_2=50$	4 x_3	$a_1 = 80$
$ПП_2$	2 $x_4=10$	5 x_5	3 $x_6=70$	$a_2 = 80$
Заявки (b_i)	$b_1 = 40$	$b_2 = 50$	$b_3 = 60$	

У третьому розділі наводяться теоретичні та практичні засади моделювання процесів управління міжнародними вантажними перевезеннями, опис структури і функціонування СПРУВП на транспортних мережах.

Як відомо з теорії, граф $G(V,S)$ задається множиною V вузлів (позначених, наприклад, $x_1, x_2, \dots, x_n$, де величина x_i є числом чи назвою) і множиною S дуг у вигляді впорядкованих пар (x_i, x_j) . Наявність дуги на графі свідчить лише про зв'язок між вузлами. Орієнтований граф називають мережею (*network*), де визначаються:

- вузол-джерело, що має тільки вихідні дуги (позначається буквою s , від *source* – джерело);
- вузол-стік, що має тільки вхідні дуги (позначається буквою t , від *terminal* – кінцевий пункт);
- всі інші вузли – проміжні (транзитні), з'єднані між собою дугами, серед яких є і вхідні, і вихідні дуги.

Дуга зі стрілкою і певним значенням відповідного параметру (це може бути: пропускна здатність каналу, відстань між парою вузлів, вартість або час перевезення тощо) визначає універсальне поняття – потік (*flow*), який рухається з початкового вузла дуги до кінцевого. Об'єктами потоків у практичних задачах є вантажі, пасажери, транспортні засоби, сигнали зв'язку, рідини тощо.

Більшість оптимізаційних задач на мережах – це задачі про потоки у мережах (*network flow problems*). Для мережевих задач оптимізації фундаментальним є *принцип збереження потоку* в будь-якому вузлі, а саме – сума потоків $F_{\text{вих}}(x)$ на виході вузла дорівнює сумі потоків на його вході $F_{\text{вх}}(x)$ + потенціал $p(x)$ вузла (+ пропозиція/– попит), наприклад (рис. 5):

- вузол-джерело s : $F_{\text{вих}}(s) = 0 + p(s) = P$, де: P – величина загального потоку в мережі; потенціал $p(s) = +P$;
- вузол-стік t : $F_{\text{вх}}(t) = P + p(t) = 0$, тому що потенціал $p(t) = -P$;
- проміжний вузол x : $F_{\text{вих}}(x) = F_{\text{вх}}(x) \pm p(x)$.

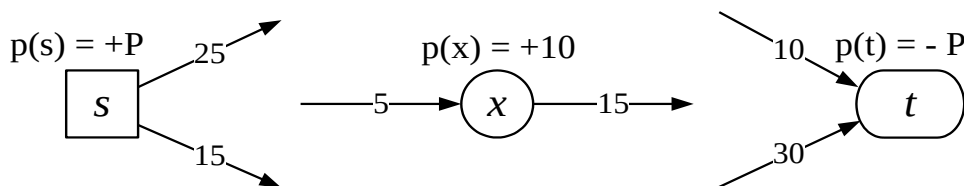


Рисунок 5 – Приклади позначення вузлів на графі

Розглянемо приклад розв'язання у середовищі табличного процесору *Excel* мережевої транспортної задачі з урахуванням *принципу збереження потоку* в будь-якому з її транспортних вузлів. На рисунку 6 зображена ТМ з 6 транспортними вузлами (вершинами) і 11 транспортними шляхами (дугами). Поруч із відповідною вершиною числом зі знаком плюс показаний обсяг виробництва товару, а обсяг його споживання показаний числом зі знаком мінус. Вартість перевезення одиниці вантажу і пропускна здатність вписана в кожен дугу у якості дробу, чисельником якої виступає вартість, а пропускною здатністю – знаменник. Дуга 4 – 6 не має обмежень на пропускну здатність, тому у знаменнику дробу цієї дуги проставлено свідомо велике значення – у нашому випадку 100.

У таблиці 11 покажемо результати зведення вихідних даних ТМ до матричної форми. Для дуг тут відведені рядки, а для вершин стовпці. Там, де на мережі немає безпосереднього зв'язку між вершинами, передбачається їхнє блокування свідомо більшим числом – у таблиці 10 це 99. Відсутність петель у кожного транспортного вузла моделюється нулем. Обсяги виробництва дорівнюють пропускній здатності дуги, тобто $a_i = d_{ij}$, а для дуг, де пропускна здатність необмежена, зокрема для дуг 4 – 6 і 6 – 4, вона відповідатиме числу – 100.

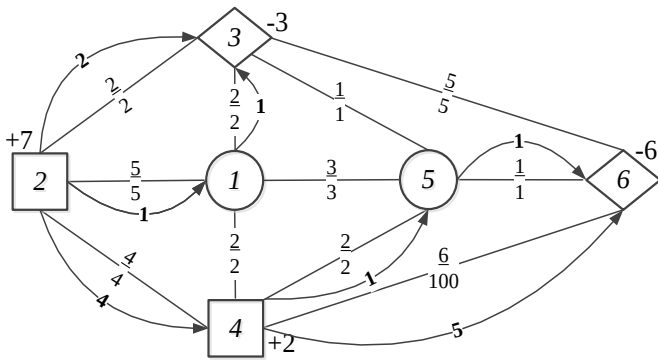


Рисунок 6 – ТМ з обмеженнями на пропускну здатність

Обсяг споживання для виробляючих вершин (2, 4) мережі визначають за формулою:

$$b_j = \sum_{j \neq i} d_{ij} - a(x), \quad (16)$$

для вершин, які споживають вантаж (3, 6) за формулою:

$$b_j = \sum_{j \neq i} d_{ij} + b(x), \quad (17)$$

для транзитних вершин (1, 5) за формулою:

$$b_j = \sum_{j \neq i} d_{ij}. \quad (18)$$

Таблиця 11 – Матрична форма ТМ

		1	2	3	4	5	6
Дуги	Пропускні здатності	Витрати на перевезення одиниці вантажу					
1–2	5	0	5	99	99	99	99
2–1	5	5	0	99	99	99	99
1–3	2	0	99	2	99	99	99
3–1	2	2	99	0	99	99	99
1–4	2	0	99	99	2	99	99
4–1	2	2	99	99	0	99	99
1–5	3	0	99	99	99	3	99
5–1	3	3	99	99	99	0	99
2–3	2	99	0	2	99	99	99
3–2	2	99	2	0	99	99	99
2–4	4	99	0	99	4	99	99
4–2	4	99	4	99	0	99	99
3–5	1	99	99	0	99	1	99
5–3	1	99	99	1	99	0	99
3–6	5	99	99	0	99	99	5
6–3	5	99	99	5	99	99	0
4–5	2	99	99	99	0	2	99
5–4	2	99	99	99	2	0	99
4–6	100	99	99	99	0	99	6
6–4	100	99	99	99	6	99	0
5–6	1	99	99	99	99	0	1
6–5	1	99	99	99	99	1	0

Таким чином, для виробляючій вершини 2 обсяг споживання дорівнює $2 + 5 + 4 - 7 = 4$, для споживаючій вершини 6 $- 5 + 1 + 100 + 6 = 112$, а для транзитній вершини

ни $1 - 5 + 2 + 3 + 2 = 12$. На рисунку 7 представлений результат розв'язання поставленої задачі у середовищі *Excel*, поданий у вигляді виділених знаком підкреслення значень, які зображені на рисунку 6 у вигляді стрілок. У клітинках з вартістю, рівною нулю (тобто для петель), потік є доповненням до пропускну здатності, тобто фіктивним.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1																	
2				1	2	3	4	5	6			Обсяги перевезень по вершинам					
3	Дуги	Пропускні здатності (обсяги виробництва)	Витрати на перевезення одиниці вантажу						Дуги	Усього	1	2	3	4	5	6	
4	1 - 2	5	0	5	99	99	99	99	99	1 - 2	5	5	0	0	0	0	0
5	2 - 1	5	5	0	99	99	99	99	99	2 - 1	5	1	4	0	0	0	0
6	1 - 3	2	0	99	2	99	99	99	99	1 - 3	2	1	0	1	0	0	0
7	3 - 1	2	2	99	0	99	99	99	99	3 - 1	2	0	0	2	0	0	0
8	1 - 4	2	0	99	99	2	99	99	99	1 - 4	2	2	0	0	0	0	0
9	4 - 1	2	2	99	99	0	99	99	99	4 - 1	2	0	0	0	2	0	0
10	1 - 5	3	0	99	99	99	99	3	99	1 - 5	3	3	0	0	0	0	0
11	5 - 1	3	3	99	99	99	99	0	99	5 - 1	3	0	0	0	0	3	0
12	2 - 3	2	99	0	2	99	99	99	99	2 - 3	2	0	0	2	0	0	0
13	3 - 2	2	99	2	0	99	99	99	99	3 - 2	2	0	0	2	0	0	0
14	2 - 4	4	99	0	99	4	99	99	99	2 - 4	4	0	0	0	4	0	0
15	4 - 2	4	99	4	99	0	99	99	99	4 - 2	4	0	0	0	4	0	0
16	3 - 5	1	99	99	0	99	1	99	99	3 - 5	1	0	0	1	0	0	0
17	5 - 3	1	99	99	1	99	0	99	99	5 - 3	1	0	0	0	0	1	0
18	3 - 6	5	99	99	0	99	99	5	99	3 - 6	5	0	0	5	0	0	0
19	6 - 3	5	99	99	5	99	99	0	99	6 - 3	5	0	0	0	0	0	5
20	4 - 5	2	99	99	99	0	2	99	99	4 - 5	2	0	0	0	1	1	0
21	5 - 4	2	99	99	99	2	0	99	99	5 - 4	2	0	0	0	0	2	0
22	4 - 6	100	99	99	99	0	99	6	99	4 - 6	100	0	0	0	95	0	5
23	6 - 4	100	99	99	99	6	99	0	99	6 - 4	100	0	0	0	0	0	100
24	5 - 6	1	99	99	99	99	0	1	99	5 - 6	1	0	0	0	0	0	1
25	6 - 5	1	99	99	99	99	1	0	99	6 - 5	1	0	0	0	0	0	1
26			5	0	6	16	2	31									
27										Усього		12	4	13	106	7	112
28	Витрати на перевезення		60														
29										Споживання		12	4	13	106	7	112

Рисунок 7 – Результат розв'язання мережевої ТЗ з обмеженнями на пропускні здатності за допомогою Excel-таблиці

Розглянемо покроково роботу СПРУВП (блок-схема алгоритму функціонування програмного комплексу представлена на рис. 8) управління незбалансованими вантажними перевезеннями на транспортних мережах України та Західної Європи:

1-й крок: вибір пунктів ПП і ПС вантажу та завдання обсягів їх пропозиції і попиту (в цьому прикладі загальний попит на вантаж перевищує його загальну пропозицію на 10 умовних вантажних одиниць):

Оптимізація вантажних перевезень

Міста-постачальники

Місто	Пропозиція
Краков	50
Черновцы	100
Всього	150

Міста України та Західної Європи

Днепропетровск
Донецк
Житомир
Запорожье
Ивано-Франковск
Киев
Кировоград
Луганск
Львов
Николаев
Полтава
Ровно
Симферополь
Сумы

Міста-споживачі

Місто	Попит
Одесса	80
Харьков	40
Чернигов	40
Всього	160

2-й крок: пошук найкоротших маршрутів перевезення вантажу:

```

1129
Краков -> Одесса

1334
Краков -> Житомир -> Киев -> Полтава -> Харьков

1005
Краков -> Житомир -> Киев -> Чернигов

995
Черновцы -> Хмельницкий -> Житомир -> Киев -> Одесса

984
Черновцы -> Хмельницкий -> Житомир -> Киев -> Полтава
-> Харьков

655
Черновцы -> Хмельницкий -> Житомир -> Киев ->
Чернигов
  
```

3-й крок: вибір оптимального плану перевезення вантажу:

```

Попит споживачів перевищує пропозицію постачальників
!!!Різниця складає 10 одиниць(ь).
Необхідно збалансувати попит та пропозицію

Приведення незбалансованої ТЗ до збалансованого
вигляду Симплекс методом, дало нам найліпший
оптимальний план перевезень !!!

Razn: 130845
Koeff: 142740
Fikt: 136792
Simp: 118950
  
```

4-й крок: побудова оптимального плану перевезення вантажу у ТТ:

	Одесса	Харьков	Чернигов
Краков	0	20	30
Черновцы	80	20	0

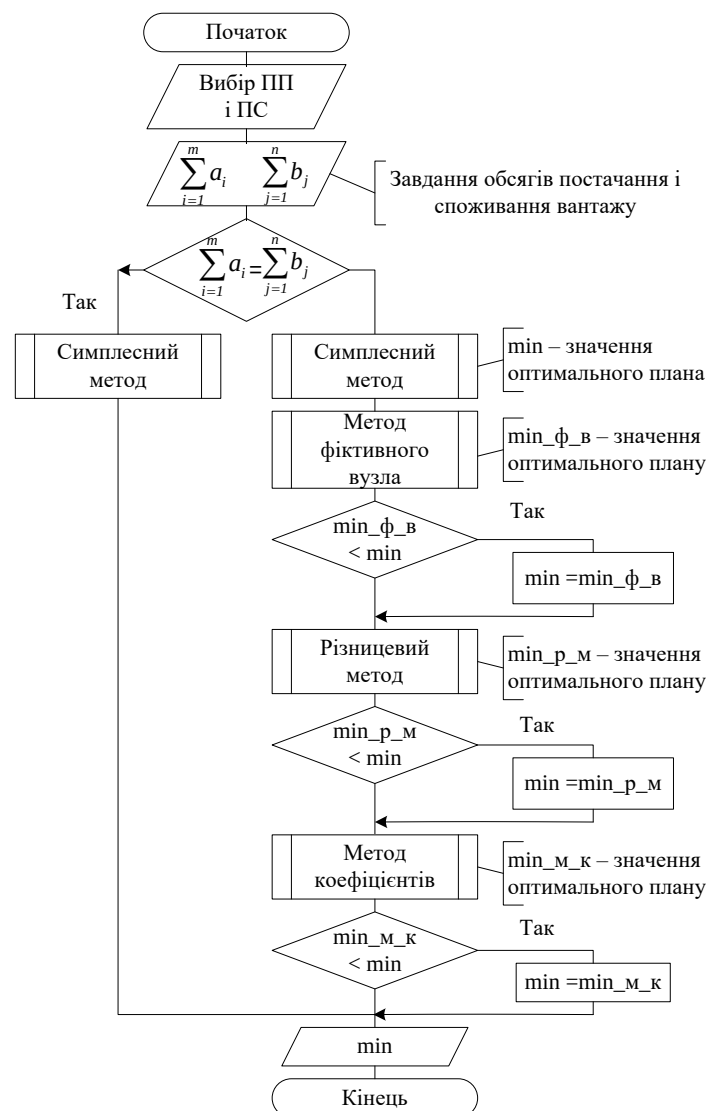


Рисунок 8 – Блок-схема алгоритму вибору оптимального плану перевезення вантажу

У четвертому розділі наведені прикладні аспекти реалізації результатів досліджень, зокрема застосування теорії ігор для прийняття рішень в умовах невизначеності при організації міжнародних вантажних перевезень.

Розглянемо використання математичного апарату теорії ігор з природою під час виконання процесу перевезення вантажів у міжнародному сполученні при використанні власного та запозиченого рухомого складу, метою якого є зменшення впливу ризиків, які можуть виникати під час перевезення і, певним чином, підвищувати транспортний тариф, а відповідно і загальну прибуток автопідприємства від доставки вантажів.

Результати розрахунків за чотирьох критеріями прийняття рішень, які можна використовувати при порівнянні стратегій у ситуації невизначеності, саме Вальда, Лапласа, Севіджа та Гурвіца наведено у порівняльній таблиці (табл. 12).

В умовах невизначеності ми приймаємо рішення на основі міркувань і здорового глузду, тобто не строго оптимальні, а «прийнятні», при обговоренні яких різні підходи і критерії виступають у ролі спірних сторін. Для заданої ситуації можна рекомендувати такий підхід.

Дуже обережний підхід до справи (за критерієм *Вальда*) вказує на стратегію X_1 , тобто підприємству варто виконувати доставку вантажів лише власними транспортними засобами, обсяг транспортованого вантажу складе 100 у.в.о. Прибуток буде мінімальний (150 у.г.о.). При зваженому ризику (за критерієм *Севіджа*) можна використати стратегію X_5 , тобто залучити до перевезення 40 запозичених транспортних засобів. Максимальний ризик складе 60 у.г.о. У разі недостатньої інформації про попит на перевезення (за критерієм *Лапласа*) можна також використати стратегію X_5 , розраховуючи на середній прибуток 412,5 у.г.о. Критерій Гурвіца показав однозначну рекомендацію при будь-якому з трьох запропонованих коефіцієнтів довіри – стратегію X_6 , тобто виконувати замовлення із використанням максимальної кількості автомобілів, а відповідно виконувати перевезення максимально можливого обсягу вантажів.

Таблиця 12 – Порівняльна таблиця

Стратегії гравця	$\min a_{ij}$	$\max r_{ij}$	$\max_i \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{ij}$	h_{ia} $\alpha=0,3$	h_{ia} $\alpha=0,5$	h_{ia} $\alpha=0,9$
$X_1 = 100$	150	200	362,5	240	300	420
$X_2 = 110$	140	160	377,5	241,5	312,5	454,5
$X_3 = 120$	120	120	387,5	243	325	489
$X_4 = 130$	105	80	400	244,5	337,5	523,5
$X_5 = 140$	90	60	412,5	246	350	558
$X_6 = 150$	75	75	396,25	247,5	362,5	592,5
Критерій	$W = 150$	$S = 60$	$L = 412,5$	$H = 247,5$	$H = 362,5$	$H = 592,5$
Оптимальна стратегія	X_1	X_5	X_5	X_6	X_6	X_6

А загальний висновок є таким, що чим більше транспортуємо, тим більшим буде прибуток підприємства.

У *додатках* до дисертації наведено зміст файлів бази даних міжнародних транспортних коридорів (МТК) інфраструктури України та Західної Європи, акти впровадження матеріалів дисертації у виробництво і навчальний процес, свідоцтва про реєстрацію авторського права, список публікацій здобувача за темою дисертації та відомості про апробацію результатів дисертації.

ВИСНОВКИ

Дисертація присвячена вирішенню важливого науково-практичного завдання підвищенню ефективності міжнародних автомобільних вантажних перевезень за допомогою розробки, удосконалення і впровадження моделей, методів та програмного забезпечення процесу управління перевезеннями вантажів на транспортних мережах при незбалансованості обсягів постачань і замовлень вантажів.. Основні результати, отримані у даній дисертаційній роботі, полягають у наступному:

1. Проведений аналіз відомих методів раціональної організації вантажних автомобільних перевезень в транспортних системах з незбалансованим обсягом постачань і замовлень вантажів. В результаті було виявлено, що деякі стандартні методи балансування обсягів постачань і замовлень вантажів не завжди ефективні, а іноді взагалі не можливі для застосування. За результатами прогнозування на 2020-2022 роки обсяги перевезення на автомобільному транспорті становитимуть: 2020 р. – 1126,0 млн. т., 2021 р. – 1131,93 млн. т., 2022 р. – 1128,28 млн. т. Тобто, за прогнозами обсяги перевезення автомобільним транспортом до 2022 року почнуть стабілізуватися та зростати.

2. Розроблений метод раціонального балансування обсягів постачань і замовлень вантажів в транспортних мережах. Метод відмінний від відомих тим, що зменшення обсягу попиту (пропозиції) на величину невідповідності попиту-пропозиції (пропозиції-попиту) проводиться не тільки у пунктах постачання або пунктах споживання, які мають найбільше значення попиту (пропозиції), а у всіх учасників перевізного процесу по черзі, що дозволяє отримати більш дешевший план перевезень, ніж при застосуванні класичного різницевого методу. Запропонована також методика застосування симплексного методу для розв'язання задач раціональної організації автомобільних вантажних перевезень в умовах незбалансованості обсягів постачань і замовлень вантажів, що підвищує ефективність використання удосконаленого симплексного методу на 10-15 % у разі перевищення пропозиції вантажу над його попитом.

3. Проведено моделювання процесів раціональної організації вантажних перевезень в транспортних системах в умовах незбалансованості обсягів постачань і замовлень вантажів, а саме: розв'язання сітьових транспортних задач при незбалансованості обсягів постачань і замовлень; використання теорії потоків у мережах (*network flow problems*) в електронних таблицях для оптимізації вантажних перевезень; розрахунки оптимальних планів перевезень вантажів з використанням нових підходів в середовищі спроектованого програмного забезпечення. Результатами моделювання на фактичних даних є наступні: метод фіктивного вузла був використаний у 33 %, різницевий метод – 11%, пропорційно-різницевий метод – 30%, симплексний метод – 27%.

4. Розроблено алгоритмічне та програмне забезпечення системи підтримки прийняття рішень для раціонального управління вантажними перевезеннями (СПРУВП) на транспортних мережах, яке сумісно з спроектованою базою даних міжнародних транспортних коридорів інфраструктури України та Західної Європи пропонує користувачу плани перевезень, які були отримані за допомогою удосконалених у дослідженні методів.

5. Проведена апробація результатів наукових досліджень в НКЦ АсМАП України і на ТзОВ «ЛВ-Транс», що дозволило приблизно на 15 % зменшити витрати на здійснення вантажних перевезень, скоротити час їх реалізації, а також звільнити керівництво підприємств від виконання рутинних, малоефективних операцій по складанню плану перевезень.

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ДИСЕРТАЦІЇ ВИКЛАДЕНО У ПРАЦЯХ

Статті у виданнях іноземних держав або у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз

1. Прокудін Г.С., Чупайленко О.А., Прокудін О.Г., Хоботня Т.Г. Система підтримки прийняття рішень управління вантажними перевезеннями на транспортних мережах. *Open Access Peer-reviewed Journal: European Journal of Intelligent Transportation Systems*. 2021. 1(3).

DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ejits/30032021/7352.

2. Прокудін Г.С., Чупайленко О.А., Прокудін О.Г., Хоботня Т.Г., Коп'як Н.В. Прийняття рішень в умовах невизначеності при організації міжнародних автомобільних вантажних перевезень *Open Access Peer-reviewed Journal: European Journal of Science Review*. 2021. 1(36), Р.10-16.

DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_sr/30012021/7374.

Статті у фахових виданнях

3. Кунда Н.Т., Настаченко Т.Г. Логістичний підхід до аналізу діяльності дозвільної системи у сфері міжнародних автомобільних перевезень. *Вісник Східноукраїнського Національного університету імені Володимира Даля*. 2010. № 4 (146) Ч. 1. С. 167-171.

4. Кунда Н.Т., Настаченко Т.Г. Сучасні аспекти вдосконалення дозвільної системи у сфері міжнародних автомобільних перевезень вантажів. *Вісник Східноукраїнського Національного університету імені Володимира Даля*. 2011. № 5 (159) Ч. 1. С. 157-161.

5. Кунда Н.Т., Настаченко Т.Г. Поточні зміни функціонування дозвільної системи у сфері міжнародних автомобільних перевезень вантажів. *Проблеми транспорту*. 2011. Вип. 8. С. 212-217.

6. Прокудін Г.С., Ремех І.О., Хоботня Т.Г. Організація незбалансованих вантажних перевезень із використанням вантажних митних комплексів. *Розвиток транспорту*. 2020. № 1(6). С. 116-126.

DOI: <https://doi.org/10.33082/td.2020.1-6.010>.

7. Prokudin G.S., Chupavlenko O.A., Lebid V.V., Khobotnia T.G. Development of methods to increase the efficiency of road transportation by international transport corridors. *Technology audit and production reserves*. 2020. 4/4 (54). Р. 34-36.

DOI: <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2020.210379>.

8. Прокудін Г.С., Чупайленко О.А., Прокудін О.Г., Хоботня Т.Г., Ремех І.О. Розв'язання мережових транспортних задач у середовищі EXCEL. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: «Технічні науки»*. 2020. Том 31(70) № 5. С. 214-219.

DOI: <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2020.5/35>.

Опубліковані праці апробаційного характеру

9. Настаченко Т.Г., Олійник Ю.М. Аналіз стану та перспективи розвитку перевезення швидкопсувних вантажів. *LXVI наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету: Тези доповідей*. К.: НТУ. 2010. С. 189.

10. Настаченко Т.Г. Стан дозвільної системи України у сфері міжнародних автомобільних перевезень вантажів та аналіз її діяльності. *LXVII наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету: Тези доповідей*. К.: НТУ. 2011. С. 165.

11. Хоботня Т.Г. Особливості функціонування дозвільної системи в Україні у сфері міжнародних автомобільних перевезень. *LXVIII наукова конференція*

професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету: Тези доповідей. К.: НТУ. 2012. С. 209.

12. Хоботня Т.Г. Теоретичний підхід до оцінки якості процесу повернення дозвільних документів на виконання міжнародних автомобільних перевезень вантажів. *LXX наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету: Тези доповідей. К.: НТУ. 2014. С. 216.*

13. Хоботня Т.Г. Особливості функціонування дозвільної системи в Україні у сфері міжнародних автомобільних перевезень. *LXXI наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету: Тези доповідей. К.: НТУ. 2015. С. 264.*

14. Кунда Н.Т., Хоботня Т.Г. Аналіз процесів формування транспортно-логістичних кластерів. *Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2016). VIII Міжнародної науково-практична конференція. (м. Херсон, 24-26 травня 2016 р.). Херсон: ХДМА. 2016. С. 240-243.*

15. Хоботня Т.Г. Мотивація менеджерів та учасників проектної команди при управлінні проектами транспортно-експедиторського обслуговування. *Управління проектами: стан та перспективи. XIV Міжнародна науково-практична конференції (м. Миколаїв, 11-14 вересня 2018 р.). Миколаїв: НУК. 2017. С. 116-117.*

16. Кунда Н.Т., Хоботня Т.Г. Планування як основа управління проектами транспортно-експедиторського обслуговування. *Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2018). X Міжнародна науково-практична конференція (м. Херсон, 29-31 травня 2018 р.). Херсон: ХДМА. 2018. С. 27-30.*

17. Хоботня Т.Г. Основні характеристики управління проектами транспортно-експедиторського обслуговування. *Бізнес-моделі розвитку транспортних, агропромислових і інших підприємницьких структур: сучасні реалії та перспективи: монографія з міжнародною участю. Дніпро: Журфонд. 2018. С. 47-56.*

18. Хоботня Т.Г., Пащенко Д.П. Шляхи підвищення ефективності процесу доставки збірних вантажів у міжнародному сполученні. *LXXV наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету: Тези доповідей. К.: НТУ. 2019. С. 265.*

19. Хоботня Т.Г. Управління якістю проектів транспортно-експедиторського обслуговування при перевезенні вантажів автомобільним транспортом. *Сучасні процеси трансформації у бізнесі та виробництві: теорія, методологія, практика (зовнішньоекономічна діяльність, промислове виробництво, транспорт): монографія. Дніпро: Пороги. 2019. С. 471-478.*

20. Хоботня Т.Г., Іващенко О.О. Дослідження ринку вантажних перевезень автомобільним транспортом в сучасних умовах. *LXXVI наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету: Тези доповідей. К.: НТУ. 2020. С. 261-262.*

21. Хоботня Т.Г., Закусило М.А. Дослідження поточної проблематики та тенденцій в логістиці доставки вантажів автомобільним транспортом. *Научные исследования: парадигма инновационного развития. III Международная научная конференция (Братислава–Вена, 26 мая 2020 года). 2020. С. 64-67.*

22. Прокудін Г.С., Прокудін О.Г., Хоботня Т.Г. Оптимізація вантажних перевезень на транспортній мережі за допомогою табличного процесора. *International scientific and practical conference «Science, engineering and technology:*

global trends, problems and solutions»: Conference proceedings. (Prague, September 25-26, 2020.). 2020. P. 164-168.

DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-588-79-2-2.40>.

23. Прокудін Г.С., Хоботня Т.Г., Кунда Н.Т. Оптимізація вантажних перевезень за допомогою інформаційних технологій. *Інтелектуальні технології управління транспортними процесами*. Міжнародна науково-технічна конференція (17-18 листопада 2020 р.) ХНАДУ. С. 152-154.

https://fts.khadi.kharkov.ua/fileadmin/F-TRANSPORT/ЗБІРНИК_МАТЕРІАЛІВ.pdf.

24. Хоботня Т.Г. Оптимізація вантажних перевезень за допомогою інформаційних технологій. *Звіт о НДР “Підвищення ефективності функціонування інтегрованих транспортних систем у міжнародному сполученні” (заключний етап)*. № ДР 0112U008415. К.: НТУ. 2020. С. 79-82.

25. Хоботня Т.Г. Аналіз процесу оцінки проєктів перевезення вантажів у міжнародному сполученні маршрутами міжнародних транспортних коридорів. *Звіт о НДР “Розробка методів підвищення ефективності автомобільних перевезень маршрутами міжнародних транспортних коридорів” (заключний етап)*. № ДР 0119U101796. К.: НТУ. 2020. С. 15-28.

Свідоцтва та патенти

26. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 90021. Літературний письмовий твір наукового характеру “Робоча програма та методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни “Транспортні системи в логістиці та організація перевезень” для студентів спеціальності 073 “Менеджмент” денної форми навчання”. Шарай С.М., Катрушенко Н.А., Гілевська К.Ю., Денис О.В., Хоботня Т.Г., Рой М.П. Міністерство економічного розвитку і торгівлі України. Дата реєстрації 20.06.2019.

27. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 90771. Літературний письмовий твір наукового характеру “Методичні вказівки до виконання курсового проєкту з дисципліни “Транспортні системи в логістиці та організація перевезень” для студентів спеціальності 073 “Менеджмент” денної форми навчання”. Шарай С.М., Катрушенко Н.А., Гілевська К.Ю., Денис О.В., Хоботня Т.Г., Рой М.П. Міністерство економічного розвитку і торгівлі України. Дата реєстрації 15.07.2019.

АНОТАЦІЯ

Хоботня Т.Г. Підвищення ефективності міжнародних автомобільних вантажних перевезень. – 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, 2021.

Дисертаційне дослідження присвячено вирішенню важливої науково-практичної задачі підвищенню ефективності міжнародних автомобільних вантажних перевезень за допомогою розробки, удосконалення і впровадження моделей, методів та програмного забезпечення процесу управління перевезеннями вантажів на транспортних мережах при незбалансованості обсягів постачань і замовлень вантажів.

В роботі вперше розроблена система підтримки прийняття рішень по управлінню вантажними перевезеннями (СПРУВП) на транспортних мережах у міжнародному сполученні, яка значно підвищує якість управлінських рішень при знаходженні оптимального плану перевезень вантажів за рахунок використання всіх існуючих і удосконалених методів зведення незбалансованих вантажних перевезень до збалансованого виду.

Удосконалено методику використання симплексного методу при оптимізації вантажних перевезень на транспортних мережах у міжнародному сполученні, яка дозволяє проводити оптимізацію вантажних перевезень при наявності незбалансованості обсягів поставок і замовлень вантажів, а також враховує особливість випадку перевищення обсягу пропозиції вантажу над його попитом. Подальший розвиток знайшов пропорційно-різницевий метод усунення незбалансованості обсягів поставок і замовлень вантажів в транспортних мережах, використання якого в окремих випадках сприяє отриманню більш ефективного плану вантажних перевезень.

Результати проведених наукових досліджень було впроваджено в навчальний процес кафедри міжнародних перевезень та митного контролю Національного транспортного університету МОН України, а також в виробничу діяльність ТЗОВ «ЛВ-Транс» та в навчальну діяльність НКЦ АсМАП України у вигляді спроектованої СПРУВП на транспортних мережах у міжнародному сполученні, яка використовує базу даних МТК інфраструктури України та Західної Європи.

Ключові слова: міжнародні вантажні перевезення, критерій по вартості і за часом, симплексний метод, відкрита транспортна задача, метод фіктивного вузла, пропорційно-різницевий метод, програмно-інструментальний комплекс, система підтримки прийняття рішень.

АННОТАЦИЯ

Хоботня Т.Г. Повышение эффективности международных автомобильных грузовых перевозок. – 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, 2021.

Диссертационное исследование посвящено решению важной научно-практической задачи повышения эффективности международных автомобильных грузовых перевозок с помощью разработки, совершенствования и внедрения моделей, методов и программного обеспечения процесса управления перевозками грузов на транспортных сетях при несбалансированности объемов поставок и заявок грузов.

В работе впервые разработана система поддержки принятия решений по управлению грузовыми перевозками (СПРУГП) на транспортных сетях в международном сообщении, которая значительно повышает качество управленческих решений при нахождении оптимального плана перевозок грузов за счет использования всех существующих и усовершенствованных методов приведения несбалансированных грузовых перевозок к сбалансированному виду.

Усовершенствована методика использования симплексного метода при оптимизации грузовых перевозок на транспортных сетях в международном сообщении, которая позволяет проводить оптимизацию грузовых перевозок при наличии несбалансированности объемов поставок и заказов грузов, а также учитывает особенность случая превышения объема предложения груза над его спросом. Дальнейшее развитие нашел пропорционально-разностный метод устранения несбалансированности объемов поставок и заявок грузов в транспортных сетях, использование которого в отдельных случаях, способствует получению более эффективного плана грузовых перевозок.

Результаты проведенных научных исследований были внедрены в учебный процесс кафедры международных перевозок и таможенного контроля

Национального транспортного университета МОН Украины, а также в производственную деятельность ООО «ЛВ-Транс» и в учебную деятельность НКЦ АсМАП Украины в виде спроектированной СПРУВП на транспортных сетях в международном сообщении, которая использует базу данных МТК инфраструктуры Украины и Западной Европы.

Ключевые слова: международные грузовые перевозки, критерий по стоимости и по времени, симплексный метод, открытая транспортная задача, метод фиктивного узла, пропорционально-разностный метод, программно-инструментальный комплекс, система поддержки принятия решений.

ABSTRACT

Khobotnia T.H. Efficiency Improvement in International Road Freight Transportation. – Manuscript.

PhD thesis in Transport Systems (05.22.01). – National Transport University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2021.

The thesis is devoted to solving the important scientific and practical problem of increasing the efficiency of international road freight transportation through the development, improvement and implementation of models, methods and software for freight transportation management in transport networks with imbalance between the volumes of deliveries and orders of goods.

A decision-taking support system for freight transportation management (DTSFTM) in international transport networks has been developed for the first time, which significantly improves the quality of management decisions in finding the optimal freight transportation plan through the use of all existing and improved methods of reducing unbalanced freight to more balanced one.

In order to optimize freight transportation in international networks the methodology of using simplex method has been improved. This methodology allows to optimize freight transportation with existing imbalance between the volumes of deliveries and orders of goods as well as takes into account the peculiarity of the case when the supply of goods exceeds its demand. A proportional-difference method of eliminating the imbalance between the volumes of deliveries and orders of goods in transport networks has been further developed, the use of which in some cases contributes to a more efficient freight transportation plan.

In the course of research there has been performed modeling of processes of rational organization of freight transportation in transport systems under conditions of unbalanced volumes of freight deliveries and orders, namely: solution of network transport problems with unbalanced volumes of deliveries and orders; use of the theory of network flow problems in electronic spreadsheets to optimize freight traffic; calculation of optimal freight transportation plans with the help of new approaches in the designed software environment.

The results of the research have been implemented in the educational process of the Department of International Transportation and Customs Control of National Transport University of MES of Ukraine, as well as in the production activities of LV-Trans LLC and in the educational activities of NCC AsMAP of Ukraine in the form of DTSFTM which uses the ITC infrastructure database of Ukraine and Western Europe.

Key words: international freight transportation, cost and time criterion, simplex method, open transport task, fictitious node method, proportional-difference method, software and tools, decision-taking support system.