

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний авіаційний університет  
Державний університет інфраструктури та технологій

*На правах рукопису*

**Войцеховський Віктор Сергійович**



УДК:656.7.072/.073 (043.5)

**УПРАВЛІННЯ ВАНТАЖОПОТОКАМИ  
МЕРЕЖЕВОГО АВІАПЕРЕВІЗНИКА НА  
ЗАСАДАХ ЛОГІСТИКИ**

Спеціальність 05.22.01 – Транспортні системи

**Автореферат**

дисертації на здобуття наукового ступеню

кандидата технічних наук

Київ – 2019

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано на кафедрі логістики в Національному авіаційному університеті Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: кандидат економічних наук, доцент  
**Григорак Марія Юріївна,**  
Національний авіаційний університет,  
завідувач кафедрою логістики

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор  
**Альошинський Євген Семенович,**  
Український державний університет  
залізничного транспорту, професор кафедри  
транспортних систем та логістики

кандидат технічних наук  
**Авраменко Світлана Ігорівна,**  
Дніпровський національний університет  
залізничного транспорту імені академіка  
В. Лазаряна, доцент кафедри безпеки  
життєдіяльності

Захист відбудеться «11» червня 2019 р. о 11<sup>00</sup> на засіданні спеціалізованої вченої ради К 26.820.01 в Державному університеті інфраструктури та технологій за адресою: 03049, м. Київ – 49, вул. Івана Огієнка, 19, ауд. 305-а.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Державного університету інфраструктури та технологій за адресою: 03049, м. Київ – 49, вул. Івана Огієнка, 19.

Автореферат розісланий «08» травня 2019 р.

Вчений секретар спеціалізованої  
вченої ради К 26.820.01,  
к.т.н., доц.



В.М. Молчанов

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми дослідження** визначається необхідністю ефективного управління вантажопотоками мережових авіаперевізників, що забезпечить підвищення їхньої конкурентоспроможності, оптимізацію показників діяльності та реалізацію власних конкурентних переваг на глобальних ринках.

Перевезення вантажів є важливою складовою успішної діяльності авіакомпанії в умовах конкурентного середовища. При організації перевезення вантажів авіатранспортом активізується проблема ефективного управління вантажопотоком з точки зору підвищення дохідності та раціонального використання провізних ємностей перевізника на власній мережі авіаліній. Щоб якнайефективніше використати можливості перевезення вантажів на мережі авіаліній необхідно прогнозувати й планувати такі перевезення. Інформаційною основою для здійснення планування є власний досвід авіакомпанії, досвід інших авіакомпаній, дослідження ринків авіаперевезень, вивчення попиту та пропозицій на ринку авіаперевезень. При цьому слід враховувати прогнози щодо змін і тенденцій як у цілому на ринку авіаперевезень, так і на окремих напрямках.

Для вітчизняних авіаперевізників серйозної вагомості набуває також підвищення ефективності використання перевізної ємності літаків, у тому числі під час перевезення вантажів. А отже, авіаційні перевізники змушені шукати методи, моделі та системи, за допомогою яких можна було б оптимізувати комерційне завантаження.

Проблеми діяльності перевізників в авіатранспортному бізнесі в окремих аспектах вивчали, зокрема, А. Андрєєв, В. Дубініна, В. Жуков, А. Козуб, М. Колєсніков, Л. Литвиненко, Т. Шкода та інші вчені. Перспективи розвитку вантажних перевезень та ефективності функціонування авіаперевізників розглядали в наукових працях В. Панченко, О. Плєшакова, А. Полозов-Яблонський, К. Скуратов, Т. Габрієлова, С. Литвиненко та інші дослідники.

Проблемами управління та прогнозування вантажопотоками на різних видах транспорту займалися Н. Ашфорд, Л. Гарроу, О. Кіркін, Дж. Колден, М. Копитчук, Ф. Купельман, М. Логатепанотон, О. Маліков, С. Мумаїз, В. Наумов, О. Павленко, Н. Пономарьов, Х. Порнумо, П. Райт, Т. Якобс та ін.

Проблемами синхронізації вантажопотоків займалися А. Багімов, П. Божанов, М. Кузьміна, В. Кононенко, В. Конотопський, Ю. Миронова, С. Надирян, Н. Шраменко та ін. Проблемам моделювання мереж присвячені наукові праці Дж. Бонді та Ю. Марті, М. Ньюмана, А.-Л. Барабасі, Д. Уотса та Х. Фрідріха, М. Алдериджи, А. Ченто, П. Нейкампа, П. Рейтвелда, Т. Опсалха, Ф. Агнессенаба та Дж. Сквореца, А. Шольца, Дж. ван Коссела, Дж. Бургхаута, С. Шена, С. Бархарта и А. Кона, У. Деріга, С. Фрідеріха і С. Шефера, С. Альмура і Б. Кара та А. Кіммза.

Незважаючи на велику кількість наукових праць щодо особливостей функціонування підприємств транспорту в умовах трансформаційних змін,

проблема управління вантажопотоками мережових авіаперевізників є розроблена недостатньо і потребує детальнішого дослідження. Тому необхідно розробити систему управління вантажопотоками мережових авіаперевізників на засадах логістики, оскільки перевезення вантажів є складовою успішного функціонування будь-яких авіаперевізників у невизначеному зовнішньому середовищі. Отже, актуальність зазначених проблем та недостатня їхня розробленість обумовили вибір теми дисертаційного дослідження, його основну мету та завдання.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційну роботу виконано відповідно до науково-дослідних робіт кафедр організації авіаційних перевезень та логістики Національного авіаційного університету: «Проблема ефективного функціонування транспортних систем і раціональної організації авіаційних перевезень, робіт та послуг» (державний реєстраційний номер 0112U007297), де автор сформував рекомендації щодо логістичного управління перевезенням вантажів мережовим авіаперевізником та «Стратегія формування транспортно-логістичних кластерів в Україні» (державний реєстраційний номер 0116U006906), де автор реалізував підхід до управління вантажопотоками на мережі авіаліній.

**Мета і завдання дослідження.** Метою дисертаційного дослідження є розроблення теоретико-методичних підходів і практичних рекомендацій щодо реалізації системи управління вантажопотоками мережевого авіаперевізника на засадах логістики. Для досягнення поставленої мети автор сформулював та вирішив наступні завдання:

- визначити теоретичні передумови управління вантажопотоками мережевого авіаперевізника;
- виявити закономірності формування вантажопотоків мережевого авіаперевізника та удосконалити їхню класифікацію;
- реалізувати метод формування інтегрованих систем доставки вантажів на засадах логістики;
- запропонувати підхід до управління вантажопотоками на мережі авіаліній;
- реалізувати двохетапну модель управління вантажопотоком мережевого перевізника;
- надати науково-практичні рекомендації щодо доставлення вантажів мережовим авіаперевізником.

**Об'єкт дослідження** – раціональна організація процесів перевезення вантажів на мережі авіаперевізника.

**Предмет дослідження** – система управління вантажопотоками мережевого авіаперевізника на засадах логістики.

**Методи дослідження.** Теоретичну основу дисертаційного дослідження формують теоретичні положення ефективного функціонування транспортних систем, раціональної організації вантажних перевезень та математичного моделювання.

Роботу виконано на основі статистичних матеріалів Державної авіаційної служби України, IATA, ICAO, Boeing, показників діяльності авіакомпаній та інших даних, систематизованих автором у процесі проведення дослідження.

Методичною основою дослідження є методи, які використовувалися для вирішення поставлених у дисертаційному дослідженні завдань: системний та процесний підходи, методи дедукції, експертних оцінок, статистичного аналізу – при здійсненні класифікації вантажопотоків мережевого перевізника; методи регресійного аналізу, аналізу динамічних рядів, експертних оцінювань, теорії ймовірностей, ринкового аналізу, синтез кількісних та якісних методів прогнозування, методи ковзних середніх, оцінювання тренду, статистичні дані, векторна авторегресія – при формуванні засад прогнозування вантажопотоків на мережі авіаліній; методи статистичного спостереження та кореляційно-регресійного аналізу – при розробці підходу до управління вантажопотоками на мережі авіаліній; методи математичного моделювання та оптимізації – для розроблення двохетапної моделі управління вантажопотоком мережевого перевізника.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Найважливіші наукові результати дисертації полягають у наступному:

*вперше:*

- розроблено та реалізовано двохетапну модель управління вантажопотоком мережевого перевізника, яка включає нелінійну динамічну модель транспортних потоків, а також математичну модель оперативного управління в короткостроковий часовий відрізок, що дає змогу в режимі реального часу враховувати невизначеності інформації та ризики зменшення попиту на послуги перевізника;

*удосконалено:*

- метод формування інтегрованих систем доставки вантажів на засадах логістики, що, на відміну від існуючих, враховує всі ланки логістичного ланцюга авіаперевезень вантажів авіакомпанією на мережі авіаліній, фактори впливу на вантажопотік та залежність завантаження рейсу від тарифу, що дозволило створити систему оперативного управління процесами завантаження повітряних суден на конкретній мережі маршруті авіаперевізника;

- підхід до управління вантажопотоками на мережі авіаліній, який включає підсистеми управління попитом, структурою тоннажу, ціною, терміном і глибиною продажу, що дає можливість забезпечити гармонійне використання мережі авіаліній, максимальну дохідність авіаперевезень при максимальному завантаженні повітряних суден і здійснювати постійний контроль використання комерційного завантаження в режимі реального часу;

*набули подальшого розвитку:*

- класифікація вантажопотоків мережевого авіаперевізника, яка на відміну від існуючих дала можливість виокремити вантажопотік, придатний для обслуговування на мережі авіаліній, як упорядковану сукупність вантажних одиниць і вантажних партій готових для авіаперевезення, що

дозволило конкретизувати обмеження та фактори впливу на комерційну взаємодію авіаперевізників та учасників логістичного ланцюга з метою підвищення дохідності авіаперевезень;

– визначення поняття «управління вантажопотоками мережевого авіаперевізника», як діяльності, спрямованої на формування та обслуговування потоків вантажів авіакомпанії та їх оптимального розподілу на мережі авіаліній з метою підвищення дохідності авіаперевезень.

Отримані наукові результати в сукупності вирішують конкретне наукове завдання – реалізацію системи управління вантажопотоками мережевого авіаперевізника на засадах логістики, що є однією з ключових складових його успішності в умовах посилення конкуренції.

**Практичне значення одержаних результатів.** Базові положення, висновки та рекомендації, наведені в дисертаційній роботі, використано в практичній діяльності авіакомпанії «Міжнародні авіалінії України» шляхом впровадження пропозицій автора щодо реалізації двоетапної моделі управління вантажопотоком мережевого перевізника та підходу до управління вантажопотоками на мережі авіаліній (довідка про впровадження від 16.04.2018 р.).

Метод формування інтегрованих систем доставлення вантажів на засадах логістики та науково-методичні засади прогнозування вантажопотоків на мережі авіаліній використані в практичній діяльності FF Cargo Services Ukraine (довідка про впровадження від 14.05.2018 р.).

Ряд теоретичних положень використано в навчальній роботі факультету економіки та бізнес-адміністрування Національного авіаційного університету при викладанні дисципліни «Транспортна логістика» (довідка про впровадження від 20.04.2018 р.).

**Особистий внесок здобувача.** Дисертація є самостійно виконаною та завершеною науковою працею, в якій викладено авторський підхід до реалізації системи управління вантажопотоками мережевих авіаперевізників на засадах логістики. У наукових публікаціях автора, які виконані одноосібно, запропоновано розробки щодо підходу до управління вантажопотоками на мережі авіаліній, моделювання вантажопотоку мережевого перевізника, класифікацію та прогнозування вантажопотоків на мережі авіаліній, реалізацію принципів та інструментів формування інтегрованих систем доставлення вантажів на засадах логістики. В [4] автор проаналізував діяльність мережевих перевізників в авіатранспортному бізнесі; в [10] – визначив особливості впливу інформатизації на процеси доставлення вантажів за участю авіаційного транспорту в умовах динамічного розвитку конкурентного середовища; в [7] – розробив методичні рекомендації щодо створення та реалізації системи управління завантаженням мережевим авіаперевізником на засадах логістики; в [15] – установив ключові складові основ теоретичного аналізу проблеми логістичного управління авіаперевезенням вантажів у наукових дослідженнях; у [13] – проаналізував сучасний стан авіаційних вантажних перевезень, визначив складові ефективної роботи мережевих

авіаперевізників; у [16] – установив ключові аспекти створення системи управління завантаженням рейсів мережевим авіаперевізником; у [21] – визначив засади управління залученням вантажопотоків мережевим авіаперевізником.

**Апробація результатів дисертаційного дослідження.** Основні наукові результати та висновки дисертаційного дослідження доповідалися автором та обговорювалися на таких конференціях: VII Міжнародна науково-практична конференція «Проблеми економіки та управління на залізничному транспорті» (м. Київ, 11–13 жовтня 2012 р.); I, II, III Міжнародні науково-практичні конференції «Проблеми організації авіаційних перевезень та застосування авіації в галузях економіки» (м. Київ, 13 листопада 2012 р.; 26 вересня, 3–4 жовтня 2013 р., 21 листопада 2014 р.); III Міжнародна науково-практична конференція «Проблема розвитку транспортних систем у Євразійському регіоні» (м. Луганськ, 21 травня 2013 р.); XV Міжнародна науково-практична конференція «Політ 2015» (м. Київ, 8–9 квітня 2015 р.); VI Міжнародна науково-практична конференція «Проблеми розвитку транспортних систем і логістики» (м. Сєверодонецьк – Кременчук, 4–7 травня 2015 р.); Міжнародна науково-практична конференція «Sisteme de transport și logistică» (Республіка Молдова, м. Кишиневу, 27–30 жовтня 2015 р.); XIII Міжнародна науково-практична конференція «Проблеми підготовки професійних кадрів з логістики в умовах глобального конкурентного середовища» (5–7 жовтня 2015 р.); VII Міжнародна науково-практична конференція «Проблеми розвитку транспорту і логістики» (м. Одеса – Сєверодонецьк, 26–28 квітня 2017 р.); Міжнародна наукова інтернет-конференція «Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення» (м. Тернопіль, 12 липня 2017 р.); III Міжнародна науково-практична конференція «Перспективи розвитку сучасної науки» (м. Київ, 15–16 липня 2017 р.)

**Публікації.** Основні результати наукового дослідження опубліковано в 22 наукових працях загальним обсягом 8,25 друк. арк., зокрема: розділи у двох колективних монографіях, у 8 наукових працях (6 із них є одноосібними), в тому числі 2 статті в наукових періодичних виданнях інших держав, 2 статті в наукових виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз даних, та 4 статті у фахових виданнях України, загальним обсягом 4,6 друк. арк.; 12 статей та тез в інших виданнях та збірниках матеріалів науково-практичних конференцій.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних літературних джерел, який нараховує 200 найменувань. Основний текст дисертації викладено на 149 сторінках. Робота містить 45 рисунків та 19 таблиць, у тому числі 5 ілюстрацій та 3 таблиці викладені на окремих сторінках.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано загальну актуальність обраної теми, сформульовано мету дисертаційної роботи, визначено об'єкт, предмет і

методи дослідження, наведено наукову новизну та розкрито наукове, практичне й теоретичне значення отриманих результатів і напрямку їх подальшого впровадження.

У **першому розділі** дисертаційної роботи визначено теоретичні передумови управління вантажопотоками мережевого авіаперевізника.

В умовах сьогодення, після фінансової кризи, ринок перевезення вантажів дуже чутливий до кінцевої вартості перевезення. Майже не залишилось авіаперевізників, які займаються виключно вантажними авіаперевезеннями. Це пов'язано з глобалізацією ринку, зниженням ціни, конкуруванням із іншими видами транспорту та зростанням собівартості перевезення. Тому мережеві авіакомпанії намагаються стимулювати прямі вантажопотоки, при цьому вони змушені залишати ємності під трансферні вантажі, перевезення яких може бути менш прибутковим з точки зору одного конкретного рейсу, проте дає ефект синергії на мережі повітряних ліній.

Дослідження особливостей функціонування мережевих авіаперевізників на цільових ринках дозволило встановити збільшення частки транзитних вантажів, що дало можливість цим компаніям здійснювати більш ефективне використання ємностей на розгалуженій мережі й вдосконалити власну існуючу тарифну політику.

Мережа доставки вантажів може розглядатися як власний конвеєр ліній вантажопотоків, який потребує синхронізації поточних процесів в авіатранспортних ланцюгах доставки. Потоки генеруються в пунктах відправлення, об'єднуються та роз'єднуються в хабовому аеропорту.

Встановлено, що має бути здійснено процес синтезу кількісних та якісних методів прогнозування шляхом реалізації універсальних алгоритмів та схем прогнозування вантажопотоків на маршруті.

Основним завданням системи управління вантажопотоком визначено пошук оптимального використання ресурсів авіаперевізника з метою максимізації дохідності. З основних ресурсів можна чітко виділити два: перевізна ємність і час реалізації послуги.

Необхідність входження авіаційних перевезень до загального логістичного ланцюга доставки вантажів за принципами «від дверей до дверей» та «точно вчасно» потребує високої динаміки, швидкості в прийнятті рішень, якісного багатofакторного планування й моделювання зміни дохідних ставок залежно від завантаження.

Проте не було виявлено дієвих інструментів, за допомогою яких можна було б забезпечити реалізацію системи управління вантажопотоками мережевого авіаційного перевізника на засадах логістики.

У **другому розділі** розроблено структуру та складові системи управління вантажопотоками мережевого авіаперевізника.

Для виявлення закономірностей формування вантажопотоків мережевого авіаперевізника проаналізовано обсяги та доходи перевезень вантажів регулярними авіаперевізниками та темпи зміни вантажообігу, динаміку цін на авіаційне пальне, а також законодавчі зміни у сфері авіаперевезень, технологічність та актуальність процедур обслуговування вантажів в аеропортах. Крім цього, детально досліджено структуру авіаційного

вантажопотоку за категоріями на різних напрямках. Виявлено, що за останні 5 років обсяги перевезених вантажів вітчизняними авіаперевізниками скоротилися на 48,3 тис. тонн у річному вимірі, або майже на 40%. На регулярних лініях це падіння ще більше – майже вдвічі. Значно вплинули на цей процес переорієнтація вантажовласників на дешевші види транспорту.

Визначено види вантажів та вантажопотоків, які обслуговуються авіакомпанією, за класифікаційними ознаками та дано їхню характеристику. Запропоновано виокремити вантажопотік, придатний для обслуговування, як упорядковану сукупність вантажних одиниць і вантажних партій готових для авіаперевезення. Виявлено фактори впливу на формування такого потоку, а саме наявність платоспроможного попиту та технічних можливостей його перевезення; приналежність вантажопотоку; економічна доцільність його перевезення авіатранспортом; вигідність цього потоку для авіакомпанії; заповнюваність вантажних ємностей.

Відповідно до здійсненого аналізу автор визначив основні стратегічні й тактичні завдання авіаперевізників. Формування інтегрованих систем доставки вантажів реалізується завдяки якісній взаємодії складових логістичного ланцюга доставки. Здійснено декомпозицію логістичного ланцюга авіаперевезень вантажів авіакомпанією на мережі авіаліній та виділено відповідні етапи, процеси, суб'єкти, критерії та обмеження, а також показники.

Логістичне управління перевезенням вантажів – це мислення мережею постачань, тобто авіакомпанія не тільки обслуговує наявний вантажопотік, а й здійснює заходи щодо його генерації по своїй мережі з урахуванням власних провізних можливостей. При організації продажу вантажних ємностей окремого рейсу вся ємність, яка продається, розбивається на декілька сегментів: продаж блоку тоннажу; вільний продаж або екстраординарний продаж; власний продаж.

Визначено фактори, які впливають на вантажопотік, що обслуговується на мережі повітряних ліній авіакомпанії, рис. 1.

Основним завданням управління вантажопотоком позицій логістики є створення глобальної системи управління вантажопотоком, який перевозиться як дозавантаження різноманітним парком повітряних суден авіакомпанії з урахуванням трансферних пунктів перевезення вантажу і вантажостворюючих об'єктів. Продаж можна розглядати як випадковий процес. Моделюючи схеми роботи з агентами, авіакомпанія впливає на залучення вантажопотоку. Щоб забезпечити генерування вантажопотоку, слід працювати з агентами та управляти системою продажу й логістичного обслуговування клієнтів. Результати продажів авіаперевезень створюють фактичний вантажопотік авіакомпанії на мережі авіаліній. Авіакомпанія повинна здійснювати активне управління вантажопотоками через систему продажу авіаперевезень, тобто пропонуючи вантажні тарифи та відкриваючи продаж на певному напрямку на певний рейс, авіакомпанія спрямовує вантажопотік по власній мережі. У разі наявності трансферного перевезення, для розподілу доходу, отриманого за перевезення по всьому маршруту, між рейсами, якими виконується перевезення, використовують методику прорейту.



Рисунок 1 – Фактори, що впливають на вантажопотік, що обслуговується на мережі повітряних ліній авіакомпанії

В роботі встановлено залежність завантаження рейсу від тарифу та системи продажу перевезень, яка включає агентський продаж, продаж через глобальні системи дистрибуції, продаж через інтерлайн-партнерів, з якими заключні інтерлайн угоди та власний продаж. До засобів залучення вантажопотоків на мережу повітряних ліній авіакомпанії віднесено: мислення мережею постачань, забезпечення напрямків авіаперевезень та вантажних послуг у напрямках ланцюгів постачань товарів, «підхвату» торговельних вантажопотоків; поєднання блокового та вільного продажу; пропонування вигідних трансферних тарифів; пошук та укладання довгострокових угод про перевезення; залучення («підтягування») вантажопотоків з інших напрямків на менш завантажені; розвиток взаємодії з перевізниками, що здійснюють доставку наземним транспортом; пошук вантажоутворюючих об'єктів та напрямків у сфері дії мережі повітряних ліній авіакомпанії.

Проведений аналіз проблем моделювання мереж авіакомпаній засвідчив відсутність методичних підходів до управління вантажопотоками за умов невизначеності інформації та ризиків зменшення попиту на послуги мережевого авіаперевізника.

У третьому розділі представлено методи та моделі управління вантажопотоками мережевого авіаперевізника.

Запропоновано науково-методичні засади прогнозування вантажопотоків на мережі авіаліній, що включають принципову схему прогнозування, блок-схему етапності управління завантаженням рейсів мережевого авіаперевізника, універсальну схему прогнозування вантажопотоків на мережі авіаліній, а також загальну схему довгострокового прогнозування вантажопотоків на маршруті.

Підхід до управління вантажопотоками на мережі авіаліній, на думку автора, має включати аналітичну складову, а також практичні рекомендації щодо управління вантажопотоками. Установлено, що аналітичну складову управління вантажопотоками на мережі авіаліній формують такі управлінські елементи: управління попитом, структурою тоннажу, ціною, терміном та глибиною продажу, мережею, контрактами, а також управління коефіцієнтом комерційного завантаження. Для оцінювання дохідності обслуговування вантажопотоку на кожній ділянці маршруту слід узяти ставки ІАТА за ними із загального наскрізного тарифу розраховувати частки тарифу по кожному маршруту. Потім ці частки порівнюються між собою на кожному маршруті й приймається відповідне рішення. Таким чином, авіакомпанія має весь час вивчати та контролювати попит на тоннаж, який є в кожному пункті мережі на всіх напрямках, і постійно його аналізувати для прийняття рішення.

Задача управління вантажопотоком авіакомпанії на мережі авіаліній є прикладом задачі математичного моделювання на транспортних мережах. Двохетапна модель управління вантажопотоком мережевого перевізника включає нелінійну динамічну модель транспортних потоків та математичну модель оперативного управління в короткостроковий часовий відрізок. Модель оперативного управління вантажопотоками в режимі реального часу має таке формулювання.

Нехай авіакомпанія має деякий часовий «горизонт» планування  $T$ , на якому вона розглядає пропозиції по перевезенню множини вантажів  $W$ . Кожний вантаж  $w \in W$  характеризується такими показниками: як вага  $g^w$ , часовий проміжок, за який він має бути доставлений  $[t_{\min}^w, t_{\max}^w]$ , категорія вантажу  $k^w$ , початковий та кінцевий аеропорти  $b^w$  та  $e^w$ . До категорії вантажу включатимемо його вид і тариф, по якому вантаж перевозиться.

Для кожного вантажу  $w \in W$  авіакомпанія може розглядати варіанти його перевезення  $v \in V^w$ , які залежать від перелічених вище параметрів вантажу. Окремий варіант включає перелік аеропортів  $I_v^w$ , через які буде доставлятися вантаж, час (доба)  $t_{iv}^w$ , за який вантаж  $w$  буде проходити аеропорт  $i \in I_v^w$ , час зберігання  $\Delta t_{iv}^w$  вантажу в аеропорту. Залежно від категорії вантажу серед варіантів може бути повернення вантажу відправникові з виплатою штрафу для вантажу м'якого блоку або відмова від перевезення без виплати штрафу у випадку вільного продажу. Для кожного

варіанта вводиться булева змінна  $y_v^w$ , значення 1 якої говорить про те, що варіант вибраний, а значення 0 – що не вибраний. Надалі, для спрощення уявлення в рамках моделі про процес перевезення, будемо розглядати кожен варіант як окремий вантаж. Тоді кожний такий вантаж характеризується однозначністю маршруту перевезення як у просторі, так і в часі та однозначно задає певні коефіцієнти й параметри в моделі. Множини  $V^w$  розглядатимемо такими, що не перетинаються, тоді об'єднання множин  $V = \bigcup_{w \in W} V^w$  містить усі варіанти перевезення всіх вантажів  $w \in W$ . З множини  $V$  виділятимемо різні підмножини, наприклад, множину варіантів  $V_t^j \subset V$ , які використовують рейс  $j$  в день  $t$ .

Звісно, що реалізовано може бути тільки один варіант для кожного первісного вантажу  $w \in W$ , тому на реалізацію варіантів накладається обмеження  $\sum_{v \in V^w} y_v^w = 1$  або  $\sum_{v \in V^w} y_v^w \leq 1$  для кожного  $w \in W$ . Використання рівності або нерівності залежить від того, продані вже вантажні ємності під вантаж чи ні на момент моделювання. У першому випадку обов'язково має бути реалізований один з варіантів, у тому числі повернення вантажу і сплата штрафу для м'якого блоку. У другому випадку вантаж розглядається як можливий або як імовірнісний, під який вантажні ємності можуть бути не продані.

У моделі будемо розглядати тільки ті авіалінії та рейси, на яких дозволено хоч якесь завантаження.

Можливе завантаження рейсу  $j$  в день  $t$  вантажем категорії  $k$  визначається як сума  $x_{jkt} = \sum_{v \in V_{kt}^j} a_v y_v$  за всіма варіантами  $v \in V_{kt}^j$ , що можуть використовувати цей рейс у цей день для даної категорії, де  $a_v$  – вага вантажу варіанта  $v$ .

Можливе збільшення обсягу зберігання вантажу категорії  $k$  в аеропорту  $i$  в день  $t$  визначається як сума  $h_{ikt}^+ = \sum_{v \in V_{ikt}^+} a_v y_v$  за всіма варіантами категорії  $k$   $v \in V_{ikt}^+$ , для яких передбачене зберігання в цьому аеропорту в цей день. Аналогічно визначається зменшення обсягу зберігання –  $h_{ikt}^- = \sum_{v \in V_{ikt}^-} a_v y_v$ . Тоннаж вантажу категорії  $k$ , що зберігається в аеропорту  $i$  в день  $t$ , визначається вантажем, що зберігався напередодні, плюс доданий у день  $t$ , мінус забраний у день  $t$ :  $H_{ikt} = H_{ikt-1} + h_{ikt}^+ - h_{ikt}^-$ .

Об'єм повернення визначається як сума  $z_{kt} = \sum_{v \in V_{kt}^R} a_v y_v$  за всіма варіантами  $v \in V_{kt}^R$  категорії  $k$ , які можуть бути повернуті в день  $t$ . При виборі варіанта з поверненням вантаж не перевозиться.

Тоннаж, що перевозиться рейсом  $j$  в день  $t$ , може бути обмежений як за категоріями вантажу, так і в цілому. Так само можуть бути обмежені обсяги зберігання вантажу в аеропортах.

Далі випишемо оптимізаційну модель, у якій треба так вибрати булеві змінні (тобто варіанти перевезень), щоб максимізувати дохід від перевезення вантажів за мінусом витрат на зберігання та штрафів за повернення:

$$\max_{y_v, v \in V} \sum_{t \in T} \left( \sum_{j \in J_t} \sum_{k \in K} d_{jkt} x_{jkt} - \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} c_{ikt} H_{ikt} - \sum_{k \in K} s_{kt} z_{kt} \right), \quad (1)$$

$$x_{jkt} = \sum_{v \in V_{kt}^j} a_v y_v, \quad j \in J_t, k \in K, t \in T, \quad (2)$$

$$h_{ikt}^+ = \sum_{v \in V_{ikt}^+} a_v y_v, \quad i \in I, k \in K, t \in T, \quad (3)$$

$$h_{ikt}^- = \sum_{v \in V_{ikt}^-} a_v y_v, \quad i \in I, k \in K, t \in T, \quad (4)$$

$$H_{ikt} = H_{ikt-1} + h_{ikt}^+ - h_{ikt}^-, \quad i \in I, k \in K, t \in T, \quad (5)$$

$$x_{jkt} \leq \bar{g}_{jt}^k, \quad j \in J_t, k \in K, t \in T, \quad (6)$$

$$\sum_{k \in K} x_{jkt} \leq \bar{g}_{jt}, \quad j \in J_t, t \in T, \quad (7)$$

$$H_{ikt} \leq \bar{h}_{it}^k, \quad i \in I, k \in K, t \in T, \quad (8)$$

$$\sum_{k \in K} H_{ikt} \leq \bar{h}_{it}, \quad i \in I, t \in T, \quad (9)$$

$$z_{kt} = \sum_{v \in V_{kt}^R} a_v y_v, \quad k \in K, t \in T, \quad (10)$$

$$\sum_{v \in V^w} y_v = (\leq) 1, \quad w \in W, \quad (11)$$

$$y_v \in \{0, 1\}, \quad v \in V. \quad (12)$$

У наведеній моделі (1) – це критерій оптимізації, який включає доходи від перевезення вантажів, витрати на зберігання в аеропортах та штрафи за повернення вантажу або відмову в перевезенні; (2)–(4) – це визначення обсягів перевезень та змін щодо зберігання (змінні  $x_{jkt}$ ,  $h_{ikt}^+$ ,  $h_{ikt}^-$ ) для кожної категорії вантажу на кожний день; (5) – відображає динаміку зміни обсягів зберігання в аеропортах (змінні  $H_{ikt}$ ); (6), (7) – обмежує обсяги перевезення вантажів на окремих авіалініях за категоріями та разом на кожний день; (8), (9) – обмежує обсяги зберігання вантажів в аеропортах за категоріями і разом на кожний день; (10) – визначає обсяги повернення (змінні  $z_{kt}$ ); (11), (12) – умови на змінні  $y_v$ . Умов на змінні  $x_{jkt}$ ,  $h_{ikt}^+$ ,  $h_{ikt}^-$ ,  $H_{ikt}$ ,  $z_{kt}$  модель не має, оскільки вони визначаються через булеві змінні  $y_v$ . Але за своєю суттю вони не можуть бути від'ємними. Для періоду  $t=1$  в рівняння (5) входить константа  $H_{ik0}$ . Це обсяги зберігання вантажів, які були до початку періоду моделювання.

Нелінійна динамічна модель планування транспортних потоків матиме такий вигляд.

За початок відліку часу протягом року візьмемо початок календарного року. Тоді будь-який момент часу  $t$  однозначно вказуватиме на певний календарний час і сезон в авіап перевезеннях. Момент року, в який здійснюються розрахунки за допомогою моделі за відповідно підготовленими та оновленими даними, позначимо  $t_0 \geq 0$ . Моменти року, в які ми припускаємо продавати тоннаж, позначимо  $t_c > t_0$ . Оскільки є глибина продажів, то момент початку перевезень будемо позначати  $t_b > t_c$ . Кожний контракт на перевезення має тривалість, отже введемо позначення моменту закінчення перевезення  $t_e > t_c$ . Припускаємо, що авіакомпанія може побудувати, а скоріш, оцінити функцію  $d(\dots)$  своїх потенційних можливостей і залучити потоки вантажів в залежно від ціни на перевезення  $c$  та від перелічених часових умов угод про перевезення  $d(t_0, t_c, t_b, t_e, c)$ . Тоді при плануванні авіакомпанія зможе не тільки вибирати об'єми перевезень із потенційно можливих, а й впливати на потенційні об'єми та оптимізувати ціни. Для функції  $d(t_0, t_c, t_b, t_e, c)$  пропонується виконати дискретизацію за параметрами  $t_c, t_b, t_e$ , а вплив невизначеності виключити безпосередньо з  $d(\dots)$ , але врахувати як окрему функцію  $\delta(t_0, t_c)$ . У будь-якому випадку отримаємо деяку множину варіантів угод, включно зі строками їх укладання,  $K$  і для кожного варіанта  $k \in K$  буде визначено функцію попиту  $d^k(c)$  і зафіксовано часові параметри  $t_c^k, t_b^k, t_e^k$ , які використовуються в моделі. Додатково серед варіантів можна виділити варіанти перевезення вантажів різних категорій та різні блоки перевезення (жорсткі, м'які).

Враховуючи те, що таку функцію слід побудувати для кожної пари аеропортів, між якими може здійснюватися перевезення вантажів, а ціни будуть змінними моделі, отримаємо набір функцій для пар аеропортів  $(s, r)$  та можливих угод перевезення  $K$ , кожна з яких матиме свою змінну ціну  $c_{sr}^k: d_{sr}^k(c_{sr}^k)$ . У задачах такого типу, як правило, дискретизується і весь період планування.

Виходячи з наведеної формалізації сформулюємо задачу планування перевезення вантажів на мережі авіаліній перевізника.  $T$  – множина періодів планування (окремий період планування відповідає певному часовому інтервалу, що може бути різним в окремих реалізаціях моделі);  $t$  – окремий період планування,  $t \in T$ ;  $J$  – множина усіх рейсів авіакомпанії. Рейсом у цій моделі будемо називати ділянку авіалінії без проміжних посадок літаків;  $j$  – окремий рейс,  $j \in J$ ;  $I$  – множина аеропортів, що пов'язані із рейсами авіакомпанії і з яких або в які є попит на вантажні перевезення;  $i$  – окремий аеропорт,  $i \in I$ ;  $J_t$  – множина рейсів авіакомпанії, що здійснюються в період

$t$ ;  $J_{it}^b$  – множина рейсів, що починаються в аеропорту  $i \in I$  в період  $t$ ;  $J_{it}^e$  – множина рейсів, що закінчуються в аеропорту  $i \in I$  в період  $t$ ;  $\bar{g}_{jt}$  – вільний тоннаж рейсу  $j$  в період  $t$  (тонн за період). Вільний тоннаж прив'яжемо до тривалості періоду, щоб мати змогу порівнювати з потенційним попитом за період. Тобто, якщо за період  $t$  виконується декілька рейсів  $j$ , то  $\bar{g}_{jt}$  буде сумою по окремих;  $K$  – множина варіантів можливих угод перевезення вантажу;  $k$  – окремий варіант угоди перевезення,  $k \in K$ ;  $K_{sr}^t$  – множина варіантів угод перевезення, що можуть здійснюватися в період  $t$  з аеропорту  $s \in I$  до аеропорту  $r \in I$ ;  $d_{sr}^k(c_{sr}^k)$  – оцінка потенційного об'єму вантажу (тонн за період), який авіакомпанія могла б залучити для перевезення з аеропорту  $s \in I$  до аеропорту  $r \in I$  на умовах  $k$  за кожний період  $t$  з діапазону  $[t_b^k, t_e^k]$ ;  $c_{sr}^k$  – змінна моделі – тариф (доларів за 1 кг) на перевезення вантажу на умовах  $k$  з аеропорту  $s$  до аеропорту  $r$ ;  $y_{sr}^k$  – змінна моделі – обсяг вантажу (тонн), який авіакомпанія планує перевозити з аеропорту  $s \in I$  до аеропорту  $r \in I$  на умовах  $k$  за кожний період  $t$  в діапазоні  $[t_b^k, t_e^k]$ ;  $x_{jsrkt}$  – змінна моделі – обсяг вантажу (тонн за період), який авіакомпанія планує перевозити з аеропорту  $s \in I$  до аеропорту  $r \in I$  на умовах  $k$  в період  $t$ , використовуючи авіалінію  $j$ .

Цільова функція задачі полягає в максимізації сумарних надходжень від вантажних перевезень на мережі авіаліній за весь період планування, які при означених одиницях вимірювання  $c_{sr}^k$  та  $y_{sr}^k$  будуть виражатися в тисячах доларів США:

$$\max_{c_{sr}^k, y_{sr}^k, x_{jsrkt}} \sum_{s,r \in I} \sum_{k \in K} c_{sr}^k y_{sr}^k (t_e^k - t_b^k + 1) \quad (13)$$

при умовах

$$y_{sr}^k \leq d_{sr}^k(c_{sr}^k), \quad s, r \in I, \quad k \in K, \quad (14)$$

$$\sum_{j \in J_{st}^b} x_{jsrkt} = y_{sr}^k, \quad s, r \in I, \quad t \in [t_b^k, t_e^k], \quad k \in K, \quad (15)$$

$$\sum_{j \in J_{it}^b} x_{jsrkt} = \sum_{j \in J_{it}^e} x_{jsrkt}, \quad i \in I \setminus \{s, r\}, \quad t \in [t_b^k, t_e^k], \quad k \in K, \quad (16)$$

$$\sum_{s,r \in I} \sum_{k \in K_{sr}^t} x_{jsrkt} \leq \bar{g}_{jt}, \quad j \in J_t, \quad t \in T, \quad (17)$$

$$x_{jsrkt} \geq 0, \quad j \in J_t, \quad k \in K_{sr}^t, \quad s, r \in I, \quad t \in T, \quad (18)$$

$$c_{sr}^k \geq 0, \quad y_{sr}^k \geq 0, \quad s, r \in I, \quad k \in K. \quad (19)$$

Наведена модель (13)–(19) є нелінійною динамічною багатопродуктовою моделлю транспортних потоків. Окремі потоки – це перевезення по кожному напрямку  $s, r$  і угодах  $k$ . Обсяги перевезень обмежені попитом  $d_{sr}^k(c_{sr}^k)$  та фізичними можливостями літаків  $\bar{g}_{jt}$ . Більш детально: (13) – цільова функція – сумарні надходження від вантажних перевезень на мережі авіаліній за весь період планування; (14) – обмеження на можливі обсяги перевезень з боку попиту на перевезення, які залежать від цін на перевезення для кожного напрямку  $s, r$  і типу угоди  $k$ ; (15), (16) – балансові мережеві умови, а саме: (15) – це умова, яка означає, що за угодою типу  $k$  планується певний обсяг перевезень на момент початку дії угоди  $t_b^k$ ; (16) – це умови балансу для всіх інших аеропортів, що не є початковим або кінцевим; (17) – обмеження на можливі обсяги перевезень з боку вільного тоннажу рейсу  $j$  в період  $t$ ; (18), (19) – змінні моделі не повинні бути від’ємними.

У **четвертому розділі** представлено програмну реалізацію задачі доставки вантажів мережевим авіаперевізником.

Етапність моделювання у процесі реалізації системи управління вантажопотоками мережевого авіаперевізника на засадах логістики переставлено на рис. 2.



Рисунок 2 – Етапність моделювання у процесі реалізації системи управління вантажопотоками мережевого авіаперевізника на засадах логістики

Для демонстрації роботи моделі було розроблено приклад даних, сформульовано та розв’язано оптимізаційну задачу (13)–(19).

Початкові дані готувалися за допомогою програми Excel. Далі таблиці експортувалися у програму Matlab, де початкові дані перетворювалися у вхідні дані оптимізаційної задачі. Для кожної групи обмежень (14)–(17) готувалася окрема матриця. Матриці готувалися у розрідженому форматі з назвами `pmatrix_dc_pk.txt`, `pmatrix_init_pk.txt`, `pmatrix_balance_pk.txt`, `pmatrix_tonag_jt.txt`. Підготовлена для оптимізації задача записувалася у форматі пакету Portfolio Safeguard.

Для розв'язування задачі обраний солвер `vangrb`, який використовує оптимізаційний пакет Gurobi. Задача містила по 1280 змінних  $c_{sr}^k$  та  $y_{sr}^k$  та близько 50000 змінних  $x_{jstkt}$ . Матриці містили близько 1280, 30000, 18000, 1176 рядків обмежень.

Запропоновано практичні рекомендації реалізації системи управління вантажопотоками мережевого авіаперевізника, що дають можливість ефективного використання напрацювань у практичній діяльності.

Оцінюючи економічний ефект від реалізації системи управління вантажопотоками мережевого авіаперевізника на засадах логістики відзначено, що збільшення завантаження вантажами пасажирського рейсу дало можливість отримати значний чистий прибуток. За найкращим сценарієм валовий прибуток становитиме 1916,35 млн грн, тобто він більший на 36,6 млн грн базового показника валового прибутку авіакомпанії «Міжнародні авіалінії України» в 2016 році.

Порівняння значення чистого фінансового результату авіакомпанії «Міжнародні авіалінії України» до та після реалізації системи управління вантажопотоками за п'ятьма найкращими сценаріями, визначеними відповідно до попередньо розрахованих даних, наведено на рис. 3.

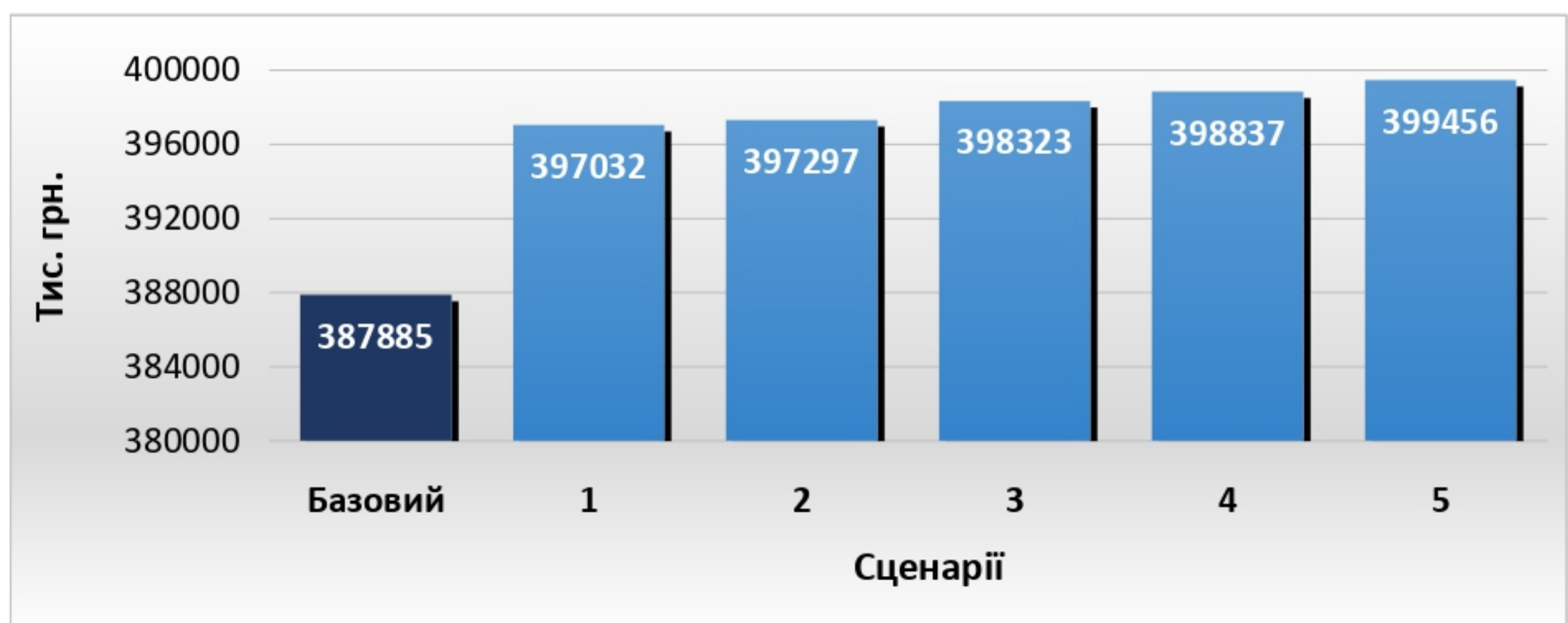


Рисунок 3 – Порівняння значення чистого фінансового результату авіакомпанії «Міжнародні авіалінії України» до та після реалізації системи управління вантажопотоками за базовим та 5 найкращими сценаріями

Загальний чистий прибуток авіаперевізника після реалізації запропонованої системи управління вантажопотоками збільшиться, за найкращим розрахованим сценарієм, на 11571 тис. грн, тобто до 399456 тис. грн.

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі отримані наукові результати, які в сукупності вирішують конкретне наукове завдання – реалізацію системи управління вантажопотоками мережевого авіаперевізника на засадах логістики, що забезпечить підвищення їхньої конкурентоспроможності, оптимізацію показників діяльності та втілення власних конкурентних переваг на глобальних ринках авіаційних перевезень. Проведене дослідження дало змогу зробити такі висновки:

1. Порівняльний аналіз сучасних організаційно-технологічних систем діяльності авіакомпаній засвідчив, що найбільш життєздатною є мережева модель авіаперевізника, яка передбачає використання прямих і трансферних вантажопотоків, кардинально змінивши систему управління ними. Уточнено поняття «управління вантажопотоками мережевого авіаперевізника» як діяльність, спрямовану на формування й обслуговування вантажопотоків авіакомпанії та їх оптимальний розподіл на мережі авіаліній з реалізацією ряду управлінських завдань з метою підвищення дохідності.

2. На основі аналізу вітчизняного та зарубіжних ринків авіаперевезень виявлено закономірності формування вантажопотоків мережевих авіаперевізників, серед яких особливу роль відіграє залученість авіаційного транспорту до обслуговування глобальних ланцюгів постачання товарів, активний розвиток електронної комерції та зростання попиту на швидку доставку замовлень клієнтів, активне використання пасажирських літаків для перевезень вантажів. Виявлені закономірності дозволили удосконалити класифікацію та виокремити вантажопотік придатний для обслуговування на мережі авіаліній, як упорядковану сукупність вантажних одиниць і вантажних партій готових для авіаперевезення, що дозволило конкретизувати обмеження та фактори впливу на комерційну взаємодію авіаперевізників та учасників логістичного ланцюга з метою підвищення дохідності авіаперевезень.

3. Науково обґрунтовано, що необхідною умовою успішної діяльності мережевого авіаперевізника формування інтегрованих систем доставки вантажів на засадах логістики. Для реалізації принципів та інструментів їх формування, що враховують усі складові логістичного ланцюга авіаперевезень вантажів авіакомпанією на мережі авіаліній, фактори впливу на вантажопотік та залежність завантаження рейсу від тарифу, проведено декомпозицію логістичного ланцюга авіаперевезень вантажів; визначено фактори, що впливають на вантажопотік, встановлено залежності завантаження рейсу від тарифу.

4. Враховуючи виявлені особливості щодо оцінювання ефективності системи управління вантажопотоками мережевого авіаперевізника та засад їх прогнозування, запропоновано підхід до управління вантажопотоками на мережі авіаліній, який включає підсистеми управління попитом, структурою тоннажу, ціною, терміном і глибиною продажу, що дозволяє забезпечити гармонійне використання мережі авіаліній, максимальну дохідність авіаперевезень при максимальному завантаженні повітряних суден і здійснювати постійний контроль використання комерційного завантаження в режимі реального часу;

5. Розроблено двоетапну модель управління вантажопотоком мережевого перевізника, яка включає нелінійну динамічну модель планування транспортних потоків та математичну модель оперативного управління в короткостроковий часовий відрізок в режимі реального часу. Цільова функція нелінійної динамічної моделі максимізує сумарні надходження коштів від вантажних перевезень на мережі авіаліній за весь період планування. Модель оперативного управління є лінійною з неперервними та булевими змінними і дозволяє конкретизувати структуру доходів та витрат на перевезення вантажів з урахування штрафів за повернення вантажу або відмову у перевезенні. Ці моделі описують однакові прикладні процеси – вибір вантажів та динаміку їхнього транспортування при фіксованих цінах на перевезення та фіксованому попиті.

6. Програмна реалізація задачі доставки вантажів мережевим авіаперевізником дає можливість установити особливості використання пропонованих наукових результатів, провести обчислювальні експерименти та за їх результатами надати науково-практичні рекомендації щодо доставки вантажів мережевим авіаперевізником. За результатами розрахунків у найкращому сценарії, після реалізації системи управління вантажопотоками, показник валового прибутку авіакомпанії «Міжнародні авіалінії України» збільшиться на 36,6 млн грн., тобто 1916,35 млн грн, а загальний чистий прибуток збільшиться, за найкращим розрахованим сценарієм, на 11,57 млн грн – до 399,46 млн грн.

## **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

### ***Публікації в монографіях:***

1. Войцеховський В. С., Габрієлова Т. Ю. Аналіз діяльності мережевих перевізників в авіатранспортному бізнесі. *Сучасний бухгалтерський облік, аналіз і аудит: галузевий аспект*: монографія / за ред. П. Й. Атамас. Дніпропетровськ : Герда, 2013. Т. 2. 414 с. С. 55–62. *Особистий внесок: проаналізовано особливості роботи мережевих авіаперевізників.*

2. Войцеховський В. С. Логістичний підхід до управління вантажопотоками на мережі авіаліній. *Інноваційна логістика: концепції, механізми*: монографія / за ред. М. Ю. Григорак та Л. В. Савченко. Київ : Логос, 2015. 548 с. С. 369–380. *Особистий внесок: реалізовано логістичний підхід до управління вантажопотоками на мережі авіаліній.*

### ***Статті в наукових періодичних виданнях інших держав:***

3. Voitshovskiy V. Modeling cargo traffic of air carrier on air route network in the real time mode. *Modern Science – Moderní věda*. 2016. № 2. P. 52–58.

4. Voitshovskiy V. The classification of airline cargo traffic in transportation on the air route network and main approaches to its forecasting. *International Collection of Scientific Proceedings «European Cooperation»*. 2016. Vol 11 . № 18. P. 34–41.

### ***Статті в наукових виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз даних:***

5. Войцеховський В. С. Підхід до управління вантажопотоками на мережі авіаліній. *Молодий вчений: науковий журнал*. Херсон, 2017. № 7(47). С. 10–13.

6. Войцеховський В. С. Засади прогнозування вантажопотоків на мережі авіаліній. *Молодий вчений: науковий журнал*. Херсон, 2017. № 9(49). С. 446–449.

**Публікації у фахових виданнях України:**

7. Войцеховський В. С. Формування системи логістичного управління вантажопотоком на мережі повітряних ліній. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля*. Северодонецьк, 2015. № 2 (219). С. 78–82.

8. Войцеховський В. С., Габрієлова Т. Ю., Григорак М. Ю. Реалізація системи управління завантаженням мережевим авіаперевізником. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля*. 2017. № 4 (234). С. 69–75. *Особистий внесок: розроблено та охарактеризовано блок-схему етапності управління завантаженням рейсів мережевого авіаперевізника.*

9. Войцеховський В. С., Габрієлова Т. Ю. Вплив інформатизації на процеси доставки вантажів за участю авіаційного транспорту. *Наукоємні технології: науковий журнал*. Київ, 2013. № 3. С. 327–330. *Особистий внесок: визначено умови використання сучасних інформаційних засобів у роботі мережевих авіаперевізників.*

10. Войцеховський В. С. Модель планування перевезення вантажів на мережі авіаліній перевізника. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. Кременчук, 2017. Вип. 4(105). С. 50–55.

**Праці, що засвідчують апробацію матеріалів дисертації:**

11. Войцеховський В. С. Основи теоретичного аналізу проблеми логістичного управління авіаперевезенням вантажів у наукових дослідженнях. *Проблеми економіки и управления на железнодорожном транспорте: материалы VII Международная науч.-практ. конф.* (м. Київ, 11–13 жовтня 2012 р.). Київ, 2012. С. 233–234.

12. Войцеховський В. С., Габрієлова Т. Ю. Теоретичний аналіз специфіки перевезення вантажів на мережі авіаліній. *Проблеми організації авіаційних перевезень та застосування авіації в галузях економіки* : матеріали I міжнар. наук.-практ. конф. (м. Київ, 23 листопада 2012 р.). Київ, 2012. С. 12–15. *Особистий внесок: проаналізовано особливості перевезення вантажів на мережі авіаліній.*

13. Войцеховський В. С. Управління дохідністю вантажного бізнесу для мережевого авіаперевізника. *Проблеми развития транспортных систем в евразийском регионе: материалы III междунар. интернет конф.* (м. Луганськ, 20–21 травня 2013 р.). Луганськ, 2013. С. 7–10.

14. Войцеховський В. С. Особливості логістичного та інформаційного управління при доставці вантажів за участю авіаційного транспорту. *Проблеми організації авіаційних перевезень та застосування авіації в галузях економіки* : матеріали II міжнар. наук.-практ. конф. (м. Київ, 26 вересня; 3–4 жовтня 2013 р.). Київ, 2013. Т. I. С. 76–77.

15. Войцеховський В. С., Габрієлова Т. Ю. Особливості створення системи управління завантаженням рейсів мережевим авіаперевізником. *Проблеми організації авіаційних перевезень та застосування авіації в галузях економіки: матеріали III міжнар. наук.-практ. конф.* (м. Київ, 21 листопада 2014

р.). Київ, 2014. С. 67–72. *Особистий внесок: установлено передумови створення системи управління завантаженням рейсів мережевим авіаперевізником.*

16. Войцеховський В. С. Передумови вирішення задачі управління вантажопотоком мережевого авіаперевізника. *Полім-2015: тези доп. XV міжнар. наук.-практ. конф.* (м. Київ, 8–9 квітня 2015 р.). Київ, 2015. С.130.

17. Войцеховський В. С. Особливості формування системи логістичного управління вантажопотоком на мережі авіаліній. *Проблеми розвитку транспортних систем логістики: матеріали VI міжнар. наук.-практ. конф.* (м. Кременчук, 4–7 травня 2015 р.). Сєверодонецьк–Кременчук, 2015. С. 67–69.

18. Войцеховський В. С. Подходы к моделированию потоков авиаперевозок грузов на сети авиалиний. *Sisteme de transport și logistică: матеріали міжнар. конф.* (м. Кишинеу, Республіка Молдова, 27–30 жовтня 2015 р.). Кишинеу, 2015. С. 173-180.

19. Войцеховський В. С. Механізм логістичного управління вантажопотоком на мережі авіаліній авіакомпанії. *Проблеми подготовки профессиональных кадров по логистике в условиях глобальной конкурентной среды : матеріали XIII междунар. науч.-практ. конф.* (м. Київ, 5-7 октября 2015 г.).– Київ, 2015. С. 33-35.

20. Войцеховський В. С., Григорак М. Ю., Габрієлова Т. Ю. Передумови управління залученням вантажопотоків мережевим авіаперевізником. *Проблеми розвитку транспорту і логістики: матеріали VII міжнар. наук.-практ. конф.* (м. Одеса, 26–28 квітня 2017 р.). – Одеса–Сєверодонецьк. С. 12–14. *Особистий внесок: визначена етапність управління завантаженням рейсів мережевого авіаперевізника.*

21. Войцеховський В. С. Теоретичне обґрунтування підходу до управління вантажопотоками на мережі авіаліній. *Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення: матеріали міжнар. наук. інтер.-конф.,* (м. Тернопіль, 12 липня 2017 р.). Тернопіль. С. 101–103.

22. Войцеховський В. С. Практичні рекомендації щодо реалізації підходу до управління вантажопотоками на мережі авіаліній. *Перспективи розвитку сучасної науки: матеріали III міжнар. наук.-практ. конф.* (м. Київ, 15–16 липня 2017 р.). Київ, 2017. Ч. 2. С. 20–21.

## АНОТАЦІЯ

Войцеховський В. С. Управління вантажопотоками мережевого авіаперевізника на засадах логістики. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеню кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.01 – Транспортні системи. – Державний університет інфраструктури та технологій МОН України. Київ, 2019 р.

Дисертація присвячена питанням підвищення ефективності управління вантажопотоками мережевих авіаперевізників на засадах логістики, з урахуванням індивідуального підходу до раціональної організації процесів перевезення вантажів в умовах невизначеного зовнішнього середовища.

Для врахування невизначеності інформації та ризиків зменшення попиту на послуги перевізника в реальному режимі часу сформовано двоетапну модель управління вантажопотоком мережевого перевізника, яку складають

нелінійна динамічна модель транспортних потоків та математична модель оперативного управління в короткостроковий часовий відрізок.

Для створення системи управління вантажопотоками мережевого перевізника удосконалено метод формування інтегрованих систем доставки вантажів на засадах логістики.

Програмна реалізація задачі доставки вантажів мережевим авіаперевізником дозволила встановити особливості використання запропонованих наукових результатів. Розроблені практичні рекомендації реалізації системи управління вантажопотоками мережевого авіаперевізника дають змогу ефективно використовувати запропоновані у роботі моделі, методи та підходи у практичній діяльності.

**Ключові слова:** вантаж, мережевий авіаперевізник, модель управління вантажопотоком, нелінійна математична модель, планування транспортного потоку, перевезення вантажів.

### АННОТАЦИЯ

Войцеховский В. С. Управление грузопотоками сетевого авиаперевозчика на основе логистики. - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.01 – Транспортные системы. – Государственный университет инфраструктуры и технологий МОН Украины. Киев, 2019 г.

Диссертация посвящена вопросам повышения эффективности управления грузопотоками сетевых авиаперевозчиков на основах логистики, с учетом индивидуального подхода к рациональной организации процессов перевозки грузов в условиях неопределенности внешней среды.

Для учета неопределенности информации и рисков уменьшения спроса на услуги перевозчика в реальном режиме времени сформирована двухэтапная модель управления грузопотоком сетевого перевозчика, которую формируют нелинейная динамическая модель транспортных потоков и математическая модель оперативного управления в краткосрочный временной отрезок.

Для создания системы управления грузопотоками сетевого перевозчика усовершенствован метод формирования интегрированных систем доставки грузов на основе логистики.

Программная реализация задачи доставки грузов сетевым авиаперевозчиком позволила установить особенности использования предлагаемых научных результатов. Разработанные практические рекомендации реализации системы управления грузопотоками сетевого авиаперевозчика позволяют эффективно использовать предложенные в работе модели, методы и подходы в практической деятельности.

**Ключевые слова:** груз, сетевой авиаперевозчик, модель управления грузопотоком, нелинейная математическая модель, планирование транспортных потоков, грузоперевозки.

### SUMMARY

Voitsehovskiy V.S. Cargo flows management of a network air carrier on the logistics principles. – Manuscript.

The thesis to obtain scientific degree of the candidate of technical sciences in specialty 05.22.01 – Transport Systems. – State University of Infrastructure and Technologies of the Ministry of Education and Science of Ukraine. Kyiv, 2019.

The thesis is devoted to the issues of increasing the efficiency of cargo flows management of network air carriers on the principles of logistics, taking into account the individual approach to the rational organization of cargo transportation processes under external environment uncertainty, which allows to improve the accuracy and speed of decision making.

In order to take into account information uncertainty and risks of demand reduction for carrier's services in real time mode, a two-stage model of cargo flow management of a network carrier consisting of a nonlinear dynamic model of traffic flows and a mathematical model of operational management in the short-term time segment was formed. Models are interconnected through the use of the same input information about the external environment, in which the airline operates, about the airline itself and the exchange of information, which for the same model is output and for the other one is input. The models differ in detailing the use of information and in detailing the description of the transport process.

To create a cargo flows management system for a network carrier, the method of forming integrated cargo delivery systems based on logistics principles, taking into account all components of the air transportation logistics chain on the airline network, factor influences on cargo flow and the dependency of the flight load capacity on the tariff, was improved.

For the purpose of maximizing revenue at maximum loading, additional cargo flow management, continuous tonnage demand control, the use of market instruments for assessing statistics on the market and comparing it with own data, the comprehensive use of the entire network in accordance with the cargo flows management tools, the author's approach to cargo flows management on the network of airlines was proposed.

As a result of the classification of a network air carrier's cargo flows, the existence of cargo flows available for servicing, the existing restrictions for cargo flow servicing, as well as the factors that should be taken into account when servicing cargo flows were identified.

The software implementation of the task of cargo delivery by a network air carrier allowed establishing peculiarities of applying offered scientific results. `vangrb` solver was used to solve the problem, which in turn uses the Gurobi Optimization package. The modeling results confirmed the adequacy of the proposed models. The offered practical recommendations for the implementation of the cargo flows management system of a network air carrier enable the effective use of the models, methods and approaches offered in the thesis in practice.

**Key words:** cargo, network air carrier, model of cargo traffic management, nonlinear mathematical model, transport flow planning, cargo carriage.

ВОЙЦЕХОВСЬКИЙ ВІКТОР СЕРГІЙОВИЧ

УДК:656.7.072/.073 (043.5)

**УПРАВЛІННЯ ВАНТАЖОПОТОКАМИ МЕРЕЖЕВОГО  
АВІАПЕРЕВІЗНИКА НА ЗАСАДАХ ЛОГІСТИКИ**

Спеціальність 05.22.01 – Транспортні системи

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеню  
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Підписано для друку 08 травня 2019 р.  
Формат паперу 60×84 1/16. Спосіб друку – ризографія.  
Папір офсетний. Умовн. друк. арк. 0,9.  
Гарнітура Times New Roman.  
Наклад 110 прим.

Надруковано ФОП Гузік О.М.  
Податковий номер №2705814113  
м. Київ, вул. Б. Гаврилишина, 16  
Тел.: 338-16-61