

Національний авіаційний університет
Міністерство освіти і науки України

Державний університет інфраструктури та технологій
Міністерство освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ВОЙЦЕХОВСЬКИЙ ВІКТОР СЕРГІЙОВИЧ

УДК:656.7.072/.073 (043.5)

ДИСЕРТАЦІЯ
УПРАВЛІННЯ ВАНТАЖОПОТОКАМИ МЕРЕЖЕВОГО
АВІАПЕРЕВІЗНИКА НА ЗАСАДАХ ЛОГІСТИКИ

05.22.01 – транспортні системи

275 – транспортні технології

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень.

Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело _____ В.С. Войцеховський

Науковий керівник

Григорак Марія Юріївна,
кандидат економічних наук, доцент

Київ–2019

АНОТАЦІЯ

Войцеховський В. С. Управління вантажопотоками мережевого авіаперевізника на засадах логістики. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеню кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 05.22.01 – Транспортні системи (275 – Транспортні технології). – Державний університет інфраструктури та технологій МОН України. Київ, 2019.

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.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у реалізації системи управління вантажопотоками мережевого авіаперевізника на засадах логістики, що є однією з ключових складових його успішності в умовах посилення конкуренції.

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.

Основні результати дисертаційної роботи використані при управлінні вантажопотоками та забезпеченні максимізації дохідності при максимальному завантаженні на рейсах авіакомпанії «Міжнародні авіалінії України» за рахунок реалізації двохетапної моделі управління вантажопотоком мережевого перевізника та підходу до управління вантажопотоками на мережі авіаліній, а також при визначенні стратегічних та тактичних завдань перевізників при взаємодії з агентами з продажу вантажів FF Cargo Services Ukraine за рахунок реалізації методу формування інтегрованих систем доставки вантажів та науково-методичних засад прогнозування вантажопотоків. В навчальній роботі факультету економіки та бізнес-адміністрування Національного авіаційного університету при викладанні дисципліни «Транспортна логістика».

Відповідно до теми дисертації опубліковано 22 наукові праці, з яких 8 статей (2 без співавторів), що опубліковані у наукових періодичних виданнях інших держав, виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз даних, фахових наукових виданнях затверджених МОН України, 12 статей та тез в інших виданнях та збірниках матеріалів науково-практичних конференцій.

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.

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

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. 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. 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.

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.

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. 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 IATA 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.

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

Визначена 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 нелінійну динамічну модель планування транспортних потоків.

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 готувалася окрема матриця. Підготовлена для оптимізації задача записувалася у форматі пакету Portfolio Safeguard. Для розв'язування задачі обраний солвер vangrb, який використовує оптимізаційний пакет Gurobi. 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. Загальний чистий прибуток авіаперевізника після реалізації запропонованої системи управління вантажопотоками збільшиться, за найкращим розрахованим сценарієм, на 11571 тис. грн, тобто до 399456 тис. грн.

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

Список публікацій здобувача

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.*

Публікації 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.

Публікації 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.

Основні положення і результати дисертації опубліковані у фахових виданнях:

7. Войцеховський В. С. Формування системи логістичного управління вантажопотоком на мережі повітряних ліній. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля*. Сєверодонецьк, 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*

економики 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 розвитку транспортних систем в євразійському регіоні*: матеріали III міжнар. інтернет 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: встановлено передумови створення системи управління завантаженням рейсів мережевим авіаперевізником.*

16. Войцеховський В. С. Передумови вирішення задачі управління вантажопотоком мережевого авіаперевізника. *Політ-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. Підходи к моделюванню потоків авіаперевозок грузів на мережі авіаліній. *Sisteme de transport și logistică*: матеріали міжнар. конф. (м. Кишинев, Республіка Молдова, 27–30 жовтня 2015 р.). Кишинев, 2015. С. 173–180.

19. Войцеховський В. С. Механізм логістичного управління вантажопотоком на мережі авіаліній авіакомпанії. *Проблеми підготовки професійних кадрів по логістиці в умовах глобальної конкурентної середовища*: матеріали XIII міжнарод. наук.-практ. конф. (м. Київ, 5-7 жовтня 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–Северодонецьк. 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.

ABSTRACT

Voitsehovskiy V.S. Cargo flows management of a network air carrier on the logistics principles. – Qualifying research paper as manuscript.

The thesis for a Candidate Degree in Technical Sciences (Doctor of Philosophy) in the specialty 05.22.01 – Transport Systems (275 – Transport Technologies). – 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.

The scientific novelty of the obtained results is the implementation of the cargo flows management system of a network air carrier on the logistics principles, which is one of the key components of its success in conditions of increased competition.

For the first time:

- the 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 developed and implemented allowing to take into account information uncertainties and risks of demand reduction for carrier's services in real time.

Were improved:

- the method of forming integrated cargo delivery systems based on logistics principles that unlike existing ones takes 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, which made it possible to create a system of operational management of aircraft loading processes on a particular network of the carrier's route;

- the approach to the cargo flows management on the airline network, which includes subsystems of demand, tonnage structure, price, term and depth of sales management, enabling an opportunity to provide the harmonious use of the airline network, the maximum return on air transportation at the maximum aircraft loading and to carry out constant control of the payloads use in a real-time mode.

Were further developed:

- the classification of a network air carrier's cargo flows, which, in contrast to the existing ones, made it possible to distinguish cargo flow available for servicing on the network of airlines as an ordered aggregate of cargo units and consignments ready for air transportation, allowing to specify restrictions and factors influencing the

commercial interaction of air carriers and logistic chain participants with the purpose of increasing the air transportation profitability;

– definition of “cargo flows management of a network air carrier” as an activity aimed at forming and servicing of airline company’s cargo flows and their optimal distribution on the airline network in order to increase the profitability of air transportation.

Main results of the thesis were used in cargo flows management and ensuring profitability maximization at the maximum loading capacity on the flights of the airline “Ukraine International Airlines” by implementing the two-stage model of cargo flow management of the network carrier and the approach to the cargo flow management on the airline network, and also in determining strategic and tactical tasks of carriers when dealing with cargo sales agents of Cargo Services Ukraine FF through the implementation of the method for the development of cargo delivery systems and scientific and methodical bases for forecasting cargo flows. In the educational work of the Faculty of Economics and Business Administration of the National Aviation University at the teaching of the subject “Transport Logistics”.

According to the thesis topic, 22 scientific papers were published, of which 8 articles (2 without co-authors) published in scientific periodicals of other states, Ukrainian editions included in international scientometrical databases, professional scientific editions approved by the Ministry of Education and Science of Ukraine, 12 articles and abstracts in other editions and collections of proceedings of scientific-practical conferences.

In the introduction the general relevance of the chosen topic was substantiated, the thesis purpose was formulated, the object, subject and research methods were defined, the scientific novelty was presented and the scientific, practical and theoretical significance of the results obtained and the direction of their further implementation were revealed.

In the first part of the thesis the theoretical preconditions for cargo flows management of a network air carrier were identified.

Under current conditions, after the financial crisis, the cargo transportation market is very sensitive to the final cost of transportation. Almost no air carriers left exclusively engaged in air cargo transportation. This is due to the globalization of the market, decrease in prices, competition with other transport modes and increased prime cost of transportation. Therefore, the network airlines are trying to stimulate direct cargo flows, while they are forced to leave capacities for transfer cargos, transportation of which can be less profitable in terms of one particular flight, however, it gives the synergy effect on the network of airlines.

The air carrier's cargo delivery network can be considered as its own conveyor of cargo flows lines, requiring synchronization of the flow processes in the air transport delivery chains. Flows are generated at departure points, merged and disconnected at the hub airport. The main task of the cargo flow management system is the search for optimal use of the air carrier's resources in order to maximize profitability. Carrying capacity and the time of service implementation are the main resources.

The need to include air transportation to the general logistics cargo delivery chain on the "door to door" and "just in time" principles requires high dynamics, speed in decision making, qualitative multifactor planning and modeling the change in yield rates depending on the load capacity. However, no effective tools allowing the implementation of a cargo flows management system for a network air carrier on the logistics principles were found.

In the second part the structure and components of the cargo flows management system of the network air carrier were developed.

To identify regularities of forming cargo flows of the network air carrier the volumes and revenues of cargo transportation by scheduled air carriers and cargo turnover change rates, dynamics of prices for aviation fuel and legislative changes in the field of air transportation, technological effectiveness and relevance of cargo servicing procedures at airports were analyzed. In addition, the structure of air cargo flow by categories in different directions was investigated in detail.

The types of cargo and cargo flows serviced by the airline were identified according to the classification criteria and their characteristics were given. It was

proposed to distinguish cargo flow available for servicing as an ordered set of cargo units and consignments ready for air transportation. The factors influencing the formation of such a stream were identified, namely, the availability of effective demand and technical capabilities of its transportation; cargo flow belonging; economic feasibility of its transportation by air transport; the profitability of this flow for the airline; loading capacity of cargo tanks. The formation of integrated cargo delivery systems is realized due to the qualitative interaction of the components of the logistics supply chain. The decomposition of the air cargo transportation logistics chain in the airline network was carried out and the appropriate stages, processes, entities, criteria, restrictions and indicators were identified. When organizing the sale of cargo tanks of an individual flight, the entire capacity sold is divided into several segments: the sale of a tonnage block; free sale or extraordinary sale; own sale.

The main task of cargo flow management on logistics principles is the creation of a global management system of the cargo flow transported as a preload by a diverse aircraft fleet of the airline, taking into account transfer points for cargo transportation and cargo-forming objects. Sales can be considered as a random process. By modeling the schemes of working with agents, the airline influences the attraction of cargo flow. There is a need to work with agents and to manage the sales and logistics customer service system to provide cargo flow generating. The results of air transportation sales create the actual cargo flow of the airline company on the network of airlines. The airline should actively manage cargo flows through the air transportation sales system, i.e. the airline directs traffic on its own network through offering cargo tariffs and opening sales in a certain direction for a specific flight.

The dependency of loading capacity of a flight on the tariff and the transportation sale system including agency sales, sales through global distribution systems, sales through interline partners, with which interline agreements are concluded, and own sales, was determined in the thesis. The conducted analysis of the airlines' networks modeling issues testified the lack of methodical approaches to the cargo flow management in conditions of information uncertainty and risks of reducing the demand for a network air carrier's services.

In the third part the methods and models of managing the cargo flows of a network air carrier were presented.

The scientific and methodological principles of forecasting cargo flows on the network of airlines were offered, which include the principal forecasting scheme, the flow chart of the flight loading management phasing of the network air carrier, the universal scheme of cargo flows forecasting on the network of airlines, as well as the general scheme of long-term forecasting of cargo flows on the route.

According to the author, the approach to managing cargo flows on the network of airlines should include an analytical component and practical recommendations for the cargo flows management. It was identified that the analytical component of cargo flows management on the network of airlines is formed by the following management elements: demand management, tonnage structure, price, term and depth of sales, network, contracts, and load factor management. In order to evaluate the profitability of servicing cargo flow on each part of the route, it is necessary to take the IATA rates for them from the general through tariff to calculate the tariff share for each route. Then, these shares are compared with each other on each route and an appropriate decision is made. Thus, the airline has to constantly study and control the demand for tonnage existing at every point in the network in all directions, and constantly analyze it for the decision making.

The task of the airline company's cargo flow management on a network of airlines is an example of the task of mathematical modeling on transport networks. The two-stage model of cargo flow management of a network carrier includes a nonlinear dynamic model of cargo flows and a mathematical model of operational management in the short-term time span. The model of operational management of cargo flows in real time has such formulation.

In the fourth part a software implementation of the task of delivering cargoes by a network air carrier was presented.

The modeling phasing in the process of realization of the cargo flows management system of a network air carrier on the logistics principles was determined. To

demonstrate the model, an example of data was developed, a nonlinear dynamic model of transport flows planning was formulated and solved.

Raw data was prepared using Excel. Then tables were exported to the Matlab program, where the raw data was converted to the input data of the optimization task. For each group of constraints, a separate matrix was prepared. The task prepared for optimization was recorded in Portfolio Safeguard package format. To solve the problem, the VANGRB solver was selected using the Gurobi Optimization package. Practical recommendations for implementation of the cargo flows management system of a network air carrier enabling the effective use of work experience in practice were offered.

Assessing the economic impact of the implementation of the cargo flows management system of a network air carrier on the logistics principles, it was noted that an increase in loading of passenger flight by cargos made it possible to obtain significant net profit. According to the best scenario, the gross profit will amount to 1,916.35 million UAH, so, it will be 36.6 million UAH higher than the gross profit base rate of the airline “Ukraine International Airlines” in 2016. The total net profits of an air carrier after the implementation of the proposed cargo flows management system will increase, according to the best calculated scenario, by 11,571 thousand UAH, that is, up to 399,456 thousand UAH.

Keywords: cargo, network air carrier, cargo flow management model, nonlinear mathematical model, transport flow planning, cargo transportation.

List of publications of the applicant

Publications in monographs:

1. Voitsehovskiy V.S., Gabrielova T.Yu. Analysis of the network carriers' activities in the air transport business. *Modern accounting, analysis and audit: industry aspect*: monograph / Ed. by P.J. Atamas. Dnipropetrovsk: Gerda, 2013. Vol. 2. 414 p. P. 55–62. *Personal contribution: features of network air carriers' activity were analyzed.*

2. Voitsehovskiy V.S. Logistics approach to cargo flows management on the network of airlines. *Innovative logistics: concepts, mechanisms*: monograph / Ed. by M.Yu.

Grigorak, L.V. Savchenko. Kyiv: Logos, 2015. 548 p. P. 369–380. *Personal contribution: logistic approach to cargo flows management on the network of airlines was implemented.*

Publications in scientific periodicals of other states:

3. Voitsehovskiy 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. Voitsehovskiy 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.

Publications in the Ukrainian specialized editions, which are included in the international scientometrical bases:

5. Voitsehovskiy V.S. Approach to cargo flows management on the network of airlines. *Young Scientist: Scientific Journal*. Kherson, 2017. № 7(47). P. 10–13.

6. Voitsehovskiy V.S. Principles of forecasting cargo flows on the network of airlines. *Young Scientist: Scientific Journal*. Kherson, 2017. № 9(49). P. 446–449.

The main provisions and results of the thesis published in the specialized editions:

7. Voitsehovskiy V.S. Formation of the cargo flow logistics management system on the network of airlines. *Bulletin of the Volodymyr Dahl East Ukrainian National University*. Severodonetsk, 2015. № 2 (219). P. 78–82.

8. Voitsehovskiy V.S., Gabrielova T.Yu., Grigorak M.Yu. Implementation of the loading capacity management system by a network air carrier. *Bulletin of the Volodymyr Dahl East Ukrainian National University*. 2017. № 4 (234). P. 69–75. *Personal contribution: a flowchart of the flight loading capacity management phasing of a network air carrier was developed and characterized.*

9. Voitsehovskiy V.S., Gabrielova T.Yu. Influence of informatization on cargo delivery processes with participation of air transport. *Knowledge-intensive technologies: Scientific Journal*. Kyiv, 2013. № 3. P. 327–330. *Personal contribution: the conditions of using modern information tools in the activity of network carriers were determined.*

10. Voitsehovskiy V.S. Model of cargo transportation planning on the carrier’s airline network. *Bulletin of the Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyyi National University*. Kremenchuk, 2017. Issue 4(105). P. 50–55.

Proceedings certifying approbation of the thesis materials:

11. Voitsehovskiy V.S. Fundamentals of theoretical analysis of the cargo transportation logistics management issue in scientific researches. *Problems of Economics and Management in Railway Transport: proceedings of VII International Scientific and Practical Conference* (Kyiv, 11–13 Oct. 2012). Kyiv, 2012. P. 233–234.

12. Voitsehovskiy V.S., Gabrielova T.Yu. Theoretical analysis of the specifics of cargo transportation on the network of airlines. *Problems of Air Transportation Organization and Application of Aviation in Economic Sectors: proceedings of I International Scientific and Practical Conference* (Kyiv, 23 Nov. 2012). Kyiv, 2012. P. 12–15. *Personal contribution: features of cargo transportation on the network of airlines were analyzed.*

13. Voitsehovskiy V.S. Profitability management of the cargo business for a network air carrier. *Problems of Development of Transport Systems in the Eurasian Region: proceedings of III International Internet Conference* (Lugansk, 20–21 May 2013). Lugansk, 2013. P. 7–10.

14. Voitsehovskiy V.S. Features of logistics and information management in the cargo delivery with the participation of air transport. *Problems of Air Transportation Organization and Application of Aviation in Economic Sectors: proceedings of II International Scientific and Practical Conference* (Kyiv, 26 Sept.; 3–4 Oct. 2013). Kyiv, 2013. Vol. I. P. 76–77.

15. Voitsehovskiy V.S., Gabrielova T.Yu. Peculiarities of the creation of a system for managing the loading capacity of flights by a network air carrier. *Problems of Air Transportation Organization and Application of Aviation in Economic Sectors: proceedings of III International Scientific and Practical Conference* (Kyiv, 21 Nov. 2014). Kyiv, 2014. P. 67–72. *Personal contribution: preconditions for creating a system for managing the loading capacity of flights by a network carrier were identified.*

16. Voitsehovskiy V.S. Prerequisites for solving the problem of the cargo flow management of a network air carrier. *Polit-2015: proceedings of XV International Scientific and Practical Conference* (Kyiv, 8–9 Apr. 2015). Kyiv, 2015. P. 130.

17. Voitsehovskiy V.S. Features of forming a system of logistics control of cargo flow on the network of airlines. *Problems of Transport Systems and Logistics Development: proceedings of VI International Scientific and Practical Conference (Kremenchuk, 4–7 May 2015)*. Severodonetsk– Kremenchuk, 2015. P. 67–69.

18. Voitsehovskiy V.S. Approaches to the modeling of air cargo flows on the airline network. *Sisteme de Transport și Logistică: proceedings of International Conference (Chisinau, Republic of Moldova, 27–30 Oct. 2015)*. Chisinau, 2015. P. 173–180.

19. Voitsehovskiy V.S. The mechanism of logistics management of cargo flow on the airline network of air carrier. *Problems of Professional Logistics Personnel Training in a Global Competitive Environment: proceedings of XIII International Scientific and Practical Conference (Kyiv, 5–7 Oct. 2015)*. Kyiv, 2015. P. 33–35.

20. Voitsehovskiy V.S., Grigorak M.Yu., Gabrielova T.Yu. Prerequisites for managing the attraction of cargo flows by a network air carrier. *Problems of Transport Systems and Logistics Development: proceedings of VII International Scientific and Practical Conference (Odessa, 26–28 Apr. 2017)*. – Odessa– Severodonetsk. P. 12–14. *Personal contribution: phasing of the flight loading capacity management of a network air carrier was defined.*

21. Voitsehovskiy V.S. Theoretical substantiation of the approach to cargo flows management on the network of airlines. *Information Society: Technological, Economic and Technical Aspects of Formation: proceedings of International Scientific Internet Conference (Ternopil, 12 Jul. 2017)*. Ternopil. P. 101–103.

22. Voitsehovskiy V.S. Practical recommendations on the implementation of the approach to cargo flows management on the network of airlines. *Prospects for the Modern Science Development: proceedings of III International Scientific and Practical Conference (Kyiv, 15–16 Jul. 2017)*. Kyiv, 2017. P. 2. P. 20–21.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	23
ВСТУП.....	24
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ УПРАВЛІННЯ ВАНТАЖОПОТОКАМИ МЕРЕЖЕВОГО АВІАПЕРЕВІЗНИКА.....	31
1.1. Дослідження особливостей функціонування мережевих авіаперевізників на цільових ринках.....	31
1.2. Теоретико-методичні засади оптимізації вантажопотоків на мережі авіаліній.....	38
1.3. Передумови управління вантажопотоками мережевого авіаперевізника на засадах логістики.....	46
1.4. Дослідження проблем моделювання мереж авіакомпаній у наукових дослідженнях.....	55
Висновки до розділу 1.....	60
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВАНТАЖОПОТОКАМИ МЕРЕЖЕВОГО АВІАПЕРЕВІЗНИКА.....	62
2.1. Виявлення закономірностей формування вантажопотоків мережевого авіаперевізника.....	62
2.2. Метод формування інтегрованих систем доставки вантажів на засадах логістики.....	84
2.3. Оцінювання ефективності системи управління вантажопотоками мережевого авіаперевізника.....	94
Висновки до розділу 2.....	111
РОЗДІЛ 3. МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ ВАНТАЖОПОТОКАМИ МЕРЕЖЕВОГО АВІАПЕРЕВІЗНИКА.....	114
3.1. Прогнозування вантажопотоків авіаперевізника на мережі авіаліній..	114
3.2. Реалізація підходу до управління вантажопотоками мережевого перевізника.....	122

3.3. Двохетапна модель управління вантажопотоком мережевого перевізника.....	130
3.3.1. Лінійна динамічна модель транспортних потоків.....	130
3.3.2. Модель оперативного управління вантажопотоками в режимі реального часу.....	136
3.3.3. Нелінійна динамічна модель планування транспортних потоків.....	140
3.3.4. Логіка розроблення та реалізації двохетапної моделі управління вантажопотоком мережевого перевізника.....	146
Висновки до розділу 3.....	150
РОЗДІЛ 4. ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ЗАДАЧІ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ МЕРЕЖЕВИМ АВІАПЕРЕВІЗНИКОМ.....	152
4.1. Методичні рекомендації підготовки даних та проведення обчислювальних експериментів моделі управління вантажопотоком.....	152
4.2. Практичні рекомендації щодо реалізації системи управління вантажопотоками мережевого авіаперевізника на засадах логістики.....	164
4.3. Оцінювання економічного ефекту від реалізації системи управління вантажопотоками мережевого авіаперевізника на засадах логістики.....	171
Висновки до розділу 4.....	176
ВИСНОВКИ.....	178
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	180
ДОДАТКИ.....	200

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АН – Антонов

ПЛ – повітряна лінія

ПС – повітряне судно

AFRA – система OAG з формування вантажних авіаційних тарифів

ALA – аеропорт Алмати

ATH – аеропорт Афін

AWB – авіаційна вантажна накладна

BSP – універсальна система взаєморозрахунків в авіації

CALS – система безперервної інформаційної підтримки життєвого циклу виробу

CSRP – система планування ресурсів, синхронізована зі споживачем

CT – наскрізний тариф

ERP – система планування ресурсів підприємства

FRA – аеропорт Франкфурту-на-Майні

GDS – глобальні системи дистрибуції авіаперевезень

IATA – Міжнародна асоціація повітряного транспорту

ICAO – Міжнародна організація цивільної авіації

IEV – аеропорт Києва (Бориспіль)

KGD – аеропорт Караганди

LON – аеропорт Лондона

NYC – аеропорт Нью-Йорка

PEK – аеропорт Пекіна

RFID – система радіочастотної ідентифікації

SEA – аеропорт Сіетлу

SRP – система прорейтування тарифів

TBS – аеропорт Тбілісі

TLV – аеропорт Тель-Авіва

ULD – засоби пакування вантажів

WEB – всесвітня мережа Інтернет

YTO – аеропорт Торонто

ВСТУП

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. Колесніков, Л. Литвиненко, Т. Шкода та інші вчені. Перспективи розвитку вантажних перевезень та ефективності функціонування авіаперевізників розглядали в наукових працях В. Панченко, О. Плешакова, 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 та 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 мережевих авіаперевізників є розроблена недостатньо і потребує детальнішого дослідження. Тому необхідно розробити систему управління вантажопотоками мережевих 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 мережевим 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 мережевим авіаперевізнаком.

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 двохетапної 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 мережових 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 доставки вантажів на засадах логістики. В [4] автор проаналізував діяльність мережових перевізників в авіатранспортному бізнесі; в [10] – визначив особливості впливу інформатизації на процеси доставки вантажів за участю авіаційного транспорту в умовах динамічного розвитку конкурентного середовища; в [7] – розробив методичні рекомендації щодо створення та реалізації системи управління завантаженням мережовим 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 мережових авіаперевізників; у [16] – установив ключові аспекти створення системи управління завантаженням рейсів мережовим авіаперевізником; у [21] – визначив засади управління залученням вантажопотоків мережовим 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. Кишинєу, 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.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ УПРАВЛІННЯ ВАНТАЖОПОТОКАМИ МЕРЕЖЕВОГО АВІАПЕРЕВІЗНИКА

1.1. Дослідження особливостей функціонування мережевих авіаперевізників на цільових ринках

Як і будь-який високооборотний бізнес, авіаційний бізнес перебуває під постійним впливом низки факторів. У роботі було сфокусовано увагу на основні із них. Без сумніву, одним з найвпливовіших факторів є вартість основних операційних складових: пального, прольоту міждержавної території, аеропортового обслуговування, лізингу, оренди/вартості складських приміщень. Усі вони разом формують основну вартість льотної години, іншими словами - визначають собівартість перевезення.

В умовах сьогодення, після фінансової кризи, ринок перевезення вантажів дуже чутливий до кінцевої вартості перевезення. Середня рентабельність авіаційного бізнесу продовжує падати, а вантажні клієнти заради навіть незначної економії в собівартості транспортування все частіше надають перевагу дешевшим видам транспорту, ніж авіаційний, оскільки він традиційно є найдорожчим і технологічно найскладнішим.

Загалом існують різноманітні класифікації учасників ринків авіаційних перевезень. Так, О. Арєф'єва та І. Мягких схиляються до того, що перевізники поділяються на ряд основних груп: регулярні, регіональні, чартерні, low-cost перевізники, суто вантажні, експрес-перевізники та гібридні [3]. Відзначається також, що конкуренція в авіаційній галузі змушує перевізників шукати нові конкурентні переваги. Відбувається збалансування бізнес-систем перевізників, яке враховує інтереси споживачів, власників, партнерів, а також їхніх працівників [3].

Дослідженням проблем формування бізнес-моделей авіаперевізників займалися З. В. Мокринська, Є. В. Юденко, В. П. Онищенко та інші вчені. У своїх наукових працях З. В. Мокринська [63, 64] запропонувала методичний підхід щодо здійснення вибору, формування та зміни бізнес-моделі авіаперевізника на основі концепції авіакомпанії як частини стратегічної групи.

У своїй праці Є. В. Юденко [102] відзначає, що «...класифікація бізнес-моделей авіакомпаній, які функціонують на ринку вантажних перевезень і мають різні підходи щодо тактики й стратегії обслуговування споживачів, свідчить про можливість вибудовувати різні варіанти доставки вантажів...», а «...запропонований шаблон удосконалення бізнес-моделі авіакомпанії допомагає відповісти на запитання: з одного боку, що ми хочемо отримати від пропозиції цінності авіатранспортної послуги для споживача, а з іншого – що необхідно зробити, щоб отримати бажаний результат...». Науковець В. П. Онищенко у [72] вважає, що одним із напрямів інноваційних розробок бізнес-моделей є перебудова механізму генерації прибутку на основі впровадження нових моделей витрат, а також нових способів монетизації споживчої вартості.

Систематизувавши всі дослідження, можна говорити, що основними моделями є мережева і point-to-point (суто на рейсах прямого, безпосадочного напрямку). У табл. 1.1 подано наш аналіз сильних і слабких сторін різних бізнес-моделей перевізників.

Таблиця 1.1 – Опис, сильні на слабкі сторони основних бізнес-моделей перевізників (систематизовано автором)

№ з/п	Назва моделі перевізника	Опис моделі перевізника	Сильні сторони моделі перевізника	Слабкі сторони моделі перевізника
1	Point-to-point	Перевезення здійснюється без перевантаження (перевалки) вантажу, тільки на рейсах прямого з'єднання	Немає додаткових статей витрат, таких як обслуговування в хабах аеропорту, тимчасове зберігання вантажу на стикуванні і т.д. Як правило, за забезпечення високої швидкості доставки, витримується висока дохідна ставка. Система, як правило, фінансово більш приваблива	Обмеженість вантажопотоків або ж «просідання окремого плеча» (коли в одну сторону вантажу в надлишку а на зворотному шляху – напівпорожній проліт). Коли авіакомпанія оперує 5–10 напрямками, то є можливість вибрати тільки найбільш дохідні маршрути, а якщо карта польотів розгалужена, то обов'язково будуть з'являтися слабкі недовантажені ділянки, що формують збитки

№ з/п	Назва моделі перевізника	Опис моделі перевізника	Сильні сторони моделі перевізника	Слабкі сторони моделі перевізника
2	Мережева модель	Перевезення здійснюється з перевалочною базою, у вигляді аеропортів-хабів між початковим і кінцевим пунктами проходження вантажу	Можливість формувати змішаний вантажопотік на певному плечі за рахунок підвозу трансферних вантажів на нього з інших маршрутів (фідерних джерел). Збільшення загального тоннажу. Можливість забезпечити мережеву прибутковість	Додаткові витрати на оброблення вантажу в хабі, утримання складських приміщень під трансферні вантажі, витрати на зберігання, збільшення часу транспортування, що негативно позначається на дохідній ставці

Перевізники, які транспортують вантаж за прямою (point-to-point) формою, працюють між локальним аеропортом (-тами) та напрямками слідування прямих рейсів як у прямому, так і зворотному напрямку. Таким перевезенням, як правило, притаманна, з одного боку, висока вартість перевезення за рахунок формування додаткової вартості продукту (швидкість, оформлення лише в пункті відправлення і приймання, проста логістика і т. д.), а з іншого - відносно низька собівартість, оскільки використовується лише один рейс, немає потреби в міжаеропортовому обслуговуванні, оформленні та зберіганні. Іноді виконуються рейси з декількома пунктами розвантаження з кінцевим поверненням до базового аеропорту (наприклад, Київ – Абу-Дабі – Бангкок – Київ). Це викликано необхідністю побудови оптимальних логістичних ланцюжків і намаганням підвищити ефективність використання вантажної ємності літака.

Модель point-to-point характеризується лінійною системою тарифів на вантажні перевезення. Тарифне планування при цьому порівняно просте. Розраховується собівартість кожного рейсу, планується рівень сезонного завантаження, закладається очікувана рентабельність, ділиться на вантажну ємність. На базі цих розрахунків визначається тариф на перевезення 1 кг вантажу.

В умовах загострення конкуренції та кризових явищ в авіаційному бізнесі кількість класичних point-to-point перевізників різко скоротилася. Сталася зміна і в структурі вантажопотоків, що перевозяться повітряним транспортом. Незмінними залишаються сегменти вантажів, доставлення яких іншим видом транспорту неможливе внаслідок малого терміну придатності, вразливості від умов навколишнього середовища. До таких належать, наприклад, деякі типи ліків, біопродукти, квіти, живі вантажі, небезпечні, цінні вантажі і т. п. Також збільшується попит на повітряні перевезення так званих комерційно швидкопсувних вантажів або які мають швидко з'явитися на ринку, наприклад, певні типи електроніки. Тобто характерними ознаками найбільш затребуваних сегментів перевезень вантажів на повітряному транспорті є: специфічні властивості, висока швидкість перевезення, висока цінність вантажу. Значна частина вантажопотоку генеральних вантажів невисокої вартості, що історично становила значну частину об'єму вантажних авіаперевезень, мігрує на інші види транспорту, надаючи перевагу не швидкості та якості, а вартості доставки. Це призвело до зменшення обсягів вантажного завантаження в окремих пунктах виконання рейсів. Оскільки локальних об'ємів не достатньо для побудови регулярних вантажопотоків, то останнім часом хабові трансферні авіаперевізники почали збільшувати частку транзитних вантажів з перевалкою в локальному аеропорту. Це дало можливість ефективніше використовувати ємності на розгалуженій мережі й удосконалювати існуючу тарифну політику. Саме тому на сьогоднішній день прямі авіаперевізники малоефективні.

Проаналізувавши найбільш поширену модель – мережеві (network) перевізники, стало зрозуміло, що вони використовують базовий аеропорт як хаб, обслуговуючи трансферні (транзитні) вантажі з перевалкою в базовому аеропорту. Варто зазначити, що в існуючих умовах досить складно розділити і чітко класифікувати перевізників. 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.

Необхідність забезпечити перевезення трансферних вантажопотоків кардинально змінює тарифне планування. Адже тепер задля дохідності слід аналізувати не конкретні рейси, а повну мережу. Як правило, це потребує досконалішої системної автоматизації управління тарифною системою. В її основі лежить не прибуток на конкретне «плече» перевезення, а користь та пріоритет для системи загалом.

У науковій праці О. В. Арефєвої та І. М. Мягких [3] зазначається, що відбувається трансформація регулярних мережевих перевізників, а також зростання ролі low-cost авіаперевізників.

Існуючі реалії призводять до того, що єдиним способом виживання є гібридна модель, яка включає сильні сторони кожної моделі й мінімізує слабкі її сторони. До різного роду гібридних перевізників мають бути віднесені ті, яким притаманні риси і прямих, і трансферних перевізників.

Інакше кажучи, вони обслуговують хабові рейси і тримають у ротатії чітко виражені прямі вантажні напрямки. Причиною цього може бути наявність певних пунктів у мережі, на які існує достатній прямий вантажопотік і немає необхідності в довантаженні. Вони не беруть участі в моделюванні дохідності з трансферних потоків. Паралельно з цим інші напрямки оперування становлять мережу трансферних перевезень.

Базовий принцип роботи мережевого перевізника полягає в системності мережі маршрутів. Відповідно, найголовнішим фактором є гармонізація карти польотів. На відміну від прямого, відкриття одного рейсу для перевізника з 20-ма напрямками може дати не одну, а 20 нових потенційних вантажних ланок. Але й вхідних факторів впливу істотно більше. До аналізу маршруту, вантажної ємності та частотності додаються якість стикувань, сумісність наскрізних об'ємів, а головне - пріоритетність і дохідність вантажу для транспортування. Це дає ще

один важіль впливу на розвиток вантажних перевезень – формування внутрішньої комерційної аналітики та інтегрування її в робочий процес.

Оскільки авіакомпанія останнім часом орієнтується на виживання, то підвищення дохідності та розвиток вантажних авіаперевезень неможливі без пошуків способів зниження собівартості перевезення та витратних складових. Основні шляхи для цього: оптимізація типів літаків, удосконалення й оновлення парку літаків з метою зниження вартості льотної години; автоматизація більшості бізнес-процесів задля уникнення впливу людського фактора, прискорення та підвищення якості процесу перевалки, обліку й логістики вантажу; аналіз потреби в пальному з розробленням карти оптимального заправлення.

Наприклад, якщо літак задіяний у ланцюгу перевезення, в одному пункті з яких вартість авіаційного керосину суттєво менша, то потрібно розрахувати план заправки таким чином, щоб якомога більша частина пального заправлялася саме в цьому аеропорту. Також необхідна якісна і сучасна логістика витратних матеріалів, створення парку запчастин; максимізація власного виконання всіх ланок робочого процесу.

Часто можна натрапити на велику кількість аутсорсингу в авіаційному бізнесі. Деяких власників лякає освоєння нових бізнес-процесів, хтось вважає, що переплати за аутсорсинг незначні й доцільніше направити всі зусилля на основні процеси. Але реальність показує, що ця індустрія полюбляє тих, хто вміє «рахувати копійки», тільки таким чином можна забезпечити прибутковість, оптимізувати штат, зони відповідальності, робочі процедури та інструкції, а також бізнес-процеси.

Для вітчизняних авіаперевізників ще однією важливою проблемою є підвищення ефективності використання перевізної ємності літаків, у тому числі під перевезення вантажів. Тому мережеві авіакомпанії шукають такі методи, моделі та системи, щоб можна була оптимізувати комерційне завантаження. Для мережевих авіаперевізників це завдання ускладнюється через наявність великої кількості комбінацій окремих сегментів перевезень та трансферних вантажопотоків.

Отже, характерна риса мережевого перевізника – це наявність хабу (трансферного) аеропорту, через який авіакомпанія генерує транзитні пасажирські та вантажні потоки. Подібна модель у поточних умовах ринку найбільш життєздатна. Враховуючи високу собівартість виконання польотів, ціна авіаційного вантажоперевезення неконкурентна з морським, залізничним та автомобільним транспортом.

Єдина конкурентна перевага, яку може запропонувати авіація сьогодні – це економія часу. Внаслідок цього чимало типів вантажів, для яких питання ціни більш актуальне, продовжують мігрувати на інші види транспорту. Як результат, суто вантажні регулярні авіаперевезення трапляються все рідше. Основні обсяги вантажів перевозять пасажирські авіакомпанії, які в пошуках додаткового доходу розвивають вантажоперевезення на регулярних рейсах, що привносить свою залежність.

Основне завдання, яке мають вирішувати системи управління вантажопотоком, – пошук оптимального використання ресурсів авіаперевізника з метою максимізації дохідності. З основних ресурсів можна чітко виділити два: перевізна ємність і час реалізації послуги. При використанні комерційного завантаження наявність незавантажених ємностей є чистим збитком авіаперевізника, проте завантаження вантажів за низькою тарифною ставкою також може бути недостатньо ефективним. Щодо часової складової, то час реалізації послуги включає період часу від моменту продажу до моменту виконання перевезення. При продажу авіаційних перевезень реалізація пасажирських ємностей починається, як правило, за більш тривалий час, ніж вантажних ємностей.

Для вантажних перевезень характерне динамічне ціноутворення, яке спирається на конкурентне середовище, історичні обсяги продажів, сезонність, поточний попит на ринку, залишкову ємність до реалізації, умови та правила оплати, собівартість перевезення тощо. Ці та багато інших чинників слід враховувати при організації продажу з використанням математичного моделювання в реальному режимі часу. Ефективна система управління

завантаженням включає в себе ряд основних підсистем (модулів): дистрибуцію, тарифну політику, контроль завантаження ємностей, пріоритетність вибору вантажу, облік і планування якісних показників.

1.2. Теоретико-методичні засади оптимізації вантажопотоків на мережі авіаліній

Як результат дії ключових факторів на роботу авіаперевізників, спектр типів вантажів на повітряному сполученні невпинно скорочується. Незмінними залишаються такі категорії вантажів, доставляти які іншим видом транспорту неможливо (малий термін придатності, вразливість до навколишнього середовища і т. д.): деякі ліки, квіти, певні типи електроніки. Вал сировини, що становив історично значну частину об'єму, мігрує на інші види транспорту, надаючи перевагу не швидкості та якості доставки, а нижчій вартості.

Різноманітними аспектами проблеми управління та прогнозування вантажопотоками на різних видах транспорту активно займалися О. Кіркін, М. Копитчук, О. Маліков, В. Наумов, О. Павленко, Н. Пономарьова та ін. У табл. 1.2 наведено внесок авторів у вирішення проблем управління та прогнозування вантажопотоками на різних видах транспорту. Як зазначають у [106, с. 457-458] Н. Ашфорд, С. Мумаїз, П. Райт, вантаж, що перевозиться авіатранспортом, розподіляється нерівномірно за аеропортами, а орієнтується на хаби. У періоди спаду та зростання вантажні доходи й вантажопотік непропорційно скорочувалися та зростали в порівняно з доходами та пасажиропотоками. Як відзначає М. Ньюман та його співавтори в [131, 132], важливо розуміти, що система хабів використовується на основних торгових шляхах по всьому світу і що багато районів світу не обслуговуються цією системою. У цих випадках можуть відбуватися прямі поставки між пунктами відправлення та призначення.

Відповідно до класифікації IATA виділяється три групи регіонів за обсягами авіаційних вантажопотоків: регіони зі значними обсягами вантажопотоків; регіони із середніми обсягами вантажопотоків та регіони з малими обсягами

вантажопотоків. Найбільшими регіонами за обсягами вантажопотоків є Азійсько-Тихоокеанський та Північноамериканський, тоді як Європейський, Південноамериканський, Близькосхідний віднесені до регіонів із середнім вантажопотоком, а інші регіони світу, в тому числі й ринок СНД, – віднесені до регіонів із малими вантажопотоками.

Таблиця 1.2 – Внесок авторів у вирішення проблем управління та прогнозування вантажопотоками на різних видах транспорту (систематизовано автором)

Автори	Внесок
О. Кіркін	Вирішено завдання оптимізації та керування нерегулярними промисловими вантажопотоками у віртуальному центрі. Для спрощення моделей запропоновано рух вантажопотоків розглядати з позиції разового замовлення, з використанням єдиного показника – інтенсивності транспортних робіт [44–46]
М. Копитчук	Вперше запропоновано теоретичні основи побудови ієрархічних інтегрованих інформаційних систем обліку вантажопотоків як сукупності моделей, методів та алгоритмів визначення проблемної, атрибутивної та ситуаційної складових інформації про стан обігу вантажів у великих транспортних системах [53, 54]
О. Наумов	Запропоновано при виборі моделей вантажних автомобілів для обслуговування постійної клієнтури оцінювати ефективність використання рухомого складу на підставі функцій приналежності нечіткій множині оптимальних автомобілів. Також розроблено і програмно реалізовано алгоритм, що дає можливість генерувати вибірку значень попиту на прогнозовані періоди часу [68–70]
О. Олещук	Реалізовано теоретичні та практичні засоби вирішення однієї з найважливіших проблем автоматизації системи обліку вантажопотоків [71]
О. Павленко	Запропоновано концепцію реструктуризації транспортних вузлів на основі логістичних принципів організації вантажоруху, а також критерій ефективності функціонування логістичних систем транспортних вузлів, визначення якого дає змогу врахувати інтереси всіх учасників перевізного процесу, моделі функціонування логістичних ланцюгів транспортного вузла [73]
Н. Пономарьова	Розроблено економіко-математичну модель процесу доставки вантажів у міжнародному сполученні наземними видами транспорту, що враховує параметри транспортного процесу та вірогідні затримки руху транспортних засобів і дає змогу достатньо точно визначити раціональні схеми перевезень вантажів у міжнародному сполученні [80–83]
Н. Ашфорд, С. Мумаїз, П. Райт	Розроблено загальні принципи генерування та перерозподілу вантажопотоків [106, с. 148-149]

Автор у процесі проведення наукового дослідження виявив, що найвагомим інструментом у конкуренції стає формування додаткової цінності авіап перевезення вантажу для споживача. Тобто надання додаткових послуг, гарантій та інформації, які прямо не пов'язані з перевезенням вантажу з пункту А до пункту Б, а забезпечують можливість для клієнта щодо відстеження вантажу в реальному часі, опис необхідних процедур і розрахунку планового часу на їх проходження, даних про стан вантажу і т. д.

Проблеми оптимізації роботи діяльності перевізників в авіатранспортному бізнесі в окремих аспектах вивчали, зокрема, А. Андрєєв, М. Колесніков, Л. Литвиненко, Т. Шкода та інші дослідники. Особливості управління процесами завантаження, управління доходами та диференціації послуг авіап перевізника висвітлені у наукових працях А. Козуба, К. Мозгової та М. Солнцева.

У табл. 1.3 наведено внесок авторів у вирішення проблем оптимізації роботи діяльності перевізників в авіатранспортному бізнесі. Більшість дослідників зосередили свою увагу на економічних проблемах оптимізації роботи діяльності авіап перевізників, тоді як організаційно-технологічних аспектів вони фактично не досліджували. Перспективи розвитку вантажних перевезень та ефективності функціонування авіап перевізників розглядалися в наукових працях Т. Габрієлової, С. Литвиненка, В. Панченка, О. Плешакової, А. Полозова-Яблонського, К. Скуратова [25, 57, 58, 74–79].

Таблиця 1.3 – Внесок авторів у вирішення проблем оптимізації роботи діяльності перевізників в авіатранспортному бізнесі (систематизовано автором)

Автори	Внесок
А. Андрєєв	Обґрунтовано, на основі системного аналізу, рекомендації щодо вдосконалення процесу стратегічного управління конкурентоспроможністю продукції авіакомпанії, спрямовані на досягнення конкурентних переваг авіап перевізника [1, 2]
А. Козуб	Здійснено розширення теоретичних основ конкурентоспроможності авіакомпанії шляхом визначення факторів попиту на вантажні авіап перевезення, зокрема географічної доступності, характеру вантажу, а також конвергенції ринків експрес-перевезень та традиційних ринків вантажних авіап перевезень [47–49]
М. Колесник	Сформовано стратегії реструктуризації потенціалу авіакомпаній у відносинах оновлення парку літаків [50–52]

Л. Литвиненко	Визначено оптимальну бізнес-модель авіакомпанії, охарактеризовано основні види бізнес-моделей авіаперевізників, здійснено аналіз проблем адаптації авіаперевізників до умов глобального конкурентного середовища, запропоновано напрями адаптації бізнес-моделей авіакомпаній [55]
К. Мозгова	Реалізовано засади управління доходами авіаперевізника шляхом організації надлімітованих продажів перевезень на основі серії економіко-математичних моделей [60–62]
М. Солнцев	Запропоновано підходи до управління асортиментом послуг авіаперевізника з використанням стратегії диференціації [86–89]
Т. Шкода	Розроблено науково-методичну базу щодо методів та практичних пропозицій формування стратегій підвищення конкурентоспроможності авіапідприємств [96]

У табл. 1.4 наведено внесок авторів у вирішення проблем розвитку вантажних перевезень та ефективності функціонування авіаперевізників. Ці проблеми, так само, як і проблеми оптимізації роботи діяльності перевізників в авіатранспортному бізнесі, вони вивчали з точки зору економічної складової, при цьому не досліджуючи питання раціональної організації транспортного обслуговування і транспортних процесів.

Слід відзначити, що моделювання виробництва авіатранспортної послуги В. Жуковим [38, 39] здійснено з урахуванням адаптації математичного апарату моделі індустріальної динаміки, а вирішення формалізації процесу виробництва транспортної послуги подано у вигляді моделі індустріальної динаміки, що для двох основних потоків створює перспективу для багатокomпонентного моделювання на основі створеної моделі та для проведення експериментів з розрахунками в системах формування, в т. ч. вантажно-поштового завантаження.

Як уже зазначалося, з існуючої кон'юнктури авіаційного ринку видно, що враховуються всі складові в непростій системі перевезень, і навіть найменший фактор може стати вирішальним при визначенні загального економічного результату рейсу. За таких умов оптимізація логістичного ланцюга доставки вантажів набуває надзвичайної вагомості.

Таблиця 1.4 – Внесок авторів у вирішення проблем розвитку вантажних перевезень та ефективності функціонування авіаперевізників
(систематизовано автором)

Автори	Внесок
Т. Габрієлова	Удосконалено теоретичні основи управління ризиками при доставці спеціальних категорій вантажів авіаційним транспортом [25]
В. Дубініна	Запропоновано комплексний підхід до вирішення проблеми підвищення ефективності бізнес-процесів авіакомпанії на основі розвитку методології їх інформаційно-аналітичної підтримки. Розроблено моделі й алгоритми вимірювання та моніторингу кожної зі складових доходів та операційних витрат авіаперевезень, запропоновано новий метод багатоваріантного сценарного прогнозування довгострокового розвитку авіакомпанії [31–34]
В. Жуков	Розроблено модель здатну забезпечити обґрунтоване прийняття рішень авіаперевізником на оперативному рівні управління, при цьому прийняте рішення вважається таким, що несе ефект синергії за своєю формою [38]
С. Литвиненко	Розроблено механізм адаптації авіакомпаній до глобальних ринків вантажних перевезень [56]
А. Полозов-Яблонський	Розроблено концептуальний підхід до визначення синергетичного ефекту участі авіакомпанії в альянсах [78]
Н. Русських, О. Косарєв	Розвинуто інформаційні технології у галузі вантажних авіаперевезень та розроблено перехід до застосування IATA e-freight [169]
К. Скуратов	Розроблено науково-методичні положення та способи прискорення економічного розвитку авіакомпаній [85]
М. Фергюсон, Л. Гарроу, Дж. Ньюмен	Застосовано дискретні моделі вибору завдань управління доходами авіаперевізника [117]
Т. Якобс, Л. Гарроу, М. Логатепанотон, Ф. Купельман, Дж. Колден, Х. Порнумо	Застосовано прогнозування та дослідження операційних методів для вирішення завдань планування авіакомпаній. Подано опис застосування цих методів у авіаперевізниках [126]

Логіка оптимізації має ґрунтуватися на ряді основних цілей. Перша з них – максимальне здешевлення льотної години повітряного судна (ПС). Чим більше часу літак перебуває в повітрі, тим дешевша година його використання, а отже, оптимальніше його використання. Це основний механізм зменшення собівартості перевезення. Наступний важливий чинник – ланцюжкове використання палива, яке полягає у виборі оптимального плану дозаправок ПС, виходячи з ціни на авіакеросин. Головним фактором оптимізації повинна стати система пошуку оптимальної дохідності та завантаження на кожному секторі перевезення вантажу.

Проблемами синхронізації вантажопотоків займалося багато вітчизняних та закордонних вчених, їхні наукові результати систематизовано в табл. 1.5. Внесок їх у вирішення цієї проблеми надзвичайний, проте ці автори не вирішували проблем синхронізації вантажопотоків ні мережевих авіаперевізників, ні на авіаційному транспорті загалом.

Як зазначає П. Божанов [152], в умовах загострення конкурентної боротьби «...підприємства транспорту впроваджують у свою діяльність логістичні підходи і, відповідно, приймають важливі стратегічні рішення про вибір виду перевезень і можливості їх інтеграції у власну господарсько-економічну систему, що в сучасних реаліях є найважливішим фактором забезпечення конкурентоспроможності будь-якого підприємства...». Також автор наголошує на тому, що «...використання логістичної парадигми управління матеріальними потоками в ланцюгах поставок, своєю чергою, забезпечило підвищення ефективності транспортно-логістичного обслуговування вантажовласників...», а «...в умовах масових вантажопотоків почалася активна синхронізація транспортних і виробничо-технологічних процесів...».

Таблиця 1.5 – Внесок вчених у вирішення проблем синхронізації вантажопотоків (систематизовано автором)

Автори	Внесок
П. Божанов	Установлено переваги автоперевезень перед іншими видами транспорту з урахуванням можливостей використання логістичної інфраструктури та їх інтеграції у виробничі процеси товаровиробників [152]
М. Кузьміна, В. Кононенко, Ю. Миронова, С. Надирян	Визначено основні послуги, що надаються терміналами клієнтам, тенденції розвитку термінальних технологій доставки вантажів, форми організації управління перевезеннями, а також розглянуто позитивні й негативні наслідки розвитку терміналів [158]
В. Конотопський	Досліджено залежність ефективності кільцевих маршрутів руху транспортних засобів від рівня узгодженості графіків їх руху з графіками доставки вантажів на окремих ланках транспортного кільця; вплив ступеня неузгодженості цих графіків на величину ряду кількісних характеристик функціонування кільцевого маршруту [155]

Н. Шраменко	Викладено методологічний підхід до підвищення ефективності функціонування термінальної системи доставки вантажів за рахунок синхронізації технологічних процесів, запропоновано формалізацію процесу функціонування термінальної системи на основі апарату мереж Петрі [100]
А. Багімов	Класифіковано вантажні потоки в логістиці на основі топологічних мереж та запропоновано виділити матеріальні (транспортні, вантажні) і нематеріальні (віртуальні) потоки, які генеруються нормативно-правовою інформацією, що забезпечує наявність правових зв'язків між суб'єктами ринку [151]

У своєму дослідженні П. Божанов також концентрує увагу на тому, що «...логістичний підхід до транспорту обумовлює його методологічний зміст, який полягає в тому, що основною складовою в організації перевезень має стати проектування оптимального транспортно-технологічного процесу...». Під оптимальним транспортно-технологічним процесом автор розуміє пошук організаційних, економічних і технічних рішень, які здатні забезпечити підвищення ефективності функціонування транспорту та логістичних ланцюгів поставок. Також наголошується на тому, що в комплексній системі організації просування матеріальних потоків з місць їх зародження до місць погашення важливу роль для ефективності транспортно-технологічного процесу відіграє раціональне використання вантажних терміналів, у яких вантаж переробляються і зберігається на шляху слідування від виробника до споживача [152].

У науковій праці М. Кузьміної, В. Кононенко, Ю. Миронової та С. Надирян [158] сказано, що «...важливою умовою чіткої роботи термінальної системи є централізоване управління, що дозволяє синхронізувати підвезення-розвезення вантажів. Наявність централізованого управління дає можливість організувати високоефективну роботу транспорту компаній різного масштабу, які мають термінальні комплекси на всій території країни...». Також автори наголошують, що «...великі термінали останнім часом відіграють все більш важливу роль у системі макрологістики, при цьому забезпечуючи укрупнення відправлень,

перерозподіл вантажопотоків, підтримування формування й розвитку міжнародних транспортних коридорів, надання вантажовласникам та транспортним операторам значного обсягу додаткових нетранспортних послуг...».

У статті В. Конотопського [155] встановлено характер динаміки безпосередніх факторів економічних втрат, що спричинюються несинхронністю руху по кільцевому маршруту транспортного засобу і функціонуванням обслуговуваних ним локальних вантажопотоків. Доведено, що зростання розсинхронізації призводить до суттєвого зростання трьох з шести розглянутих факторів втрат: простоїв фронтів обох видів, зайвого перебування вантажів у пунктах маршруту, прогресуючого відхилення від безперервного режиму руху транспортних засобів.

У статті Н. Шраменко [100] зазначається, що «...для термінальних комплексів характерна різна потреба в ресурсах залежно від коливань попиту і застосовуваної технології, а для підвищення ефективності їх функціонування необхідний облік умов невизначеності й ризику, а також обґрунтування технологічних резервів у роботі персоналу і транспортно-складських механізмів. Необхідна розробка нових підходів і моделей, спрямованих на раціоналізацію взаємодії всіх суб'єктів термінальної системи за рахунок синхронізації технологічних процесів, пов'язаних з обробленням вантажопотоку. З метою синхронізації процесів оброблення вантажопотоку на терміналі й міжтермінального перевезення необхідно зробити вибір раціональної транспортно-технологічної схеми з урахуванням часу транспортування, регулярності та доступності перевізників...».

Також Н. Шраменко наголошує на тому, що «...в умовах реального функціонування термінальної системи при застосуванні нормативної кількості транспортно-складських і людських ресурсів на терміналах виникають між операційні простої, що призводить до значного збільшення часу доставки й сумарних витрат. Усунення міжопераційних простоїв може бути досягнуто за рахунок синхронізації окремих технологічних процесів термінальної системи й обумовлено застосуванням оптимальної кількості виробничих ресурсів, що задовольняє умовам ресурсозбереження...» [100].

За результатами проведеного теоретичного аналізу досліджень уточнено поняття «управління вантажопотоками», яке є діяльністю, спрямованою на формування вантажопотоків суб'єктом перевезення та створення їх оптимального плану доставки. Також визначено поняття «управління вантажопотоками мережевого авіаперевізника», яке є діяльністю, спрямованою на формування та обслуговування вантажопотоків авіакомпанії та їх оптимальний розподіл на мережі авіаліній з реалізацією ряду управлінських завдань, а саме: управління попитом, структурою тоннажу, ціною, терміном та глибиною продажу, мережею, контрактами, а також коефіцієнтом комерційного завантаження.

1.3. Передумови управління вантажопотоками мережевого авіаперевізника на засадах логістики

Проблему логістичного управління діяльністю підприємств вивчали багато як вітчизняні та зарубіжні науковці. До останніх та найбільш цікавих наукових досліджень, у яких аналізується ця проблема належать праці таких авторів, як Т. Маселко, Н. Селезньова, Н. Тюріна, Т. Попова та Д. Мелентьев, Г. Гуріна, О. Ільєнко (табл. 1.6). Проте ці автори не досліджували аспектів проблеми, які стосуються управління вантажопотоками мережевого авіаперевізника.

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 багатофакторного планування й моделювання зміни дохідних ставок залежно від завантаження. Особливо це стосується мережевих перевізників, оскільки одночасно надходять запити на наскрізні вантажоперевезення за участю одного фідерного сегмента, але з різними кінцевими пунктами. Для пошуку екстремуму дохідності потрібно в реальному часі проаналізувати існуючу картину, прорахувати дохідну частку на кожне плече транспортування (BitPrice), оцінити доцільність й вибрати оптимально дохідний вантаж. Кожен крок у цьому механізмі потребує отримання, аналізу й циркуляції актуальної інформації. Отже,

вся система ґрунтується і функціонує завдяки інформаційному потоку, і чим він актуальніший, тим ефективніший процес.

Таблиця 1.6 – Внесок авторів у вирішення проблем логістичного управління діяльністю підприємств (систематизовано автором)

Автори	Внесок
Т. Маселко	Реалізовано нові підходи в сучасній логістичній концепції управління підприємств, її переваги та тенденції розвитку [160]
Н. Селезньова	Реалізовано представлення логістичної системи шляхом виділення суб'єкта управління, який регулює просування матеріального потоку між ланками логістичного ланцюга [84]
Н. Тюріна	Проаналізовано інтеграції маркетингової та логістичної концепцій управління та як результат цього запропоновано підвищення конкурентоспроможності підприємства й задоволення все зростаючих потреб споживачів шляхом впровадження концепції маркетинг-логістичного управління [171]
Т. Попова та Д. Мелентьєв	Розроблено засади управління транспортною логістикою підприємства у сфері зовнішньоекономічної діяльності на основі концепції управління окремими ланками процесу транспортування на макрорівні [163]
Г. Гуріна	Розроблено науково-методичні засади формування логістичної стратегії авіакомпанії та механізму її реалізації, зокрема, конфігурацію внутрішніх та зовнішніх логістичних ланцюгів авіакомпанії [28–30]
О. Ільєнко	Розроблено концептуальні засади організації управління партнерськими відносинами підприємств у логістичному ланцюзі авіаперевезень та вироблено практичні рекомендації щодо удосконалення й підвищення ефективності співпраці українських авіакомпаній з іноземними бізнес-партнерами [35–37]

Одним із ключових факторів успіху стає використання теорії ощадливої логістики, що являє собою розвиток технології «точно вчасно» та передбачає, серед іншого, повну надійність ланцюга доставки. Застосування цієї концепції та концепції «реагування на попит» також потребує точкового поповнення запасів при прогнозуванні збільшення попиту, що можливо лише за умови налагодження

довготривалих відносин між виробниками та мережами реалізації продукції. При цьому успішність реалізації довготривалих контрактів неможлива без надійних перевізників. До того ж ключовим фактором успішності стає планування партій замовлень та відповідність партій замовлень вантажомісткості транспортних засобів, які використовуються. Хоча остання обставина більше стосується «останньої милі», проте ефективне планування партій відправлень має стосуватися магістральних видів транспорту, зокрема авіаційного [159].

Клієнтоорієнтованість стає ключовим трендом розвитку логістичних ринків Європи та світу, що зазначається в програмних документах та стратегіях розвитку перевезень [159].

Так, у «Стратегії Міжурядової комісії ТРАСЕКА» [159] сказано, що відкриття доступу до ринку авіаційних перевезень надає нові економічні та інвестиційні можливості, забезпечує доступ для клієнтів до якісних, різноманітних і дешевих видів послуг. Причому під клієнтурою маються на увазі не тільки пасажери, а й транспортні компанії. Клієнтоорієнтованість також сприяє розвитку співпраці між компаніями різних держав.

Клієнтоорієнтованість – це лінія ринкової поведінки компанії, спрямована насамперед на задоволення потреб клієнта при використанні ключових можливостей – факторів клієнтоорієнтованості: продукт (його цінність), якість продукту, ціна, обслуговування, додатковий сервіс. Бізнес стає клієнтоорієтованим, якщо всі ці фактори гармонійно взаємодіють між собою, а в основу покладено принцип зацікавленої спрямованості бізнесу на задоволення запитів клієнта [172].

Як зазначається в [172], «...існує п'ятирівнева піраміда клієнтського бізнесу: якісний продукт/послуга, робота персоналу в процесі і після продажу/обслуговування, система управління продажами/обслуговуванням, інфраструктура місця продажу/обслуговування, бренд сервісу. Кожен з п'яти рівнів піраміди клієнтського бізнесу вносить свій внесок у клієнтоорієнтованість компанії, починаючи з продукту або послуги і закінчуючи брендом...».

Варто зазначити, що, крім сегмента B2C за [172], принцип клієнтоорієнтованості бізнесу діє в сегменті B2B, де клієнтом є бізнес-партнер, тобто торгово-посередницька організація або виробниче підприємство. Тобто логістика діє в обох напрямках – і до виходу, і до входу, займаючись не тільки продажем, а й закупівлею товарів. Відповідно, логістика має охоплювати вихідні і вхідні бізнес-процеси, наприклад, проявляти свою участь у виборі постачальника, активізуючи його (постачальника) клієнтоорієнтовану поведінку. Іншими словами, маркетингова логістика має бути задіяна в наскрізну реалізацію принципу клієнтоорієнтованості при формуванні як простих, так і розширених, аж до максимальних, ланцюгів поставок.

Як зазначає О. Кротов у [157], «...завданням управління ланцюгами поставок з урахуванням сучасних тенденцій стає не просто ефективне обслуговування попиту, а створення більшої цінності для споживача, що є найбільш успішною конкурентною стратегією...» та «...найбільш привабливою стратегією виступає стратегія, яка веде до монопольного становища компанії на певному ринку або сегменті ринку...». Автор наголошує також, що управління ланцюгами поставок постійно ускладнюється, а це потребує використання нових технологій і програмного забезпечення для автоматизації все більшої кількості виконуваних операцій і вирішуваних завдань. Рішення, які виносяться в управлінні ланцюгами поставок, залежать від значної кількості аспектів, які в сукупності являють собою практично унікальне управлінське завдання.

При цьому зацікавленими сторонами стають усі учасники ланцюга доставки і навіть суспільство. Застосуванню теорії зацікавлених сторін, чи стейкхолдерів приділено чимало уваги у вітчизняній та іноземній науковій літературі. Так, С. Попов та Л. Фоміна [162] визначають, що теорія стейкхолдерів – це теорія особливої моделі компанії, яка певним чином інтерпретує її як соціально відповідальний інститут сучасного суспільства. Дж. Пост, Л. Престон та С. Сакс у своїй, уже класичній, праці [136] зазначають, що цільова функція стейкхолдерського менеджменту – це оптимізація збільшення багатства організації за рахунок соціальної відповідальності. Розвитком теорії

стейкхолдерів стала концепція загальних цінностей Портера - Крамера, яка увібрала в себе все найкраще з теорії стейкхолдерів, теорії корпоративної соціальної відповідальності та суто економічних принципів розвитку комерційних підприємств, що реалізуються в підвищенні конкурентоспроможності конкретної компанії і одночасному поліпшенні економічних та соціальних умов існування тих конкретних спільнот, у яких вона застосовується.

На практиці неефективність використання вантажних ємностей, порушення графіка доставки та необхідних умов транспортування, а також неправильне комплектування рейсів здебільшого пояснюються низьким рівнем організації системи доставки вантажів авіаперевізником. Вирішення цієї проблеми стосується не лише авіаційного перевізника, оскільки для досягнення результату необхідна синхронізація роботи авіаперевізника та аеропорту, а також усіх інших учасників логістичного ланцюга доставки вантажів.

Існує необхідність у збільшенні інвестування в логістичні центри, період окупності яких повинен становити до 5 років, а учасники логістичного ланцюга доставки вантажів мають повірити й переконатися що сучасна техніка значно поліпшує процес доставки. Відсутність комплексної державної програми у сфері автоматизації та інформатизації також негативно впливає на транспортний процес.

Аналізуючи поняття «оптимізація» та її значення на прикладах від простого до складного, слід звернути увагу на такі ключові моменти. Саме слово «оптимізація» означає здійснення меншої кількості дій з більшим результатом. Для вирішення завдання логістичного управління авіакомпанією слід її розглядати як складну систему. Потрібно виявити всі взаємозв'язки та наслідки прийняття того чи іншого рішення – як по вертикалі (за часом), так і по горизонталі (з огляду впливу на результати діяльності інших функціональних підрозділів авіакомпанії або інших підприємств у логістичному ланцюзі обслуговування).

Мережа доставки вантажів авіаперевізника може розглядатися як власний конвеєр ліній вантажопотоків, тому важливо синхронізувати прямування

вантажопотоків, що дає загальний ефект синергії. Потoki генеруються в пунктах відправлення, після чого об'єднуються та роз'єднуються за певними критеріями у вузловому (хабовому) аеропорту.

Для того, щоб управляти вантажопотоком авіакомпанії на мережі повітряних ліній, необхідно спрогнозувати вантажопотоки. Виходячи з практичного досвіду авіаперевізників та загальноприйнятих підходів пропонується застосовувати чотири типи прогнозування: на один рік – базовий довгостроковий прогноз; на три місяці – квартал; на один місяць – короткостроковий прогноз; на один тиждень – понадкороткостроковий, або оперативний прогноз. Оперативне прогнозування здійснюється після того, як не виконуються певні планові показники. Тобто, якщо при аналізі певних планових показників виявляється відхилення в будь-який бік, це є сигналом що здійснений прогноз актуальний і його потрібно переглядати.

При прогнозуванні беруть до уваги вантажопотоки за всією географією польотів нового рейсу, вартість нових вантажопотоків, ринковий обсяг – це те, що пропонує ринок взагалі. Проаналізувавши практичний досвід авіаперевізників, було виявлено, що оцінюється й зовнішня інформація, а саме: доступні тарифи за певними напрямками, а також історичні тарифи на тій чи іншій території, в тому числі й на конкуруючі види транспорту. Є історична мережа повітряних ліній (ПЛ) та історичні вантажопотоки, тобто ті вантажопотоки, які формуються за рахунок вантажів, що постійно перевозяться авіакомпанією певної номенклатури та обсягу, за сформованою тарифною сіткою. На нових вантажопотоках мають прогнозуватися всі ці складові за тим самим принципом.

При прогнозуванні вантажопотоків автор пропонує розподіляти вантажопотоки на історичні, тобто ті, які вже сформовані та нові. Тобто управління вантажопотоком на мережі ПЛ полягає в комплексному управлінні історичними та новими вантажопотоками, а також в управлінні їхньої динамічної комбінації на визначеній мережі ПЛ. Очевидно, що при визначенні недоцільності обслуговування історичних вантажопотоків може бути відмова від них. Якщо ж збільшуються вантажопотоки, то можна збільшувати й частотність рейсів. Але слід пам'ятати про те, що більшість рейсів мережевого авіаперевізника є

пасажирськими, і доцільність збільшення частотності рейсів слід розглядати передусім із цих позицій.

По перше, пропонується планувати вантажопотік на існуючій мережі ПЛ за пунктами мережі. Існує дві площини планування вантажопотоку щодо заповнення ємності повітряного судна – час і ціна. Ще один важливий фактор – наявність вільної вантажної ємності. Отже, вантажна ємність – це константа, а змінними виступають вантажопотоки з різних маршрутів, якими й заповнюється ця ємність.

За умови, якщо здійснює свою операційну діяльність перевізник point-to-point аналізуються потоки виключно на прямий рейс. Якщо ж аналізується робота мережевого перевізника, то розглядається район тяжіння за всією географією, по якій він виконує польоти. Наприклад, у мережевого авіаперевізника є 200 пунктів, куди він виконує рейси, тому аналізуються усі 200 пунктів.

Аналіз вантажопотоків має здійснюватися на підставі історичної картини та ринкових даних, наприклад, за ВВП, наявністю конкурентів, обсягами та структурою перевезень їхніх вантажів. Однозначної відповіді такий аналіз не дає, але він показує наявність вантажопотоків та можливості їх залучення на рейси авіаперевізника. При аналізі визначається, чому той чи інший перевізник не обслуговує певні вантажопотоки. Причинами цього може бути те, що конкуренти пропонують нижчі тарифи, або зручніш розклад та стикування, наявні проблеми перевізника з перевалкою або і митницею тощо.

У прогнозі аналізуються й інші джерела. Є внутрішні дані авіаперевізника, за якими планується флот, обсяги перевезень, стикування, використання вантажних складів аеропортів. Зовнішні дані враховують конкурентне середовище, при цьому оцінюються дані глобальних дистрибуційних систем, показники міністерства транспорту та інших спеціалізованих міністерств кожної країни, перевізників, дані аеропортів тощо.

Далі при прогнозуванні вантажопотоків слід об'єднати історичні та ринкові дані. При цьому всередині має бути здійснена сегментація – на блочний продаж перевезення, гарантовані обсяги генеральних агентів, а також інші, зовнішні, дані щодо тих вантажопотоків, які перевізник теоретично може перевозити. Усе це

екстраполюється на мережу авіаперевізника та отримується набір ймовірностей наявності вантажу на кожен рейс, який потім оптимізується.

Має бути ретельно проаналізована множина ймовірностей усіх варіантів, щоб знайти найбільш оптимальний варіант з точки зору максимізації дохідності, а з іншого боку - максимізувати можливість заповнення вільних вантажних ємностей. Таким чином, аналізуючи всі варіанти, визначають глибину продажу вантажних ємностей. Максимальна глибина продажу, за якою здійснює розрахунки мережевий авіаперевізник, як правило, не більша одного року, тоді як робоча глибина продажів становить 3 місяці, а пікова – 1 тиждень. Потрібно зіставити не тільки наявність вантажопотоку, а й сезонність продажу, а саме - визначити скільки в середньому викуповується вантажної ємності за певний період.

Відповідно виявляють оперативний та довгостроковий потоки. Співвідношення цих потоків на кожному напрямку і навіть на кожному рейсі буде унікальним. За вантажами є визначене планування, але воно ведеться для того, щоб визначити план. Для цього необхідно взяти всі нові рейси, порівняти стикування, побудувати модель ймовірних перевезень, зіставивши з історичними даними, ринковими зовнішніми даними; усе це зводять до моделі, відповідним чином визначаючи тарифи.

Особливості роботи мереженого перевізника в тому, що кожний пункт ПЛ даватиме свої варіанти. Якщо відкривається один пункт ПЛ, то разом з ним з'являється ще 10 - разом 11 нових пунктів. Обслуговування вантажопотоку має розглядатися на всьому ланцюгу від його виникнення до загасання. При роботі на мережі мережевий авіаперевізник повинен раціонально та всебічно розвивати всю мережу ПЛ.

Оптимізація маршруту перевезення вантажів здійснюється шляхом вибору оптимально вантажу з наявних з точки зору даного рейсу, а також раціоналізації та всебічного розвитку всієї мережі ПЛ.

Було встановлено, що при прогнозуванні має бути забезпечено процес синтезу кількісних та якісних методів прогнозування шляхом реалізації

універсальних алгоритмів та схем прогнозування вантажопотоків на маршруті. На основі загальної теорії циклів автор побудував таблицю факторного впливу при різних видах прогнозування (табл. 1.7).

Таблиця 1.7 – Факторний вплив при різних видах прогнозування
(систематизовано автором)

Вид прогнозу	Характеристика	Методи прогнозування
Довгостроковий	Довготермінові тренди щодо технологічного забезпечення, фактори впливу на господарчу активність	Метод ковзних середніх, оцінювання тренду, статистичні дані, векторна авторегресія
Середньостроковий	Домінація факторів циклічного характеру та сезонних змін	Метод середніх, сезонний підхід, концепція розривів Ансоффа
Короткостроковий	Значний вплив непередбачуваних чи важкопрогнозованих у довготривалому чи середньо - тривалому вимірі подій	Метод Дельфі, побудова сценаріїв, прогноз за аналогією, композитні прогнози

Так, для довгострокового прогнозування характерні загальні довготермінові тренди досліджуваного ряду, які визначаються технологічними змінами, а також факторами, що впливають на активність, загальний розвиток ринку та окремих перевізників. При середньостроковому прогнозуванні переважатимуть циклічні фактори та сезонні зміни. При короткостроковому прогнозуванні вирішальна роль має відводитися швидкому та адекватному реагуванню на непередбачувані чи важкопрогнозовані в довготривалому чи середньотривалому вимірі події.

При довгостроковому прогнозі мають бути використані методи ковзних середніх, оцінка тренду, статистичні дані, векторна авторегресія. При середньостроковому прогнозі слід використати методи середніх, сезонний підхід, концепцію розривів Ансоффа. При короткостроковому прогнозі слід застосувати Метод Дельфі, побудову сценаріїв, прогноз за аналогією, композитні прогнози.

1.4. Дослідження проблем моделювання мереж авіакомпаній у наукових дослідженнях

Проблемам моделювання мереж присвячено 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 і А. Кона, У. Деріга, С. Фрідеріха і С. Шефера, С. Альмура і Б. Кара та А. Кіммза.

Спираючись на розробки Дж. Бонді й Ю. Марті [108] та М. Ньюмана, А.-Л. Барабасі, Д. Уотса [131], Х. Фрідріха [197], можна стверджувати, що головні дослідники теорії графів моделювання мереж авіакомпаній вважають, що мережа аеропортів має формувати вершини, а дугами повинні виступити маршрути між відповідними аеропортами. Вагами в мережах повинні бути операційні витрати або обсяги перевезень.

Цікавий підхід М. Алдериджи, А. Ченто, П. Нейкампа, П. Рейтвелда [104], які застосовують концепцію аналізування соціальних мереж для вимірювання форми мережі авіаліній. На неврахуванні глобальної структури та мережевого ефекту в загальній мережі аеропортів при моделюванні мереж авіакомпаній у теорії графів наголошували Т. Опсахла, Ф. Агнессенаба та Дж. Сквореца [134]. Зосередження мережевого авіаперевізника на певних хабах та врахування цього в моделюванні мереж авіакомпаній наголошували А. Шольц і Дж. ван Коссел [141] та Дж. Бургхаут [110].

Реалізації завдань планування мережевих авіаперевезень, маршрутизації обслуговування та планування естафет екіпажів присвячено наукову працю С. Шена [140]. Реалізація послідовного моделювання мереж авіакомпаній розглядається в праці С. Бархарта й А. Кона [107]. Наукові праці У. Деріга, С. Фрідеріха і С. Шефера [116] та С. Шена [139] стосуються моделювання вантажних потоків. У дослідженні С. Альмура і Б. Кара [105] йдеться про проблему визначення хабового аеропорту. У своїй науковій праці А. Кіммз

наголошує на недостовірності врахування ефекту масштабу при моделюванні мереж авіакомпаній [127].

Проблемами планування мереж авіаперевізників займалися також Т. Бунекамп [109], Дж. Бургаут та Р. Редонді [111], Х. Матсумото та ін. [130], М. Алдерігі та ін. [104], Д. Джилен [120], Т. Грубесик [122], А. Лафайе [128], М. О'Келлі [133].

Про реалізацію стратегії управління потенціалом у сфері управління доходами авіаперевізника на мережі йдеться в науковій праці Дж. Ван Ризіна та Дж. Вулкано [144]. Ці вчені скомбінували маршрути та класи обслуговування. Причому, запит продукту приймається лише в тому разі, якщо відповідний віртуальний клас доступний на кожному необхідному ресурсі. Особливості запропонованої авторами моделі: її безперервність, можливість обчислювати градієнти з простою та ефективною рекурсією, а оптимізація на основі симуляції є обчислювальною. Крім того, на основі ряду розрахунків, які використовують реальні мережі авіаперевізників, автори виявили, що запропонований метод є швидшим і забезпечує значне підвищення продуктивності створеної за допомогою евристичних схем віртуалізації.

Цікавою є наукова праця Р. Зені [148], у якій автор зосереджує увагу на аналізі системи управління доходами авіаперевізника. Це була одна з перших праць, присвячених цій проблемі; слід сказати про її практичну цінність, адже її автор був керівником цього напрямку в авіакомпанії US Airways, яка виступає об'єктом дослідження.

У науковій праці К. Таллурі [143] автор зазначає, що більшість динамічних моделей управління доходом поділяють період продажу на обмежену кількість періодів і припускають, що за допомогою градації часу протягом кожного періоду відображається максимум один запит на бронювання. Ці припущення, на думку автора, обмежують мінливість попиту в моделі. Тому було запропоновано вважати, що оцінка дискретної кінцевої періодичної моделі являє собою проблеми невизначеності та нестабільності. Для протидії цим явищам запропоновано альтернативну модель з обмеженою кількістю населення, яка уникає цієї

проблеми фіксації часу, завдяки чому створюється ширший діапазон розподілів попиту, при збереженні корисних маржинальних властивостей моделі кінцевого періоду.

Працівники кафедри промислової інженерії та досліджень операцій Колумбійського університету США Дж. Галлего, Дж. Іенгар, Р. Філліпс, А. Дубі у своєму технічному звіті [118] запропонували детерміністичну модель лінійного програмування на основі вибору для управління доходами мережі авіаперевізника. Автори сконцентрували увагу на ситуаціях можливого вибору постачальником маршруту рейсу та часу його виконання для забезпечення обслуговування попиту, що має вагоме значення для вирішення проблем управління доходами мережі авіаперевізника загалом.

Як зазначають у своїй праці В. Луркін, Л. Гарроу, М. Хіггінс, Дж. Ньюман та М. Шинс [129], моделі планування мереж, які прогнозують рентабельність авіакомпаній, підтримують багато критичних рішень, включаючи рішення щодо придбання обладнання. При цьому моделі планування мереж включають модель вибору маршруту, яка використовується для розподілу загального попиту на різних маршрутах. Проте автори наголошують на тому, що вони не виявили адекватних моделей вибору маршруту, які узгоджуються з тими, які використовує промисловість, і виправляють ендогенність цін за допомогою функції управління, яка використовує кілька типів інструментальних змінних. Зазначено, що моделі, які не враховують цінової ендогенності, переоцінюють вартість часу покупців та призводять до хибної оцінки цін і неправильних рекомендацій щодо ціноутворення.

Наукова праця Ф. Хейніца, М. Хіршбергера та С. Верстата [123] стосується моделювання наземних вантажних перевезень вантажів в інтермодальному сполученні та альтернативи авіаційним перевезенням як складової загального концептуального підходу. Відмітними рисами цього підходу є значна складність, а діапазон модельних виходів дає можливість порівнювати дані реального світу та існуючі моделі дискретного вибору на рівні аеропорту. На підставі цього, як зазначають автори, можна перевірити сценарії розроблення стратегічних

рекомендацій щодо соціально оптимального поділу автомобільно-авіаційної складової. Потенційні сфери застосування запропонованої моделі включають оцінку майбутніх розмірів ринків інтермодального сполучення, розширення доступу до автотранспортної інфраструктури в країнах, що розвиваються, розміщення нових дорожньо-повітряних терміналів.

Предметом наукової праці Дж. Ржесни-Чеплінської та М. Вах-Клосковської [138] є презентація нетрадиційного способу організації перевезень вантажів повітряним транспортом, що забезпечує його привабливість для всіх учасників транспортного процесу. Результати дослідження показують рішення, що включає в себе перевезення вантажу (за замовленням авіакомпаній) з регіональних аеропортів до основних вантажних аеропортів, а потім транспортування вантажів.

У статті Ф. Хейніца та П. Мейнчке [124] запропоновано опис створення програмного забезпечення для маршрутизації повітряних перевезень вантажів. Цей програмний модуль визначено як невід'ємний компонент багатонаціональної моделі взаємодії між попитом та пропозицією повітряних вантажів. Призначення цієї моделі полягає в аналізі та прогнозуванні потоків авіаперевезень у глобальному масштабі. Всебічний аналіз варіантів маршрутів є найважливішою складовою для максимально точного встановлення обсягів авіаперевезень мережах в режимі реального часу. Запропоноване авторами моделювання стосується вантажних «альянсів» та підмереж, які визначені певними угодами про співпрацю. Було розроблено типологію маршрутів, а також методологію для подальшого формування вибору. Продемонстровано, яким чином необхідно звертатися до відповідних просторово-часових варіантів маршрутизації вантажів у межах максимального діапазону стратегій коригування, одночасно зберігаючи зручність керування обчислювальними параметрами.

У науковій праці Х. Чернга-Чвана та С. Гуо-Чоу [114] встановлено, що попит на авіаперевезення є важливим аспектом операції при плануванні аеропортів. Автори відзначають, що більшість існуючих досліджень у цій галузі включають у себе лише геоелекономічні характеристики аеропортів та їх віддалених територій як пояснювальні змінні. Автори розробили гравітаційну модель потоків повітряних

вантажів, у яку вони намагалися включити більше чинників, які можуть вплинути на міжнародні потоки повітряних вантажів в аеропорту. Модель розроблено на підставі даних вантажних авіаперевезень на регулярних маршрутах у міжнародному аеропорту «Тайвань – Таоюань». Результати показують, що населення, вартість авіаперевезень та три фіктивних змінні, включаючи неформальне партнерство між Гонконгом, Макао, Тайванем та материковою частиною Китаю, угоди про відкрите небо та давні колоніальні зв'язки є ключовими чинниками, які визначають міжнародні потоки повітряних перевезень вантажів з Тайваню та у Тайвань.

Маршрутизація флоту та планування польотів, як зазначають С. Ян зі співавторами, у [173], мають важливе значення для рентабельності перевізника, рівня обслуговування та конкурентоспроможності його на ринку. Автори розробили інтегровану модель планування, яка поєднує в собі планування пасажирських, вантажних і комбінаційних польотів. Метою була максимізація операційного прибутку за умови відповідних операційних обмежень. Було здійснено технології потокового з'єднання для побудови моделі, яка має включати в себе кілька потоків флоту літаків перевізника, пасажирських потоків та мереж обслуговування вантажів. Модель сформульована як цілочисленне багатопрограмне споживання товарної мережі, яке характеризується NP-складністю. Для вирішення моделі запропоновано сімейство евристики на основі лагранжевої релаксації, субградієнтний метод, а також алгоритм складання потоку. Результати числових експериментів показують хорошу продуктивність моделі та алгоритми рішення.

Дослідження, яке провели С. Хотл, М. Кастілло, Л. Гарроу та М. Хігінс [125], дає змогу оцінити реакцію клієнтів на строки купівлі та невизначеність цін, які зумовлені цими термінами. Змодельовано кількість пошуків (і покупок) для конкретних дат пошуку та відправлення з використанням інструментальної змінної підходу, який коригує цінову ендогенність. Результати показують, що поведінка пошуку та покупки коливається залежно від пошукового дня тижня, днів від вильоту, найнижчих запропонованих тарифів, варіювання найнижчих запропонованих тарифів на конкурентів та відстань на ринках. Кількість запитів

споживачів збільшується незадовго до кінцевого терміну попередньої покупки. Перерозподіл попиту має значні практичні наслідки, оскільки більшість систем управління доходами та планування прийняття рішень не враховують часу.

Проведений всебічний аналіз проблем моделювання мереж авіакомпаній, дає можливість стверджувати, що не виявлено завдань управління вантажопотоком авіакомпанії, за якими можна було б оперативно враховувати невизначеності інформації та ризики зменшення попиту на послуги мережевого авіаперевізника.

Отже, не було виявлено дієвих інструментів, за допомогою яких забезпечувалася реалізація системи управління вантажопотоками мережевого авіаційного перевізника на засадах логістики.

Висновки до розділу 1

1. У результаті дослідження особливостей функціонування мережевих авіаперевізників на цільових ринках встановлено збільшення частки транзитних вантажів, що дало можливість цим компаніям здійснювати ефективніше використання ємностей на розгалуженій мережі та вдосконалити власну існуючу тарифну політику.

2. При дослідженні теоретико-методичних засад оптимізації вантажопотоків на мережі авіаліній виявлено, що найвагомішим інструментом у конкурентній боротьбі в авіаперевізника стає формування додаткової вартості й цінності авіаперевезення вантажу для споживача. За результатами проведеного теоретичного аналізу досліджень уточнено поняття «управління вантажопотоками» як діяльність, спрямовану на формування вантажопотоків суб'єктом перевезення та створення оптимального плану їх доставки. Також дано визначення поняття «управління вантажопотоками мережевого авіаперевізника» як діяльність, спрямована на формування та обслуговування вантажопотоків авіакомпанії та на їх оптимальний розподіл на мережі авіаліній з реалізацією ряду управлінських завдань, а саме: управління попитом, структурою тоннажу, ціною, терміном та глибиною продажу, мережею, контрактами, а також коефіцієнтом комерційного завантаження.

3. Необхідність входження авіаперевезень до загального логістичного ланцюга доставки вантажів потребує високої динаміки, швидкості в прийнятті рішень, якісного багатфакторного планування й моделювання зміни дохідних ставок залежно від завантаження. Визначено передумови управління вантажопотоками мережевого авіаперевізника на засадах логістики, що включає в себе елементи теорії ощадливої логістики, клієнтоорієнтованості, теорії стейкхолдерів тощо.

4. Мережа доставки вантажів може розглядатися як власний конвеєр ліній вантажопотоків, тому важливо синхронізувати прямування вантажопотоків, що дає ефект синергії. Потоки генеруються в пунктах відправлення, об'єднуються та роз'єднуються в хабовому аеропорту. Визначено теоретичні засади прогнозування вантажопотоків на мережі авіаліній. Було встановлено, що мають бути здійснені процеси синтезу кількісних та якісних методів прогнозування шляхом реалізації універсальних алгоритмів та схем прогнозування вантажопотоків на маршруті. На основі загальної теорії циклів автор побудував в таблицю факторного впливу при різних видах прогнозування.

5. За узагальненими науковими дослідженнями та практичними розробками, щодо вирішення проблеми управління вантажопотоками не виявлено дієвих інструментів, які забезпечували б реалізацію системи управління вантажопотоками мережевого авіаперевізника на засадах логістики.

Основні положення цього розділу відображені в публікаціях автора [4; 10; 12; 13; 17; 22].

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВАНТАЖОПОТОКАМИ МЕРЕЖЕВОГО АВІАПЕРЕВІЗНИКА

2.1. Виявлення закономірностей формування вантажопотоків мережевого авіаперевізника

Упродовж останніх п'яти років темпи зростання світового ВВП були в межах 2,4-2,7% щороку. Проте, в діяльності мережевих перевізників на світовому ринку регулярних перевезень відбувалися кардинальні зміни [189–195, 198, 199]. На рис. 2.1 показано доходи від перевезення вантажів, які накладені на динаміку зміни вантажообігу. Аналізуючи дані рисунка можемо стверджувати таке: вантажообіг змінювався надзвичайно хаотично й чіткої тенденції в цьому не виявлено; доходи від перевезень вантажів, починаючи з 2015 року, стали суттєво зменшуватися і лише 2017 року стабілізувалися, дещо збільшившись. Остання обставина і є надзвичайно цікавою (природу її появи проаналізуємо далі).

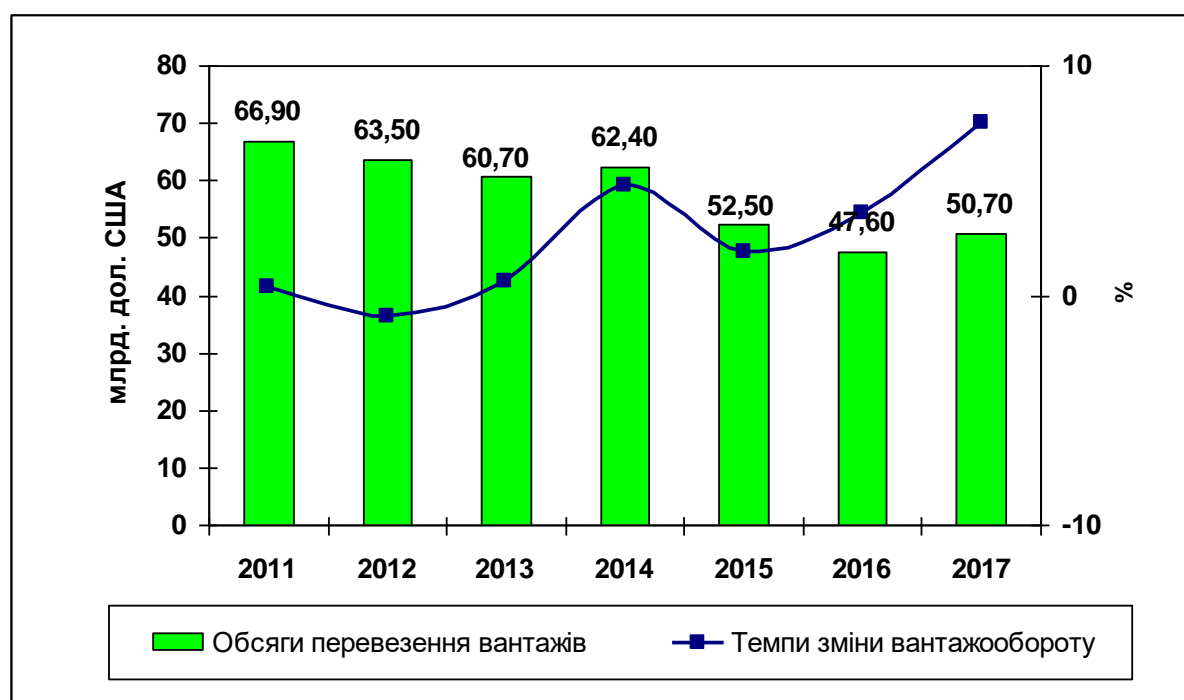


Рисунок 2.1 – Доходи від перевезень вантажів регулярними авіаперевізниками та темпи зміни вантажообігу у 2011–2017 рр.

(розроблено автором за [198; 199])

Проаналізуємо обсяги перевезення вантажів, які накладені на динаміку зміни світового ВВП. З рис. 1.2. видно, що обсяги вантажних перевезень за останні три роки зростали так само, як і стабільно зростав світовий ВВП. А отже, з огляду на спільний аналіз рис. 2.1 та 2.2, можна стверджувати, що зменшилися доходи від перевезення однієї тонни вантажу.

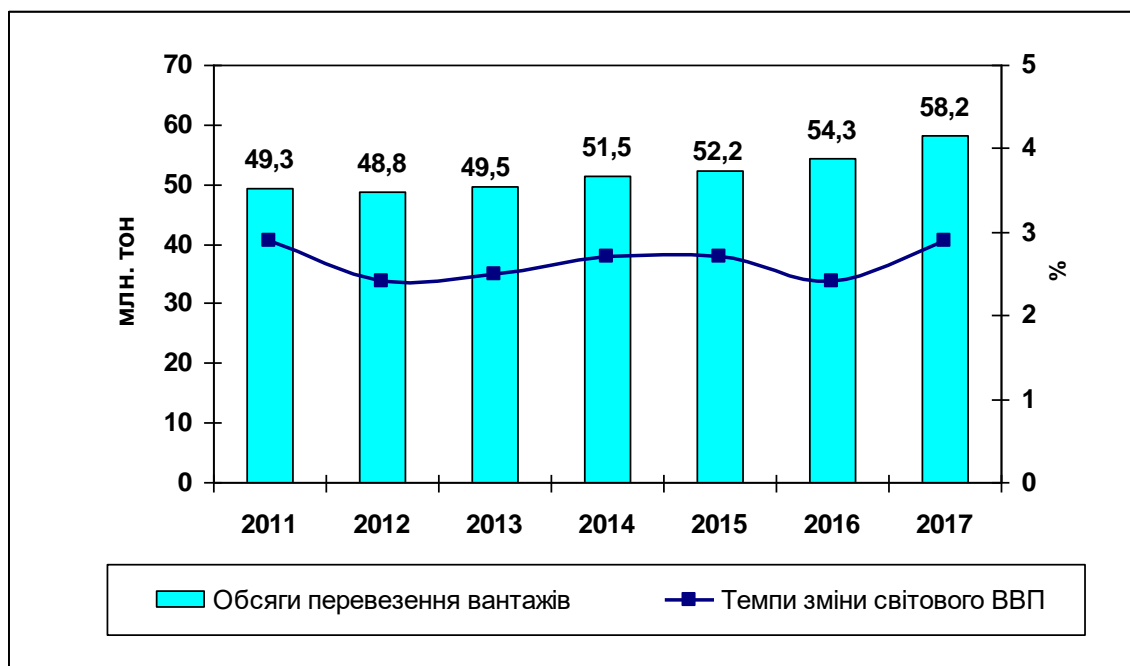


Рисунок 2.2 – Обсяги перевезень вантажів регулярними авіаперевізниками та темпи зміни світового ВВП у 2011–2017 рр.
(розроблено автором за [198; 199])

Потім аналізуємо такий цікавий показник, як yield, тобто дохідність. На рис. 2.3 наведено дохідність від перевезення пасажирів та вантажів. На підставі даних рисунка можемо стверджувати, що цей показник надзвичайно сильно зменшився за останні три роки. Так, у 2015 році падіння дохідності становило 17,4%, у 2016 році цей показник ще зменшився на 12,5%, порівняно з 2014 роком. Це також є ще одним підтвердженням того, що доходи від перевезення одиниці вантажу зменшилися. В цьому випадку йдеться про зменшення дохідності на 1 т-км та 1 пас-км [198; 199].

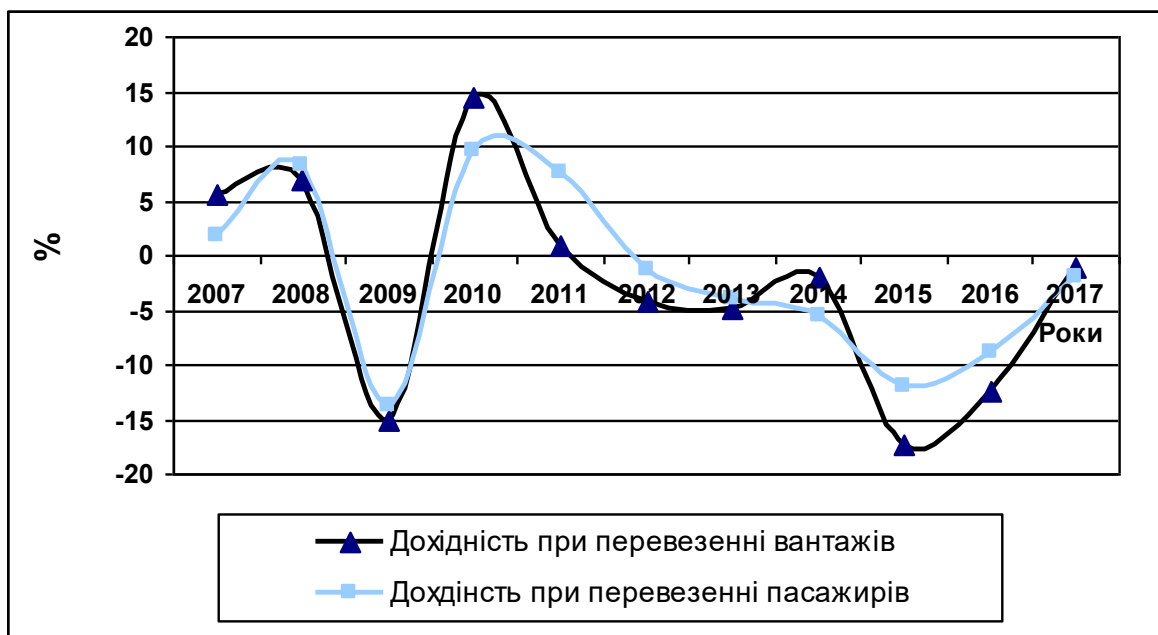


Рисунок 2.3 – Доходність при перевезенні вантажів та пасажирів регулярними авіаперевізниками у 2007–2017 рр. (розроблено автором за [198; 199])

Із сировини найвпливовішим фактором все ж є пальне, вартість якого найчастіше становить більше половини собівартості авіаперевезення. Останнім часом частка в операційних витратах на рейс авіаційного керосину зменшується через здешевлення нафти на світових ринках. Відомо, що ціна на авіаційний керосин в усьому світі безпосередньо залежить від позиції нафти на міжнародній біржі. Аналізуючи дані, наведені на рис. 2.4, можна стверджувати, що не було чіткої тенденції зміни ціни на авіаційний керосин за останні 5 років. Якщо 2012 року ціна на авіаційний керосин була в межах 3 дол. США за один галон, то надалі вона була майже сталою, в межах 2,7–3 дол. США за один галон, упродовж 2013-2014 років [198; 199].

Наприкінці 2014 року відбулося стрімке падіння ціни на авіаційний керосин, до 1,5 дол. США за один галон у січні 2015 року. Потім цей ключовий ресурс для авіаційної галузі подешевшав до 0,93 дол. США за один галон (січень 2016 року), проте, вже починаючи з того часу, він незмінно дорожчав і на вересень 2017 року досяг показника 1,8 дол. США за один галон [198; 199].

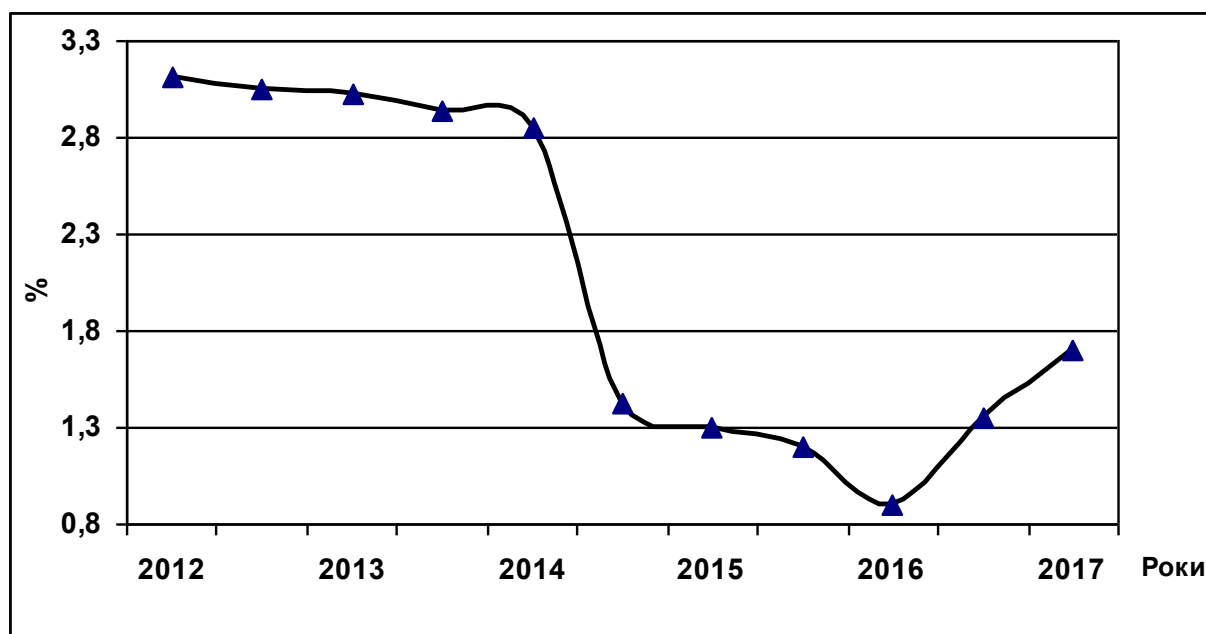


Рисунок 2.4 – Ціна на авіаційне пальне у 2012–2017 рр.
(розроблено автором за [198; 199])

Але в Україні, з причини монополізації ринку, вартість керосину миттєво реагує в бік подорожчання, і коли на біржі ціна нафти падає, ціна не зменшується. Постачальники пояснюють це попередньою закупівлею запасів сировини. Таким чином, міжнародні регулятори досить часто не поширюються в Україні, яка перебуває в ціновому вакуумі. Саме тому авіаперевізники, які виконують рейси до/з України, максимально намагаються користуватися іноземним паливом. Ціна авіаційного пального на світових ринках не однакова, найдешевше воно, як правило, в країнах, які активно видобувають нафту – у регіонах Близького Сходу та Азійсько-Тихоокеанського регіону [198; 199].

Оскільки локальних об'ємів, м'яко кажучи, не достатньо для побудови регулярних вантажопотоків, останнім часом хабові трансферні авіаперевізники почали збільшувати частку транзитних вантажів з перевалкою в локальному аеропорті. Це дало можливість завантажувати ємності на розгалуженій мережі та вдосконалювати існуючу тарифну політику. Однак на заваді виникли інші фактори впливу.

Останнім часом гостро негативно впливають державні служби й регуляторна політика. Наприкінці 2015 року митниця в аеропорту «Бориспіль» майже

зупинила проходження вантажів, особливо це стосується таких торгівельних напрямків як Стамбул, Пекін, Нью-Йорк та Делі. Як результат, вантажі стали накопичуватись на транзитних складах, перевізники отримали не заплановані порожні ємності. Але кульмінаційним став момент, коли вантажі отримали дозвіл на транспортування.

Брак ємностей на той час спричинив розкомплектування вантажів і розподіл їх малими частинами на довгий графік. Це призвело до невиконання авіаперевізниками заявлених обов'язків, падіння довіри до транзиту через Україну, псування частини вантажів, переорієнтування ланцюгів постачання.

Законодавча база України взагалі морально застаріла. Бюрократичні перепони й зайве оформлення гальмують не лише трансферні вантажопотоки, а й локальний ринок вантажів. Для прикладу, формально легше перевезти вантаж за маршрутом Єреван – Варшава – Дніпро ніж Єреван – Київ – Дніпро, оскільки процедура локального перевезення імпортованих вантажів не вдосконалювалася, ще з часів Радянського Союзу.

Ще одним не менш вагомим фактором впливу є технологічність та актуальність процедур обслуговування вантажів в аеропортах. Без сумніву, авіація – самий найвимогливіший вид транспорту. Вона залежить не лише від якості повітряного судна, а більшою мірою, від досконалості аеропорту, якості вантажних терміналів, не кажучи вже про необхідність існування їх як одиниці, процедур і графіків обслуговування імпорту/експорту, технологічності логістичного ланцюга й рівня автоматизації.

Інколи складається враження, що прогрес у галузі вантажоперевезень оминув Україну стороною. Якщо аеропорт «Бориспіль» ще намагається відповідати міжнародним стандартам, то інші міжнародні аеропорти України вже давно зупинились у розвитку, що призводить до неможливості нарощувати тоннаж і якісно планувати графіки перевезень.

Усе це потребує не лише тривалої й кропіткої праці на майбутнє, а й суттєвих інвестувань. Україна не готова ні до першого, ні до другого. А отже й з боку перевізників актуальність удосконалення ПС втрачає сенс. Звідси й низький

рівень палетування на літаках, практично відсутність виключно вантажного флоту, відсутність спецтехніки, технологічних авіаційних розподільних логістичних центрів і т. д. Останнім часом також спостерігається скорочення вантажообігу в Україні, що спричинено падінням обсягів імпорту.

Дослідження, проведені IATA, засвідчують, що нині авіація об'єднує людей, транспортує життєво важливі ліки пацієнтам, які потребують допомоги, і полегшує обмін досвідом та ідеями, а також підтримує торгівлю та надає підприємствам доступ до глобальних ринків. Отже, авіація спирається на ту цінність, яка створена нашим глобалізованим світом. Повітряний транспорт забезпечує значний приріст економічного розвитку, при цьому постійно збільшуючи загальну кількість унікальних маршрутів, щоб забезпечити потік товарів, капіталу, технологій та ідей [193].

Як зазначено в дослідженнях Boeing [198–200] авіакомпанії, що обслуговують фрахтувальників, виробляють 90% загального обсягу доходів авіаперевезень. Слід завжди пам'ятати, що, незважаючи на те, що на авіаперевезення припадає менше ніж 1% загальносвітових обсягів перевезень, вони формують майже 35% вартості світової торгівлі. Висока вартість зумовлює те, що авіаперевезення є критичним для обслуговування ринків, які потребують швидкості та надійності для транспортування товарів. Найцінніші вантажі, включаючи комп'ютерну техніку, машини та електротехнічне обладнання, становлять найбільшу частку обсягу тоннажу в повітряному просторі.

Протягом наступних 15 років, при поступовому зростанні світового ВВП експерти Boeing прогнозують те, що світовий попит потребуватиме все цінніші товарів, а отже ціна на одну тонну доставленої продукції по всьому світу невинно зростатиме. У зв'язку з цим збільшиться відсоток торгівлі, який обслуговується повітряним транспортом. Авіаперевезення залишається домінуючим у транспортуванні найбільш високоцінних товарів, для яких ключовим фактором є чинник часу, а також швидкопсувні вантажі [198–200].

Хоча зростання авіаційного ринку останніми роками було суперечливим, загальний глобальний вантажний обсяг повітряних вантажів зростає досить

стабільно. Підвищення світового промислового виробництва та світової торгівлі зумовило зростання попиту на послуги вантажних перевезень, яке в 2016 році становило 3,6 % і тривало чотири роки. Ця тенденція прискорилась у 2017 році. Різниця в ціноутворенні між контейнерними перевезеннями та повітряними повернулася до історичних трендів, що зробило авіаційні вантажні перевезення більш привабливим варіантом для вантажовідправників [180–185].

Реструктуризація мереж логістики для обслуговування швидко зростаючої індустрії електронної комерції потребує також унікальних можливостей, які забезпечує доставка вантажів повітряним транспортом, а отже, виникають нові перспективи для зростання авіаційного ринку. Активне використання пасажирських літаків зі збільшеною вантажопідйомністю, таких як Boeing 777-300ER, також сприяє розвитку ринку авіаперевезень [180–185].

Оскільки глобальний ВВП і світова торгівля продовжують зростати, прогнозується, що протягом наступних 20 років щорічний обсяг поставок повітряних вантажів, що вимірюється в дохідних тонно-кілометрах, становитиме 4,2%. Світовий обсяг авіаперевезень, незважаючи на зовнішні чинники від економічних та політичних подій та стихійних лих, протягом останніх трьох з половиною десятиліть збільшився в середньому на 5,2% за рік. Заміна старіючих літаків, а також вимог зростання галузі створить попит на 2480 вантажних літаків протягом наступних 20 років, з яких 1560 - це будуть перероблені пасажирські літаки, а решта 920 літаків, вартістю 260 млрд дол. США, будуть новими. Загальний вантажний флот збільшиться більш ніж наполовину – з 1810 літаків у 2016 році до 3030 до 2036 року [180–185].

На рис. 2.5 показано доходи від перевезень вантажів різними типами авіаперевізників. Так, 40,21% доходів, або 33,7 млрд дол. США, отримують експрес-перевізники; 39,5% доходів, або 33,1 млрд дол. США – перевізники комбінованими літаками; по 10,15% доходів отримали перевізники суто вантажними та суто пасажирськими літаками [198–200].

Як зазначають експерти Boeing [180–185], суто вантажні літаки особливо добре підходять для транспортування високоцінних вантажів, оскільки вони

забезпечують висококонтрольований процес доставки, пряму маршрутизацію, надійність та унікальні можливості щодо об'ємно-масових характеристик. Завдяки суттєвим перевагам суто вантажних літаків їхні оператори пропонують вищу вартість за послуги, при цьому не боячись втратити вантажну клієнтуру. Авіакомпанії, які експлуатують вантажні літаки, мають майже 90% доходів від загальних доходів вантажних авіаперевезень, і цей відсоток залишається відносно постійним. Експерти Boeing також зазначають, що більше половини вантажних авіаперевезень вантажів здійснюється на суто вантажних літаках.

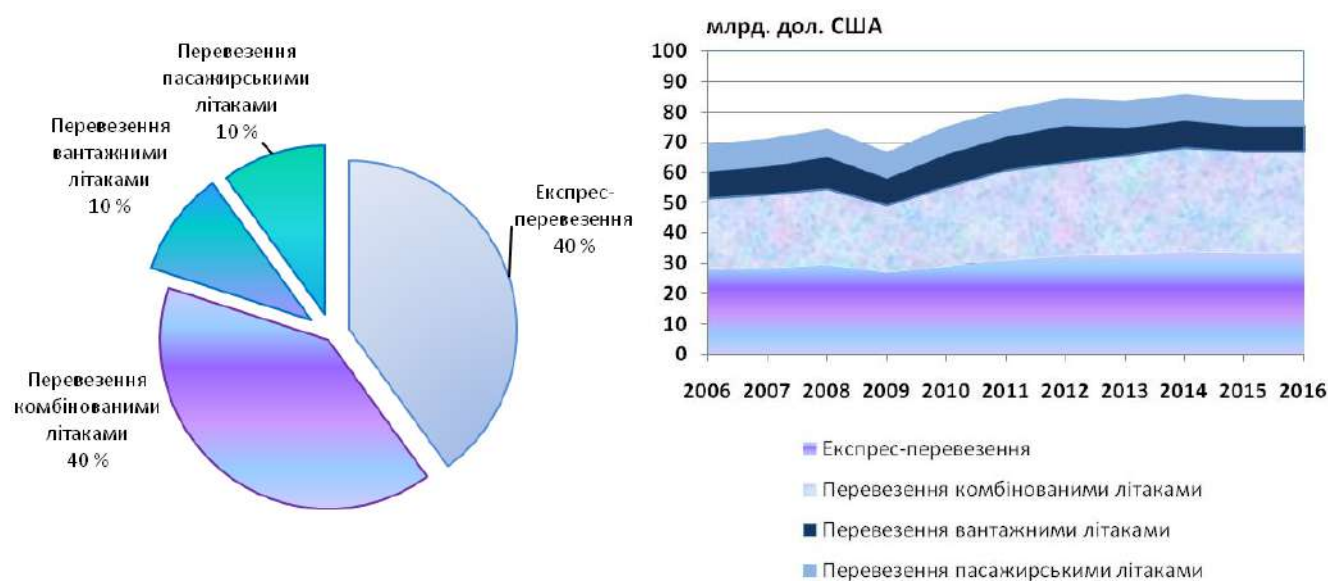


Рисунок 2.5 – Доходи від перевезень вантажів різними типами авіаперевізників (складено автором на основі [180–185])

Незважаючи на активне використання нових пасажирських літаків зі збільшеною вантажопідйомністю, суттєво не вплинуло на частку перевезень вантажними літаками. Частка вантажів, що перевозяться на суто вантажних літаках, залишається високою на ринках по всьому світу, особливо на двох найбільших торговельних шляхах у світі: Азія – Північна Америка та Азія – Європа, де понад 70% загальних обсягів перевезень авіатранспортом припадає на суто вантажні перевезення [180–185, 198 – 200].

Щоб виявити закономірності формування вантажопотоків мережеских авіаперевізників, детально проаналізуємо структуру вантажопотоків за регіонами світу на основі статистичної звітності [180–185].

Основу вантажопотоку між Європою та Північною Америкою становлять наступні категорії: продукція машинобудування та електричне обладнання, документи й невеликі пакунки, хімічні речовини та супутні товари, комп'ютери, офісне, комунікаційне та професійне обладнання (рис. 2.6) [185].



Рисунок 2.6 – Структура авіаційного вантажопотоку за категоріями на напрямку Європа – Північна Америка, % (джерело [185])

У східному напрямку, з Північної Америки до Європи, основу вантажопотоку становлять хімічні вироби та супутні товари, техніка та електрообладнання, комп'ютери, офісне, комунікаційне та професійне обладнання, метали та металеві вироби [185].

На рис 2.7 наведено структуру вантажопотоку за категоріями на напрямку Північна Америка – Південна Америка. Основу вантажопотоку з Південної Америки до Північної становлять квіти, риба, фрукти та овочі, невеликі пакунки та вантажі. У зворотному напрямку доставляються невеликі пакети та вантажі промислове обладнання, електрообладнання та прилади, інша спеціалізована техніка, комп'ютери, хімічні речовини, телефони та інші товари [185].

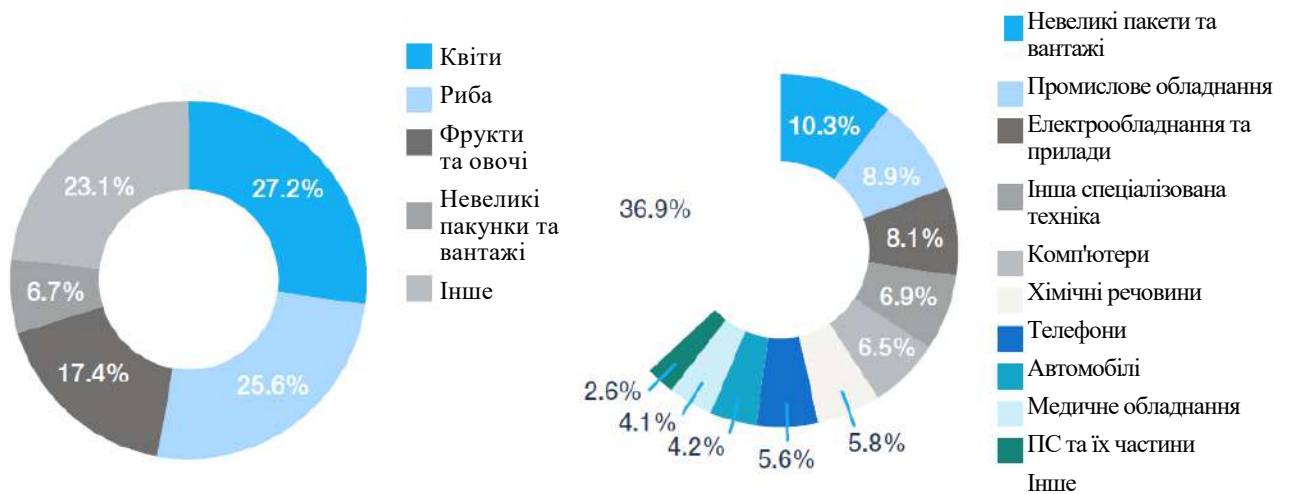


Рисунок 2.7 – Структура авіаційного вантажопотоку за категоріями на напрямку Північна Америка – Південна Америка, % (джерело [185])

На напрямок Північна Америка – Південна Америка припадає 2,2% світового авіаційного вантажообігу в тонно-кілометрах і 2,5% за тоннажем. Цей ринок збільшився на 4,3% у 2017 році. Сполучені Штати є основним північноамериканським торговельним партнером Латинської Америки, на них припадає 94% регіонального імпорту з Північної Америки та 90% регіонального експорту до Північної Америки [185].

Варто відзначити суттєву неоднорідність вантажопотоків у прямому та зворотному напрямку між Південною та Північною Америкою. Із Латинської Америки основу потоку складають швидкопсувні вантажі, а у зворотному переважає високотехнологічне обладнання. Цей нюанс вимагає врахування при створенні аеропортових та мультимодальних вантажних логістичних комплексів, із визначенням їх специфіки [185].

На рис 2.8 показано структуру вантажопотоку за категоріями на напрямку Азія – Північна Америка. Проведений аналіз дає змогу стверджувати, що основу вантажопотоку із Азії до Північної Америки становлять історично чотири позиції – комп'ютери, офісне, комунікаційне та професійне обладнання, техніка та електрообладнання, текстиль, шкіра та одяг, документи та невеликі пакунки, що забезпечують майже $\frac{3}{4}$ усього вантажопотоку. Із Північної Америки до Азії

прямують хімічні речовини та супутні товари, техніка та електричне обладнання, рослинні та тваринні продукти, документи та невеликі пакунки, офісне та комунікаційне обладнання. Експорт азіатських товарів до Північної Америки збільшився у 2017 році. Вантажопотік одягу зріс на 14,1%, а вантажопотік машин і електрообладнання – на 19,4% [185].



Рисунок 2.8 – Структура авіаційного вантажопотоку за категоріями на напрямку Азія – Північна Америка, % (джерело [185])

На рис 2.9 наведено структуру вантажопотоку за категоріями на напрямку Європа – Азія. Із Європи до Азії доставляється головним чином техніка та електричне обладнання, комп'ютери, офісне та комунікаційне обладнання, а також хімічні речовини та супутні товари. Крім цього у номенклатурі вантажів представлені документи і невеликі пакунки [185].

Із Азії до Європи понад половину вантажопотоку становлять продукція техніка та електричне обладнання, комп'ютери, офісне та комунікаційне обладнання. Значний обсяг доставки в обох напрямках швидкопсувних вантажів – рибних продуктів, м'яса, фруктів, квітів. Ринок Європа – Азія становить приблизно 20,3% світового повітряного вантажообігу за тоннокілометражем і 10,1% за загальним тоннажем [185].

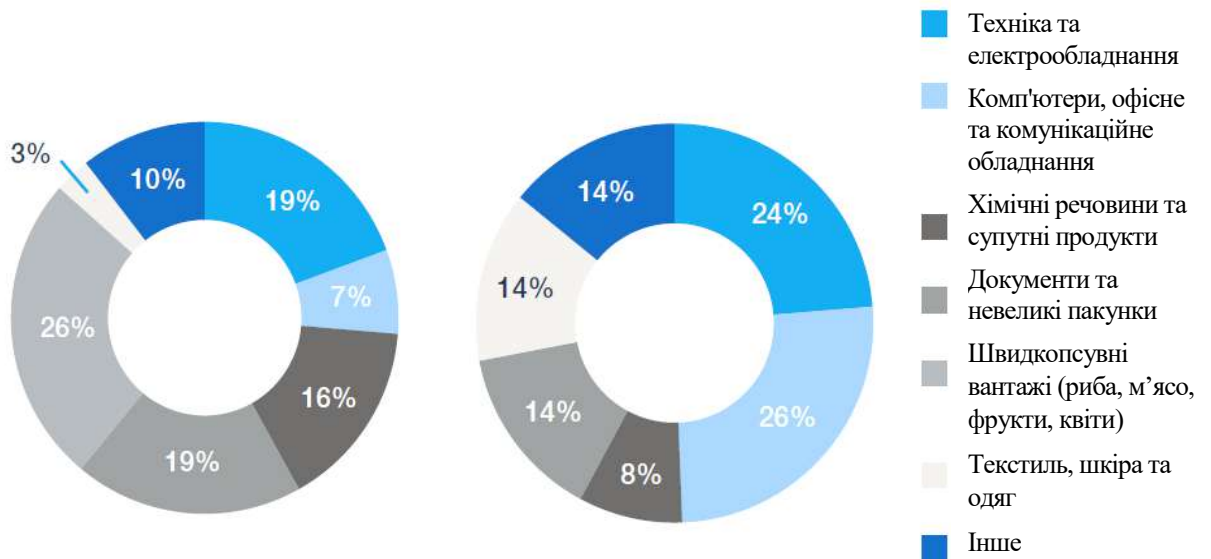


Рисунок 2.9 – Структура авіаційного вантажопотоку за категоріями на напрямку Європа – Азія, % (джерело [185])

Останніми роками вітчизняна авіаційна галузь пережила важкі часи, які вже закінчуються. Проте цього не можна сказати про авіаційні перевезення вантажів та пошти. Показники їх перевезення й надалі залишаються на рівні 2016 року і навіть трохи зменшуються. Цій тенденції є свої пояснення: значне переорієнтування авіаційних вантажних потоків на інші, набагато дешевші, види транспорту, а також суттєве зменшення потоків національних перевізників, яке пов'язане з банкрутством флагмана вітчизняного ринку – авіакомпанії «Аеросвіт» наприкінці 2012 року.

Якщо аналізувати історичні значення, то помітимо, що за останні 5 років обсяги перевезених вантажів вітчизняними авіаперевізниками скоротилися на 48,3 тис. тонн у річному вимірі, або майже на 40% (табл. 2.1). Надзвичайно скоротилися обсяги авіаційних перевезень вантажів на регулярних лініях – майже вдвічі. Все це зумовлено не лише чинниками останніх трьох років, значно вплинули на цей процес і переорієнтація вантажовласників на дешевші види транспорту [161, 170].

Аналізуючи дані щодо обсягів перевезень вантажів та тарифів колишнього лідера вітчизняного авіаційного ринку – авіакомпанії «Аеросвіт» за 2008–2012 роки [164] слід звернути увагу на ряд ключових тенденцій.

Таблиця 2.1 – Обсяги перевезень вантажів та пошти вітчизняними авіаперевізниками за 2012–2017 рр.

Показник	Одиниці виміру	Роки											
		Усього,						в т.ч. міжнародні					
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Перевезено вантажів та пошти	тис. тонн	122,6	99,2	78,7	70,6	74,3	82,8	122,0	98,8	78,2	70,2	74,1	82,6
в т.ч. на регулярних рейсах	тис. тонн	26,5	15,2	10,9	13,8	14,3	19,2	26,1	14,8	10,6	13,5	14,1	18,9
Виконані тонно-кілометри (вантажі та пошта)	млн. ткм	363,1	273,1	239,3	218,5	226,4	275,3	362,8	272,9	238,9	218,3	226,2	275,2
в т.ч. на регулярних рейсах	млн. ткм	83,4	24,3	30,4	39,6	45,3	70,5	83,1	24,1	30,2	39,5	45,2	70,4

Усього за цей період було здійснено понад 65 тис. відправлень, з яких нами були відібрані відправлення між містами Алмати, Київ, Нью-Йорк, Пекін та Тбілісі. Вибірка становила близько 14 тис. відправлень. Обсяги перевезень авіакомпанії «Аеросвіт» між містами Алмати, Київ, Нью-Йорк, Пекін та Тбілісі за 2008-2012 роки за тижнями наведені на рис. 2.10.

Найбільші обсяги перевезень були на напрямку Київ – Нью-Йорк, проте більшість цих вантажів у зворотному напрямку перевозилася за тарифом 2–2,5 дол. США/кг, тоді як на прямому рейсі певна кількість вантажів доставлялася за тарифами від 3 до 6 дол. США/кг. Це пояснюється різними вантажопотоками. Кінцеві тарифи авіакомпанії «Аеросвіт» перевезення вантажу між Алмати, Київ, Нью-Йорк, Пекін та Тбілісі за 2008–2012 роки за тижнями наведені на рис. 2.11.

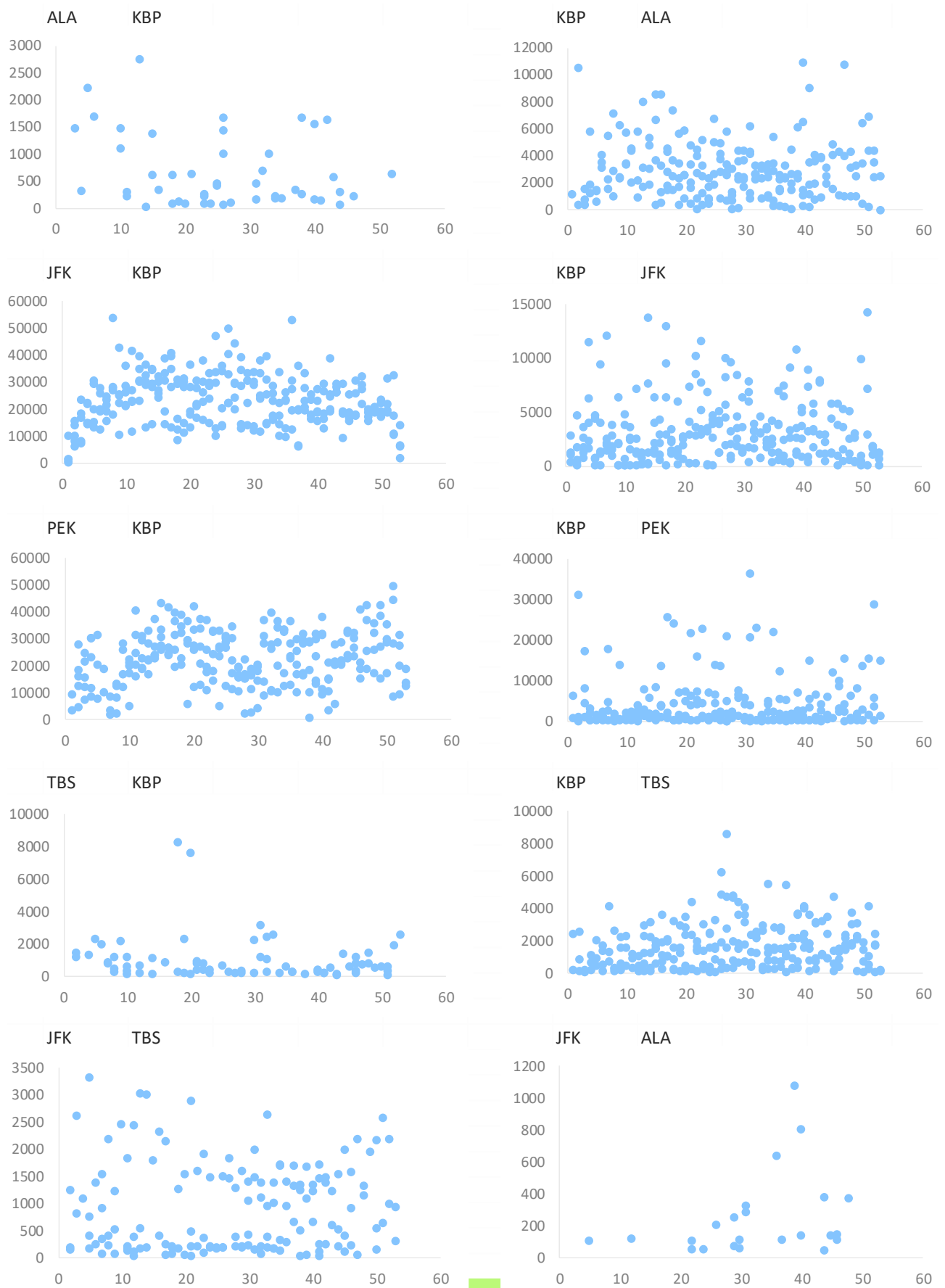


Рисунок 2.10 – Обсяги перевезень авіакомпанії «Аеросвіт» між містами Алмати, Київ, Нью-Йорк, Пекін і Тбілісі за 2008–2012 роки за тижнями, кг (джерело [164])

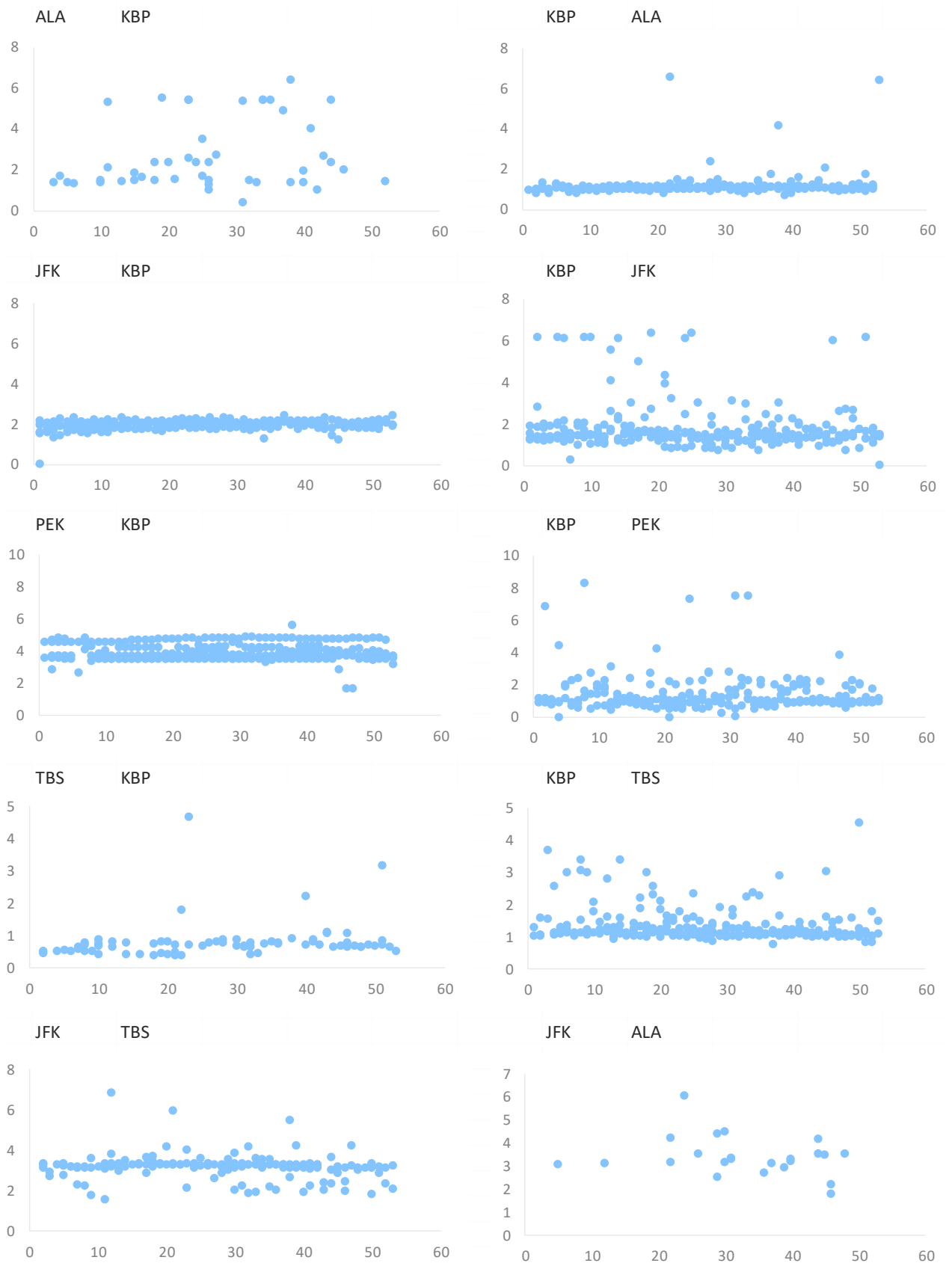


Рисунок 2.11 – Тарифи авіакомпанії «Аеросвіт» перевезення вантажу між містами Алмати, Київ, Нью-Йорк, Пекін і Тбілісі за 2008–2012 роки за тижнями, дол. США/кг (джерело [164])

Значна розбіжність у тарифах має місце і на напрямку Київ-Пекін, оскільки тариф на прямому рейсі становить 1,5–2 дол. США/кг, тоді як на зворотному – 4-5 дол. США/кг. Значно більше вантажів перевозиться за напрямком Київ-Алмати, тоді як на рейсі Алмати – Київ вантажопотік незначний. Тарифи за напрямком Київ-Алмати коливаються в межах 1,5–2 дол. США/кг, тоді як у зворотному напрямку вони дещо вищі – від 2 до 6 дол. США/кг. Значно більшим є вантажопотік та тариф перевезення за напрямком Київ – Тбілісі в прямому сполученні, ніж у зворотному.

Як зазначено Державіаслужбою України [170], більша частина перевезень вантажів та пошти авіаперевізниками України – це перевезення чартерними рейсами в інших країнах у рамках гуманітарних та миротворчих програм ООН, а також за контрактами з іншими іноземними замовниками. Тобто більшість перевезень вантажів вітчизні авіаперевізники здійснюють між третіми країнами. Майже 83% загальних обсягів у 2017 році виконано ДП «Антонов», авіакомпаніями «Міжнародні авіалінії України», «ЗетАвіа», «Максімум Еірлайнс», «Урга» та «Європа Ейр».

Проаналізувавши загальну структуру авіаперевезень лідера вітчизняного ринку авіаперевезень – авіакомпанії «Міжнародні авіалінії України» за 2017 рік, можна стверджувати, що перевезення нею вантажів та пошти займають 6,12 та 0,99% відповідно [56, 165–168] (рис. 2.12). Хоча перевезення вантажів і не є її основним завданням, вона приділяє їм значну увагу саме через пошук нових можливостей в управлінні власним вантажопотоком, не в останню чергу, бачить заповідки власної успішності.

З аналізу даних, представлених на рис. 2.13 та в Додатку Б, видно, що авіакомпанія «Міжнародні авіалінії України» пережила непрості часи. Саме на 2014 рік припав найбільш критичний період її існування, що характеризувався надзвичайними збитками.

Починаючи з 2015 року, авіаперевізник поступово почав пристосовуватися до нових умов існування й оптимізувавши свою діяльність, зміг мінімізувати операційні витрати у 2015 році до можливого мінімуму. При цьому загальний

збиток становив 504,92 млн грн., що є також суттєвим значенням, хоча й у понад 3,4 рази менше, ніж 2014 року.

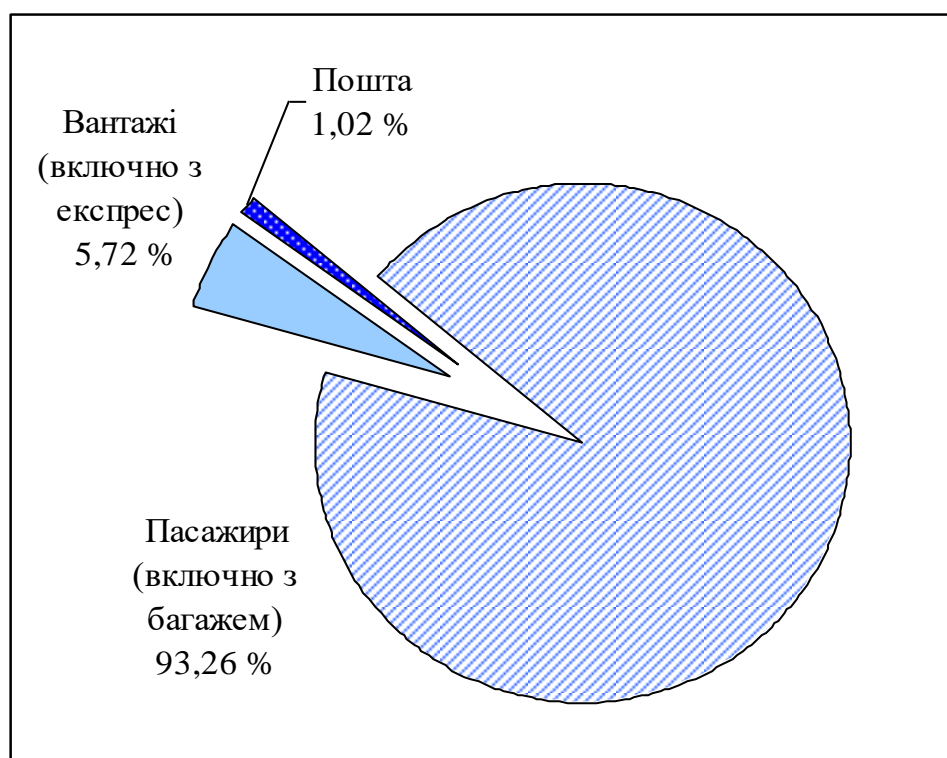


Рисунок 2.12 – Структура авіап перевезень авіакомпанії «МАУ» за 2017 рік (складено автором на основі [56, 165–168])

Наступний, 2016 рік, авіакомпанія «Міжнародні авіалінії України» нарешті закінчила з позитивним значенням операційного прибутку, що становив 31,2 млн. грн., тоді як чистий прибуток обчислювався вже 387,89 млн грн. Проте в 2017 році авіап перевізник знову отримав збитки за результатами операційного року діяльності.

Щоб вирішити задачі управління вантажопотоком авіакомпанії, слід спочатку визначити види вантажопотоків, які обслуговує авіакомпанія. Як визначає О. Маликов [59], вантажопотік – це кількість вантажів, що переміщується з одного пункту в другий за рік.

Вантажопотоком автор називає також процес направлено переміщення об'єктів з одного пункту простору в другий. При цьому можуть бути змінені параметри вантажопотоку.

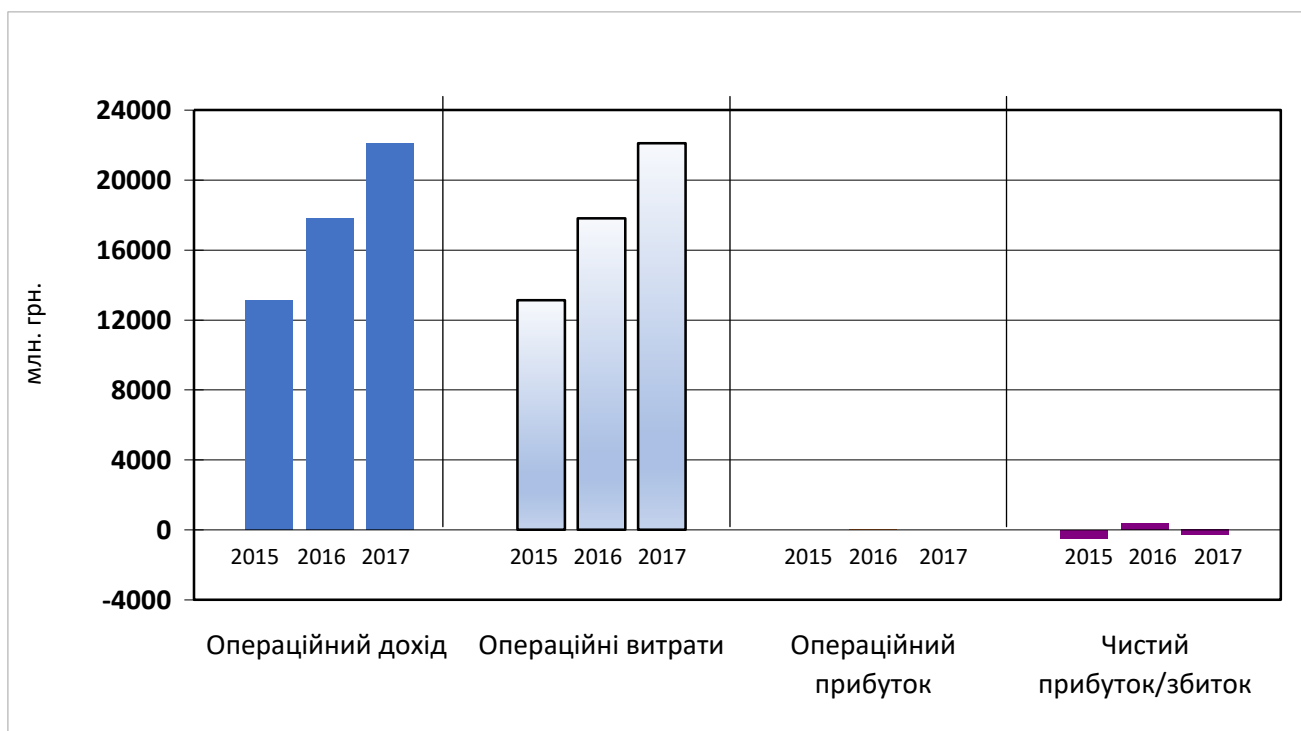


Рисунок 2.13 – Фінансові показники авіакомпанії «МАУ» за 2015-2017 рр.
(складено автором на основі [56, 165–168])

За характером вантажопотік може бути: безперервний або циклічний (пульсуючий); такий, який розходиться або сходиться; може мати розвиток, бути таким що зароджується; затухаючим; транзитним; зовнішнім; внутрішнім.

Науковець А. Багімов вантажні потоки класифікує так [151]:

- за видами переміщуваних вантажних відправлень:
 - дрібні, малотоннажні, вагонні, групові, маршрутні, коносаментних і суднові партії і т. д.;
 - за родом переміщуваного вантажу залежно від приналежності до тієї чи номенклатурної групи;
 - за видами сполучення:
 - юнімодальні, мультимодальні, амодальні, змішані, комбіновані та ін.

У табл. 2.2 наведено визначені нами види вантажів та вантажопотоків, що обслуговуються авіакомпанією, за класифікаційними ознаками та подано їхню характеристику.

Таблиця 2.2 – Види вантажопотоків та вантажів, що обслуговуються авіакомпанією (удосконалено автором на основі [151])

№ з/п	Ознаки класифікації	Види вантажів та вантажопотоків	Характеристики вантажів та вантажопотоків
1	За мережею	Вантажопотік на власній мережі Вантажопотік інтерлайн	Вантажі, що перевозяться виключно власними рейсами авіакомпанії Вантажі що перевозяться рейсами двох та більше авіакомпаній (власна мережа, потім мережі партнерів або мережа партнерів, а потім власна мережа)
2	За гарантованістю тоннажу	Гарантований потік Екстраординарний потік	Вантажопотік, на який сплачене бронювання тоннажу Вантажопотік, що виникає понад сплачене бронювання тоннажу
3	За видом вантажу	Генеральний вантаж Спеціальний вантаж	Звичайний вантаж, який не потребує спеціальних умов транспортування Вантаж, що має специфічні властивості, внаслідок чого потребує спеціальних умов транспортування, зокрема: – небезпечні вантажі (які допускаються до перевезення пасажирськими ПС); – швидкопсувні вантажі; – живі тварини; – коштовні вантажі; – людські останки; – великовагові вантажі (від 150 кг до перевищення навантаження на підлогу) тощо згідно з правилами перевезення вантажів
4	За швидкістю доставки	Звичайні вантажі Експрес-вантажі	Вантажі, строк доставки яких визначається розкладом руху повітряних суден та часом на оброблення в аеропорту Вантажі з визначеним гарантованим часом доставки
5	За терміновістю відправлень	Терміновий Нетерміновий	Вантаж, відправлення якого чекати не можна Вантаж, який може чекати на відправлення на складі
6	За новизною вантажопотоку	Історичний вантажопотік Новий вантажопотік	Постійний вантажопотік авіакомпанії, наявність постійних замовників Вантажопотік, який за прогнозами авіакомпанії може бути залучений на повітряні лінії
7	За часом залучення вантажопотоку	Оперативний вантажопотік Довгостроковий вантажопотік	Оперативний вантажопотік, який бронюють незадовго до виконання рейсу Довгостроковий вантажопотік, який бронюють заздалегідь

Закінчення таблиці 2.2

8	За наявністю засобів пакування	Непакетований вантажопотік Пакетований вантажопотік	Вантаж навалом, поштучне завантаження вантажних місць Завантаження в засобах пакування ULD: у палетах; у контейнерах
9	За напрямом перевезення	Прямий Трансферний авіа Трансферний інтермодальний	Вантаж, що перевозиться одним авіарейсом Вантаж, що перевозиться двома та більше авіарейсами Вантаж, що перевозиться декількома видами транспорту, включаючи авіап перевезення
10	За дохідністю вантажу	Низькодохідний Середньодохідний Високодохідний	Вантаж, що має дохідність менше ніж 1 дол. США / кг Вантаж, що має дохідність від 1 до 10 дол. США / кг Вантаж, що має дохідність понад 10 дол. США / кг
11	За тарифними ваговими категоріями	До 45 кг Понад 45 кг Понад 100 кг Понад 250 кг Понад 500 кг Понад 1000 кг Понад 2000 кг	Застосовуються нормальні вантажні тарифи Застосовуються кількісні вантажні тарифи
12.	За розмірами партій вантажу	0 – 0,1 т 0,1 – 5 т 5 – 15 т 15 – 40 т 40 – 100 т Понад 100 тн	Перевозиться як пасажирськими, так і вантажними літаками Перевозиться переважно вантажними літаками
13	За можливістю залучення	Теоретично можливий Фактичний	Потенційний вантажопотік, що знаходиться в районі тягіння мережі повітряних ліній авіакомпанії і який може бути по ній перевезений Наявний вантажопотік
14.	За можливістю оплати	Платоспроможний Неплатоспроможний	Вантажопотік, який має фінансові ресурси для перевезення повітряним транспортом Вантажопотік, який не має фінансових ресурсів для перевезення повітряним транспортом

З урахуванням класифікації вантажопотоків можна зробити висновки про вантажопотік, придатний для обслуговування. Вантажопотік, придатний для обслуговування – це упорядкована сукупність вантажних одиниць і вантажних партій, готових для перевезення, в тому числі з урахуванням вимог повітряного

транспорту, з урахуванням комерційної взаємодії авіаперевізників, та учасників логістичного ланцюга.

Обмеженням для обслуговування вантажопотоку виступає ємність повітряного судна – максимально можливий вантаж, який здатне перевезти повітряне судно даним рейсом на ділянці. Також будемо розглядати вантажопотік ланцюга доставки, тобто вантаж, який доставляється за участю авіакомпаній-партнерів. На різних ділянках ланцюга доставки можлива наявність вантажопотоків, що обслуговуються власними силами, силами авіакомпаній-партнерів, конкурентами та іншими видами транспорту.

Обслуговування вантажопотоків потребує розгляду можливостей його перевезення з урахуванням таких факторів:

- наявність платоспроможного попиту;
- наявність технічних можливостей його перевезення;
- приналежність вантажопотоку;
- економічне обґрунтування доцільності його перевезення повітряним транспортом;
- вигідність цього потоку для авіакомпанії;
- заповнюваність вантажних ємностей.

Логістичні потоки проходять різні етапи, які забезпечуються відповідними процесами. Процеси на кожному етапі руху логістичних потоків виконуються різними за видами діяльності та ієрархічними структурами. До таких структур належать логістичні підрозділи підприємств-постачальників ресурсів і послуг та логістичні підрозділи авіакомпанії, які виступають ланками логістичних ланцюгів. Система логістичного забезпечення авіакомпанії як ланка такого ланцюга являє собою самостійну структуру, неподільну, але структуровану єдність підрозділів, які виконують функції формування й забезпечення трансформування логістичного потоку у зв'язку з іншими системами логістичного ланцюга. Схему руху вантажопотоку по мережі авіаліній авіакомпанії подано на рис. 2.14. На ній видно, що систему продажу формують власна система, агентський продаж та продаж через глобальні системи дистрибуції вантажів.

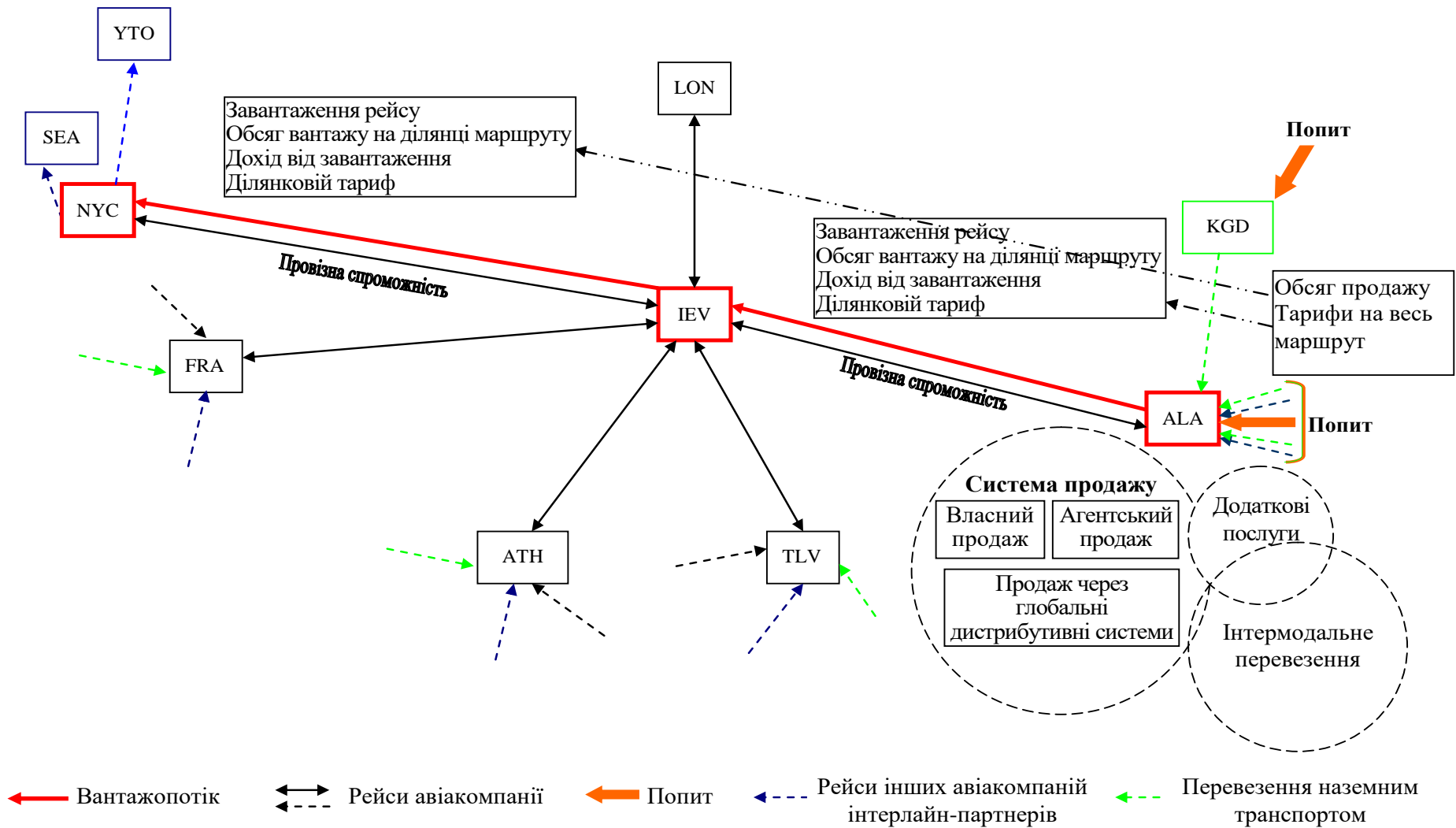


Рисунок 2.14 – Схема руху вантажопотоку по мережі авіаліній авіакомпанії
(розроблено автором)

Крім цього існує можливість надання в аеропорту початку рейсу інтермодального перевезення, для чого організуються спеціальні наземні поставки (в аналізованому випадку з м. Караганда). До того ж можна використовувати мережу інших авіаперевізників (у нашому прикладі на маршруті Нью-Йорк-Сіетл та Нью-Йорк-Торонто). Наземні перевізники, взаємодіючи з авіаперевізниками, організують обслуговування ланцюгів постачань товарів і генерують вантажопотоки мультимодальних та інтермодальних перевезень вантажів. Особливо затребуваними авіаційні перевезення стають у взаємодії з автомобільними перевезеннями на початково-кінцевих відрізках шляху.

Тісна співпраця з авіаційним транспортом спостерігається в міжнародних експедиторів, які виходять на вищий рівень обслуговування та стають 3PL - операторами. Міжнародні експедитори часто діють, як агенти авіаційних перевізників, організуючи для своїх клієнтів мультимодальні перевезення за участю авіаційного транспорту. Авіаперевізники зацікавлені в розвитку такого співробітництва з наземними перевізниками, оскільки це приводить до зростання загального вантажопотоку по мережі повітряних ліній.

Також існує можливість отримати додаткові послуги, які визначаються не тільки можливостями вантажного перевізника, а й тими можливостями, які йому надають інші учасники ланцюга доставки, зокрема аеропорти, а також експедитори, логістичні компанії та наземні перевізники. У початковому пункті визначаються обсяг продажу й тарифи на весь маршрут, при цьому в проміжному аеропорту може бути змінено завантаження рейсу, обсяг вантажу на ділянці маршруту, визначається дохід від завантаження та ділянковий тариф.

2.2. Метод формування інтегрованих систем доставки вантажів на засадах логістики

Відповідно до здійсненого аналізу автор визначив основні стратегічні й тактичні завдання авіаперевізників (рис. 2.15). Так, у стратегічних завданнях ключовим буде зменшення витрат (собівартості) шляхом оптимізації та

технологічного удосконалення процесу в цілому, а також вибір оптимальних вантажопотоків для мережі. Крім цього, важливими будуть і додаткові сервіси, які забезпечать надійність і зручність перевезення.



Рисунок 2.15 – Основні стратегічні та тактичні завдання авіаперевізників (розроблено автором)

Тактичні завдання включатимуть побудову логіки пріоритетності вантажу й системи наскрізного обліку ємностей, технологічність процесу на всіх етапах (облік, перевалка, перевезення, зберігання), максимальне зниження собівартості перевезення без втрати якості послуги, тісне партнерство з іншими перевізниками та входження у різноманітні альянси, мінімальне залучення посередників, гібридизацію перевезень (викуп при необхідності ємностей на наземному і морському

транспорті, з метою дільничного перевезення трансферного вантажу, а також вибір оптимального флоту.

Формування інтегрованих систем доставки вантажів реалізується шляхом якісної взаємодії складових логістичного ланцюга доставки.

Декомпозицію логістичного ланцюга представлено на рис. 2.16. Етапи включають генерацію вантажопотоку, залучення (підтягування) додаткового вантажопотоку, перевезення вантажів та об'єднання й роз'єднання вантажопотоку, обслуговування вантажопотоку на ділянці мережі та перевезення вантажів на мережі.

Процеси включають пошук перевізника та логістичних послуг, продаж перевезення, надання логістичних послуг, оброблення вантажу, комплектування, зберігання та перевантаження, завантаження ПС, що виконує рейс, вантажні перевезення авіакомпанії по мережі ПЛ. Суб'єктами є вантажогенеруючі об'єкти з платоспроможним попитом, система продажу перевізника, агенти, вантажний термінал аеропорту та авіакомпанія.

Критеріями та обмеженнями виступають: наявність повітряного сполучення, вільного тоннажу та логістичних послуг; розподіл вільних вантажних ємностей за каналами продажу, тарифами та гарантуванням тоннажу або оплати, продаж перевезення, дотримання термінів оброблення, відповідність вантажопотоків пропускній спроможності вантажного терміналу; наявність обладнання, використання вантажомісткості та вантажопідйомності ПС; дотримання обмежень, оптимізація завантаження рейсів по мережі; максимізація доходів по мережі.

До показників відносять: прогноз попиту за обсягом, структурою та напрямом перевезень; прогноз обсягу логістичних послуг; види та кількість агентів; комерційні угоди; розмір блоків, тарифну сітку авіакомпанії, прорейсові ставки, штрафні санкції; термін продажу; види логістичних послуг і тарифи продажу, оцінку випадковості; пропускну спроможність вантажного терміналу за видами вантажів; вантажні характеристики ПС; вільний тоннаж на рейсі, мережу ПЛ та частоту виконання рейсів і типи ПС.

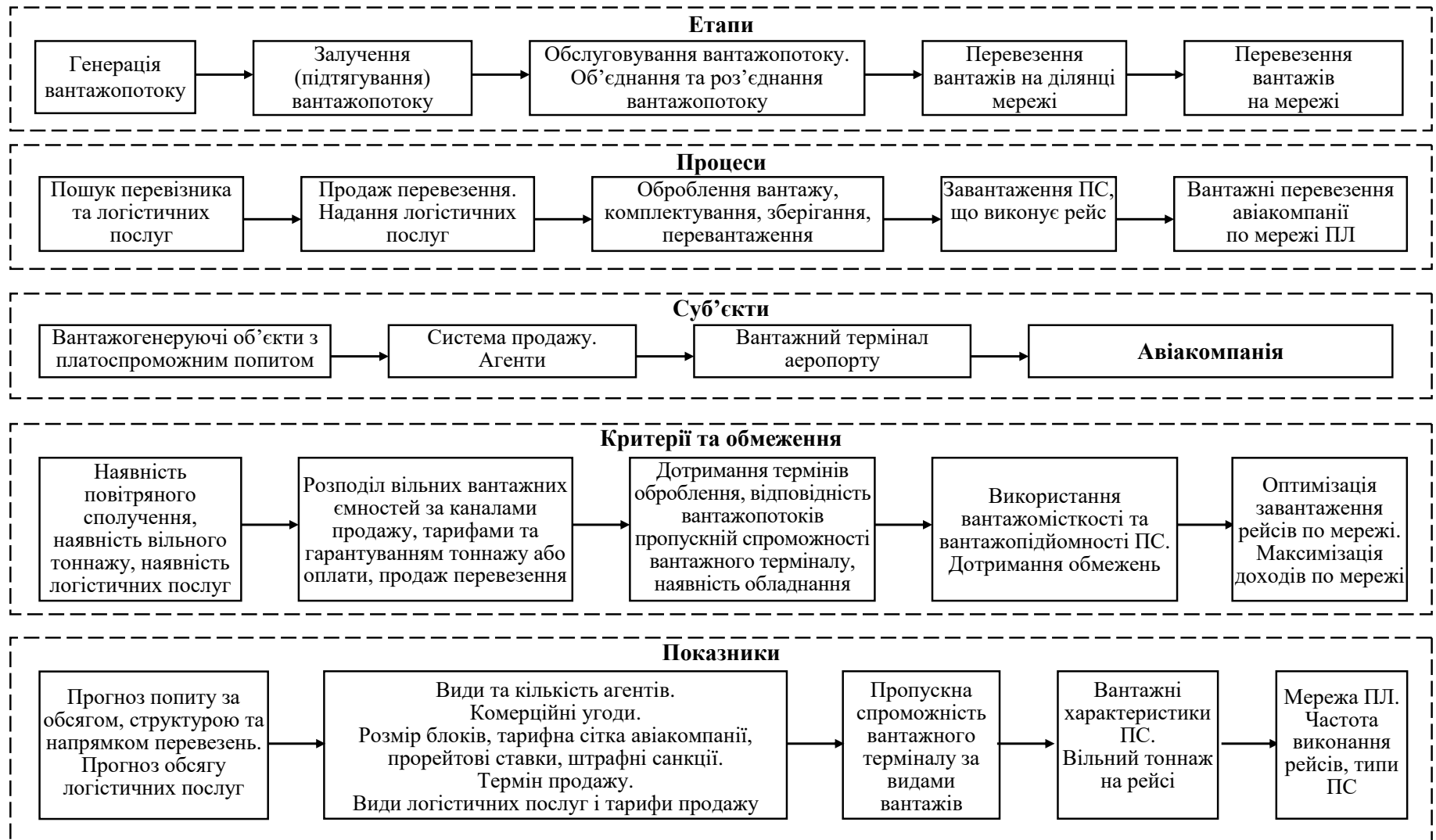


Рисунок 2.16 – Декомпозиція логістичного ланцюга авіап перевезень вантажів авіакомпанією на мережі авіаліній (розроблено автором)

Функціональні підрозділи авіакомпанії формують логістичні потоки, забезпечують їхнє трансформування (зміни) і тим самим створюють взаємопов'язаний комплекс логістичних потоків, до якого входять сервісні, матеріальні, фінансові та інформаційні потоки.

Логістичне управління системою вантажного сервісу авіакомпанії, здійснюване на основі процесно-системного підходу з використанням сукупності засобів оптимізації господарчої діяльності, відповідає вимогам логістизації економіки на всіх її рівнях.

Логістичне управління розглядає логістичну систему підприємства як інтеграцію функціональних підрозділів підприємства або інтегроване управління ланцюгом постачань, ланцюгом доставки товару (інтеграція та синхронізація процесів у ланцюгу). Має розглядатися управління ланцюгом доставки вантажу. 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.

Елементом логістичного управління вантажопотоком є управління продажем перевезень. При організації продажу вантажних ємностей окремого рейсу вся ємність, яка продається, розбивається на декілька сегментів:

1) продаж блоку тоннажу. Розрізняють твердий, м'який і змішаний види блоків. Твердий блок – гарантований викуп тоннажу за фіксованою ставкою. Розмір ставки зазвичай найнижчий. М'який блок – бронювання тоннажу з можливістю повернення його на певний час для виконання рейсу. В якості компенсації перевізнику в разі повернення тоннажу передбачені штрафні санкції. Змішаний блок – поєднання твердого та м'якого блоків. Продаж тоннажу блоками зазвичай здійснюють агенти. Авіакомпанія отримує фіксований дохід, який визначається добутком тоннажу на фіксовану тарифну ставку;

2) вільний, або екстраординарний, продаж. Авіакомпанія розміщує в одній з глобальних дистрибутивних систем тоннаж, призначений для вільного продажу та

систему тарифів. Агенти бронюють тоннаж для відправок у цій системі і користуються системою тарифів авіакомпанії;

3) власний продаж. Авіаперевізник забезпечує продаж тоннажу з використанням власних можливостей, спираючись на мережу власних представництв.

Фактори, які впливають на вантажопотік, що обслуговується на мережі повітряних ліній авіакомпанії, наведено на рис. 2.17.



Рисунок 2.17 – Фактори, що впливають на вантажопотік, що обслуговується на мережі повітряних ліній авіакомпанії (розроблено автором)

Щоб визначити доходи від перевезення вантажу застосовують тарифну сітку авіакомпанії (табл. 2.3). Тариф на перевезення вантажу не залежить від наявності трансферного перевезення. У разі наявності трансферного перевезення,

для розподілу доходу, отриманого за перевезення по всьому маршруту, між рейсами, якими виконується перевезення, використовують методику прорейту: тариф на весь маршрут розподіляють на ділянкові тарифи згідно з прорейтовими коефіцієнтами.

Таблиця 2.3 – Тарифна сітка авіакомпанії (систематизовано автором)

Тарифи	
За видом вантажу Генеральний вантаж Спеціальний вантаж	За ваговим інтервалом До 45 кг Понад 45 кг Понад 100 кг Понад 250 кг Понад 500 кг Понад 1000 кг
За терміном доставки Термінові Нетермінові	За видом блоку Блочні тарифи (твердий, м'який і змішаний блоки) Тарифи вільного продажу

Таким чином, дохід від вантажного завантаження конкретного рейсу визначатиметься як сума добутків ваги окремих категорій фактичного завантаження на ділянкові тарифи. Сумарний дохід по мережі буде визначатися сумою доходів за всіма рейсами за плановий період.

Обмеження при продажу авіаперевезень: сума проданого тоннажу на рейс не має перевищувати максимального вантажного завантаження рейсу. Залежність завантаження рейсу від тарифу наведено в табл. 2.4. При трансферному перевезенні кожен тариф має бути представлений як сума ділянкових тарифів за маршрутом перевезення вантажу.

Продаж авіаційного тоннажу блоками має свої переваги та недоліки. Це постійний та стабільний прибуток, але він не гарантує дохідності рейсу, а тільки заповнення вантажного завантаження, тобто підвищення коефіцієнта завантаження, що сприяє формуванню стійкого вантажопотоку на рейсі

авіакомпанії та збільшенню вантажопотоку на мережі повітряних ліній авіакомпанії.

Таблиця 2.4 – Залежність завантаження рейсу від тарифу (систематизовано автором)

Завантаження вантажами рейсу	Дохід авіакомпанії від перевезення вантажу на рейсі
Гарантоване завантаження	
Твердий блок, тонн	Добуток тоннажу твердого блоку на тарифну ставку твердого блоку
М'який блок Фактичний тоннаж, тонн	Добуток тоннажу м'якого блоку на тарифну ставку м'якого блоку. Штрафні платежі за повернутий тоннаж (добуток повернутого тоннажу та штрафних ставок)
Екстраординарне завантаження	
Вільний продаж у глобальній дистрибутивній системі	
Проданий тоннаж, тонн	Добуток платної ваги (ваги бруто або об'ємної ваги) вантажної партії на відповідний тариф
Завантаження по інтерлайну від авіакомпаній-партнерів Тоннаж по інтерлайну, тонн	Добуток тоннажу на прорейтову ставку
Може залишатися невикористаний тоннаж	Недоотриманий дохід

Для збільшення дохідності рейсу необхідно продавати тоннаж, що залишився, за ринковими цінами. У періоди підвищеного попиту, тобто у «високий сезон», поточні ринкові ціни значно вищі від блокових, тому авіакомпанія отримує хороший дохід від ємностей, які пущені у вільний продаж.

Комбінація блокового та вільного продажу є особливістю тарифної політики кожної авіакомпанії, й залежить від багатьох факторів: ситуації на ринку авіаційних перевезень, прогнозованості попиту, дій конкурентів та ін. Повітряні перевезення є привабливими, тоді як частка вартості доставки є відносно малою від загальної вартості вантажу.

Якщо пропозиції ємностей на ринку значно перевищують попит, то ціни та, відповідно тарифи авіакомпанії можуть знижуватися, а отже, прибутковість вантажних перевезень також може бути низькою.

Перевищення пропозиції на ринку вантажних перевезень над попитом носить назву *overscapacity* – «надлишкова ємність», що створює проблеми для авіакомпаній, особливо для немережових перевізників. Стійкість авіакомпанії в такому разі забезпечується організацією вантажопотоку по власній мережі повітряних ліній, що дає можливість підтримувати на високому рівні коефіцієнт вантажного завантаження та дохідність. Метою управління вантажопотоками є оптимізація цих двох основних показників.

З іншого боку, на кожному рейсі є граничні обмеження щодо тоннажу та об'єму вантажних відсіків, тому продаж за жорстко закріпленими або вільними поточними тарифами є персональним рішенням кожної авіакомпанії й залежить від поточної ситуації на ринку, прогнозованості попиту, рішень перевізників-конкурентів, їхніх вимог та очікувань.

На рис. 2.18 наведено фрагмент дерева формування вантажопотоків та доходів авіакомпанії в мережі авіаліній. На ньому видно, що продажі безпосередньо впливають на доходи перевізника. На цьому фрагменті ми виділили всі можливі варіанти продажу, зокрема агентський продаж, продаж через глобальні системи дистрибуції, продаж через інтерлайн-партнерів, з якими заключно інтерлайн-угоди та власний продаж. Також доходи напряму залежать від вантажопотоку в авіакомпанії.

Важливим елементом логістичного управління перевезеннями вантажів є також організація та управління системою продажів авіаперевезень, яка підтягує потоки в авіакомпанію.

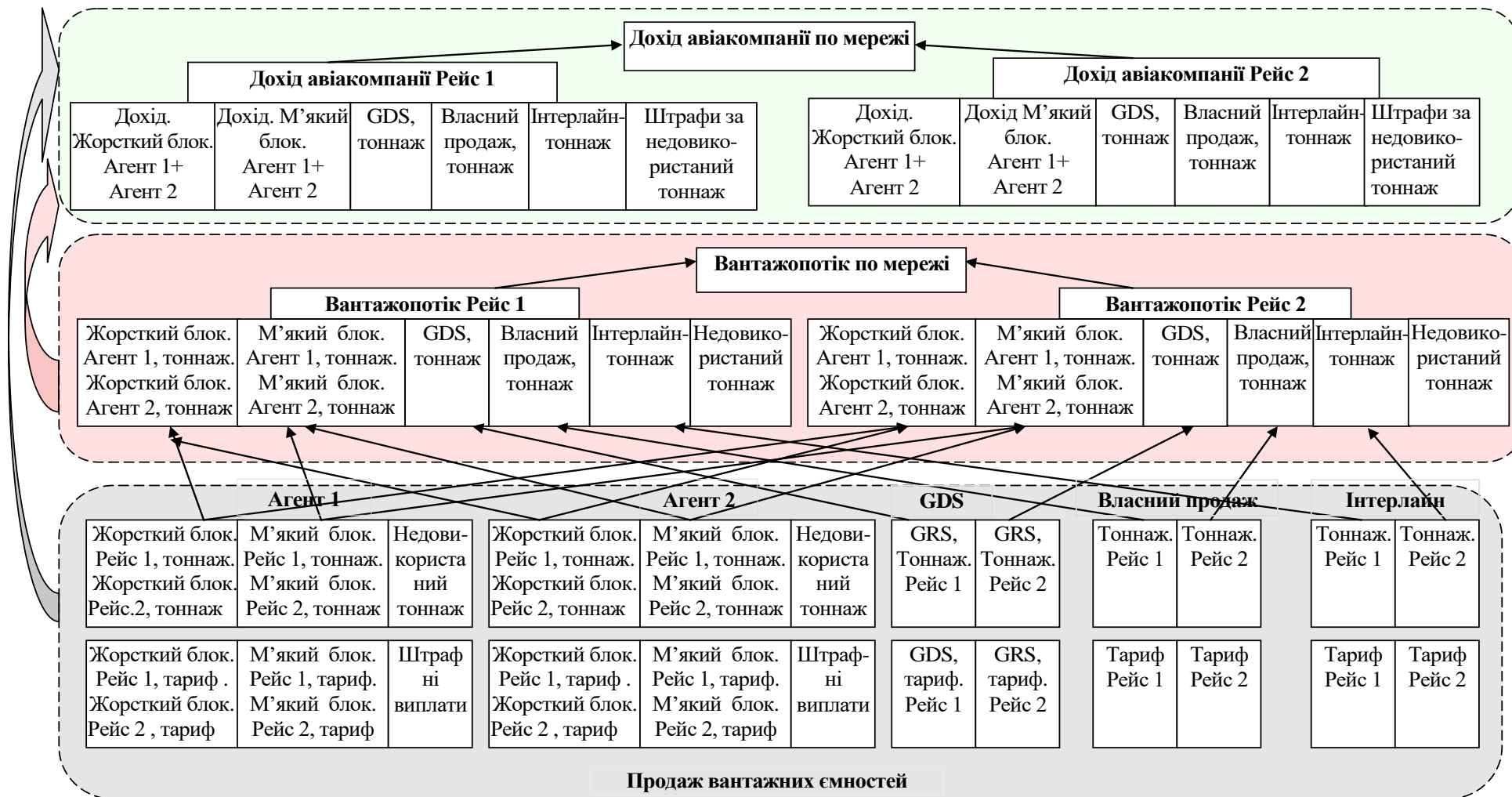


Рисунок 2.18 – Фрагмент дерева формування вантажопотоків та доходів авіакомпанії в мережі авіаліній
(розроблено автором)

2.3. Оцінювання ефективності системи управління вантажопотоками мережевого авіаперевізника

Основним завданням управління вантажопотоком з позицій логістики є створення глобальної системи управління вантажопотоком, який переміщується як дозавантаження різноманітним парком повітряних суден авіакомпанії з урахуванням трансферних пунктів перевезення вантажу і вантажостворюючих об'єктів. Підзадачею є оптимізація маршрутів перевезення вантажів усередині мережі (рис. 2.19).

Продаж можна розглядати як випадковий процес. Моделюючи схеми роботи з агентами, авіакомпанія впливає на залучення вантажопотоку. Для забезпечення генерування вантажопотоку потрібно працювати з агентами та управляти системою продажу й логістично обслуговувати клієнтів. Результати продажів авіаперевезень створюють фактичний вантажопотік авіакомпанії, який і перевозиться на мережі авіаліній.

Потім мають бути проведені обчислювальні експерименти з моделювання управління вантажопотоком авіакомпанії на мережі авіаліній, сформулювати інформаційне забезпечення задачі доставки вантажів мережевим авіаперевізником, оцінити ефективність систем логістичного управління авіаперевезень мережевим авіаперевізником.

Для вантажних перевезень характерне динамічне ціноутворення, яке спирається на конкурентне середовище, історичні обсяги продажів, сезонність, поточний попит на ринку, залишкову ємність до реалізації, умови та правила оплати, собівартість перевезення тощо. Ці та багато інших факторів слід урахувати при організації продажу з використанням математичного моделювання в реальному режимі часу. Ефективна система управління завантаженням включає в себе ряд основних підсистем (модулів): дистрибуцію, тарифну політику, контроль завантаження ємностей, пріоритетність вибору вантажу, облік і планування якісних показників.



Рисунок 2.19 – Взаємозв'язок основного завдання та окремих периферійних підзадач у рамках управління вантажопотоками мережевого авіаперевізника (розроблено автором)

Авіакомпанія не повинна просто чекати приходу вантажопотоків. Вона має здійснювати активне управління ними через систему продажу авіаперевезень, тобто, пропонуючи вантажні тарифи та відкриваючи продаж на певному напрямку на певний рейс, авіакомпанія спрямовує вантажопотік по власній мережі. У випадку відсутності вантажопотоку на певному напрямку авіакомпанія може залучити вантажопотік з інших напрямків, щоб оптимізувати використання власних вантажних ємностей на мережі в цілому. Такий підхід відповідає «витягуючій» системі в логістиці.

Пропонована система управління завантаженням робить оптимальний вибір двома критеріями:

- 1) використання вантажної ємності;
- 2) максимізація дохідності.

При цьому розглядається дохідність не просто на одній ділянці маршруту, де продається ця ємність, а загальна ефективність у рамках моделі мережі. Для вирішення цього завдання використовують ємність на декількох маршрутах таким чином, щоб принести оптимальну дохідність, а також забезпечити оптимальне завантаження в рамках усієї мережі маршрутів авіаперевізника.

Слід зазначити, що всі рейси мають свою дохідну та витратну складову. Особливості роботи мережевого перевізника в тому, що він мислить рамками корисності вантажу для всієї мережі, тобто не поняттям доходу, який стосується конкретного маршруту Нью-Йорк – Київ, а т.зв. «contribution», тобто того доходу, який вантаж принесе усій мережі. Фактори впливу при виборі завантаження мережевим авіаперевізником представлені на рис. 2.20.



Рисунок 2.20 – Фактори впливу, критерії виробу та кінцева мета при виборі завантаження мережевим авіаперевізником (розроблено автором)

При прийнятті рішення враховується фактор часу та забезпечення наявності завантаження протягом року. Якщо, наприклад, зараз є вантажопотік з Нью-Йорка до Вінниці, і авіакомпанія в цьому році відмовиться від його перевезення, то в наступному році отримати його буде надзвичайно складно. А отже, в процесах управління вантажопотоками важливо збалансувати вантажні потоки та утримати їх на мережі, навіть при меншій дохідності. Тобто в основі роботи системи управління завантаженням рейсів мають бути логістичні підходи й розглядати слід не один рейс, а весь логістичний ланцюг доставки вантажу на мережі авіаліній.

Ще один фактор потрібно враховувати при виборі завантаження - це наявність потоку вантажу як у низькому, так і високому сезоні. При заповненні вантажних ємностей важливо не прагнути отримати миттєвий прибуток. Тобто завданням має бути не одномоментний продаж значної частини вантажних ємностей на тому чи іншому напрямі з одночасним відсіченням постійних вантажопотоків, які можуть стабільно приходити на рейси авіакомпанії протягом року, а збалансування різних вантажопотоків. При стратегії одномоментного продажу слід бути готовим до того, що в низький сезон постійні вантажопотоки, від яких авіаперевізник відмовився у високий сезон, можуть не надійти на його рейси, тому що їх забере конкуруючий перевізник, який запропонує вигідніші для вантажного клієнта умови. За цих умов весь низький сезон авіакомпанія вимушена буде здійснювати регулярні пасажирські рейси за своєю мережею без вантажного дозавантаження. Тобто стратегією мережевої авіакомпанії з управління вантажопотоками має стати підтримка таких вантажопотоків, які самі по собі хоча й менш дохідні, проте вони постійні, навіть за умови, що в піковий сезон на цьому напрямку є можливість взяти більш дорожче завантаження, але авіакомпанія має утримати постійні вантажопотоки, які дають завантаження та приносять прибуток весь рік.

Реальним прикладом такого завантаження можуть бути сезонні швидкопсувні вантажі. Це, як правило, складний вантаж для перевезення, і у високий сезон такі вантажі можна було б не перевозити, проте вони є постійними,

а отже, для утримання постійного вантажопотоку на рейсах авіакомпанії має використовуватися блочний продаж перевезень, коли на початку сезону авіаперевізник пропонує викупити в нього блок тоннажу на весь сезон або на рік за тим чи іншим маршрутом. Цей підхід має, зокрема, застосовуватись у вантажних авіаперевезеннях, коли ємність тільки починає продаватися у відкритих системах, а вже до 30-40% її фактично продано завчасно завдяки укладенню тривалих блочних угод. При цьому авіакомпанія може укласти довготривалі контракти як із вантажним агентом, так і з постачальником чи заводом, якому потрібно перевозити свою продукцію систематично. Єдиною вимогою має стати те, щоб ця ємність була за ним зарезервована. Подальше фактичне використання ємності, якщо вона завчасно оплачена, є проблемою її покупця, тобто вантажного агента, постачальника чи заводу, який її придбав. А отже, на одному рейсі завжди є вантажопотоки різних типів та різної вартості – від найдешевших до найдорожчих. Слід пам'ятати, що авіакомпанія завжди працює в умовах обмеженого ресурсу – це вантажна ємність, яку вона готова надати кожному конкретному ринку за принципом забору найдорожчих та постійних потоків. На рис. 2.21 представлено принципову схему надання вантажної ємності мережевого авіаперевізника.



Рисунок 2.21 – Принципова схема надання вантажної ємності мережевого авіаперевізника

Інформатизація впливає на процеси доставки вантажів за участю авіаційного транспорту, і цей вплив є одним з процедурно і технологічно складних, оскільки надає вирішального значення якості та своєчасності інформації в цій системі. Іншою мовою, відставання інформаційного потоку від матеріального може стати фатальним моментом у роботі системи як такої і, безперечно, впливає на якість, швидкість та надійність вантажоперевезення.

З вантажем значно складніше аніж з пасажиром, тому що людина знає напрямок, мету прямування і необхідні умови перевезення. Потрапляючи в складну ситуацію (затримка рейсу, закриття аеропорту з погодних умов, втрата квитка і т. д.), людина може обґрунтовано пояснити свої потреби і вибрати оптимальний сценарій розвитку ситуації.

Вантаж же повністю позбавлений самостійності і потребує одночасного слідування інформації про нього під час фактичного перевезення та обслуговування. При неповній або частковій інформації неминуче потрібно повертатись на крок назад при можливості, а то й на самий початок формування інформаційного пакету. Суттєвими факторами є можливі наслідки неправильного комплектування вантажу на ПС, неналежного поводження з небезпечними вантажами та ін.

Враховуючи це, для індустрії вже давно стало очевидним, що майбутнє цього бізнесу лежить у вдосконаленні та автоматизації технології й систем оброблення та роботи з інформацією. EFRAID, RIFD, баркодування, GPS, ERP рішення, «інтелектуальні склади», Revenue системи та ще десятки технологій і рішень покликані авіацією лише з однією метою: структурувати і прискорювати інформаційний потік перевезення, на пошуки, розроблення, розвиток та імплементацію яких щорічно витрачається переважна частина інвестицій індустрії. Тому важко переоцінити значення інформатизації процесів доставки в транспорті.

Однією з небагатьох, але надзвичайно вагомою перевагою авіаперевезення є швидкість. Для її забезпечення важливо не лише володіти інформацією, а зробити її доступною в технологічному процесі.

Засоби залучення вантажопотоків на мережу повітряних ліній авіакомпанії:

- мислення мережею постачань, забезпечення напрямків авіап перевезень та вантажних послуг у напрямках ланцюгів постачань товарів, «підхвату» торгівельних 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.

Глобалізація світової торгівлі, інформатизація суспільства, подальший розвиток транспортних систем різних країн, як відзначено в [153], веде до прискореного розвитку мультимодальних перевезень для обслуговування сучасних ланцюгів постачань із застосуванням різних видів транспорту, в тому числі й авіаційного.

Оскільки провізна спроможність повітряних суден менша порівняно з іншими видами транспорту, то при формуванні мультимодальних ланцюгів доставки за участю авіаційного транспорту вантажна ємність повітряних суден обмежує весь ланцюг доставки.

Посилюється роль експедиторів та логістичних операторів у створенні ланцюгів доставки вантажів за участю різних видів транспорту, в тому числі й авіаційного. Тому авіакомпанії звертають серйозну увагу на організацію логістичної взаємодії з експедитором та логістичними операторами для залучення вантажопотоків на мережу ПЛ та забезпечення пропозиції з надання різних видів логістичних послуг для клієнтури.

Світові аналітики також зазначають, що ринок авіаційних перевезень на найбільш завантажених напрямках стає ринком продавця, оскільки на ньому

проявляється дефіцит перевізних можливостей авіакомпаній. Це створює нові можливості для авіакомпанії для управління завантаженням власної мережі – відбору найдорожчих вантажопотоків, залучення вантажопотоків на менш завантажені напрямки, що відкриває новий рівень співпраці між перевізником та експедитором [153].

Авіаперевізники можуть використовувати провізну спроможність саме власної мережі при укладенні угод з експедиторами таким чином, що, завантажуючись на «сильному» напрямку, вони отримують завантаження і на «слабкому» напрямку. Тому щоб забезпечити завантаження на всіх ділянках мережі, сформувати стабільну, постійно працюючу систему залучення вантажопотоків, авіакомпанія має посилювати взаємозв'язки з експедиторами та логістичними операторами, наземними перевізниками [153].

Процес управління вантажопотоком для мережевого авіаперевізника починається зазвичай з дистрибуції. Для мережевого авіаперевізника на більшості напрямків локальних об'ємів вантажних перевезень буде недостатньо для побудови регулярних вантажопотоків, тому залишиться єдиний вихід – збільшувати частку транзитних вантажів, використовуючи при цьому перевалку в хабовому аеропорті (рис. 2.22).

Цей захід дасть можливість забезпечити завантаження ємностей на розгалуженій мережі повітряних ліній, яка й наявна в мережевого авіаперевізника. Проте тут виникає проблема щодо надання можливості агентам з усього світу продавати один і той самий продукт. Для цього авіаперевізники використовують GDS (Global Distribution System).

Основне завдання цієї системи полягає у відображенні поточних цін, ємностей та інших умов перевезення, в тому числі і щодо вантажних авіаперевезень у режимі реального часу, а також у забезпеченні безперервної можливості ведення продажу. При проведенні дослідження виявлено, що все більшого розвитку набувають змішані та комбіновані перевезення, коли на різних секторах використовуються різні види транспорту.

Дистрибуція вантажних ємностей

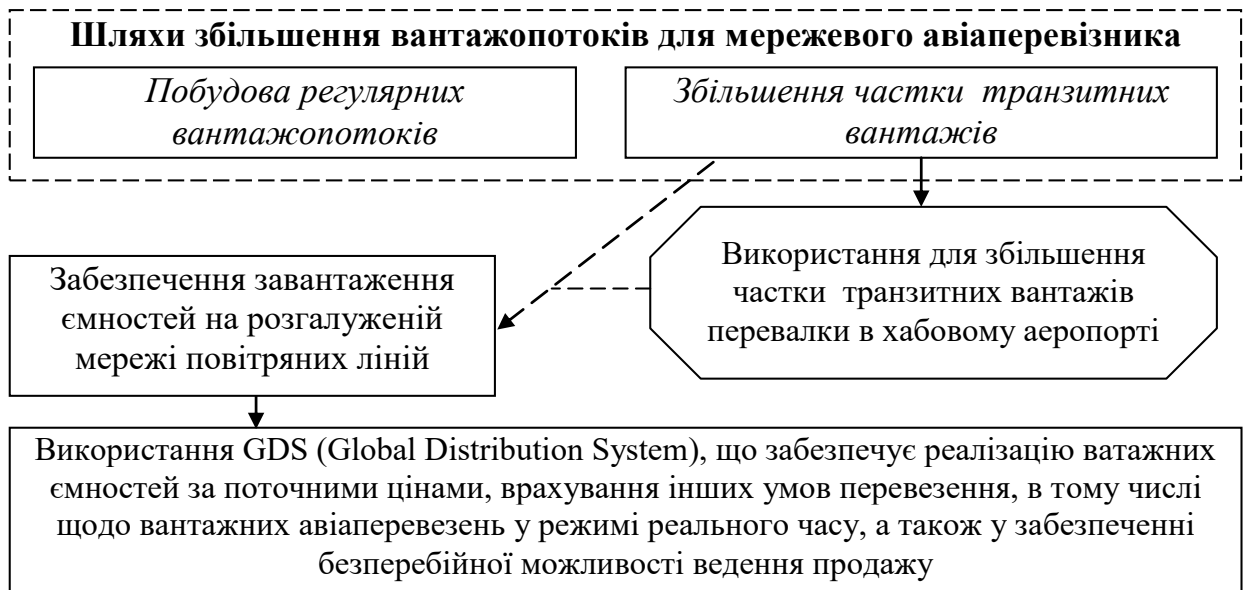


Рисунок 2.22 – Принципова схема реалізації шляхів збільшення вантажопотоків для мережевого авіаперевізника (розроблено автором)

При цьому задовольнити такий попит на напрямі виключно своїми силами авіакомпанія не спроможна. Крім того, GDS надають можливість проаналізувати конкурентоспроможність продукту на ринку, динаміку попиту та цінові умови кожного конкретного ринку збуту.

Після того, як буде забезпечено продаж, слід провести регламентування фінансових взаємовідносин між усіма агентами, яким надана можливість продавати продукти конкретного мереженого авіаперевізника. Для потужних мережевих авіаперевізників кількість контрагентів може вимірюватися сотнями і навіть тисячами. Ці контрагенти розкидані по всьому світу, з більшістю з них авіакомпанія не має жодних договірних відносин. При цьому постає питання забезпечення фінансових взаєморозрахунків.

За відсутності прямих угод навіть звичайні рахунки-фактури використати неможливо. Крім цього, авіаперевізник повинен постійно контролювати платоспроможність агентів у режимі реального часу, а також визначати їхню можливість надавати посередницькі послуги, перевіряти дійсність сертифікатів та

займатися проблемами з багатьох інших аспектів. Так склалося, що авіаперевізники змушені були тримати великий штат співробітників для вирішення всіх цих завдань. З кожним агентством укладалися прямі договори, при цьому мала контролюватися їхня актуальність, видавалися бланки строгої звітності, підтримувалися депозитні відносини для мінімізації фінансових ризиків тощо. З часом ця схема все більше втрачала економічний зміст, тому виникли міжнародні посередницькі органи, такі як IATA Billing and Settlement Plan (BSP).

BSP є системою, призначеною для полегшення та спрощення продажів, звітності та взаєморозрахунків між агентами з продажу та авіакомпаніями, а також поліпшення фінансового контролю та руху грошових коштів. Фактично вона стає повним посередником між агентським середовищем та авіаперевізниками. Агент надає один звіт за всіма продажами на всіх авіаперевізників за звітний період до BSP, кожна авіакомпанія аналогічно отримує один звіт з продажу всіх агентств на певній території та всі електронні документи. Крім того, BSP виступає фінансовим гарантом для обох сторін, що теж дуже важливо. Основна перевага – це фінансова економія за рахунок спрощення всього процесу. В усьому світі на кінець 2012 року було 88 BSP, що охоплювали 177 країн, обслуговуючи при цьому близько 350 авіакомпаній, при валовому обсягу продажів понад 250 млрд доларів США [149].

Перед авіаперевізником постає й інша проблема, яка полягає в тому, щоб у режимі реального часу визначити, який відсоток ємності вже продано та скільки залишилось, а також за яку ціну можна реалізовувати залишок. Для цього слід користуватися Revenue System, що контролюватиме ціноутворення залежно від стану завантаження рейсів у мережі. Мета цієї системи полягає в обміні інформацією з GDS та відстеженні того, щоб виконувалися заплановані показники доходності за кожним конкретним рейсом авіаперевізника.

Аналізуючи специфіку продажів провідних авіакомпаній світу, доходимо висновку, що спочатку відкривається певна частина ємності для продажу заздалегідь, при цьому її ціна є істотно менша. Проте тут є й інша особливість, яка полягає в завчасному формуванні гарантованих обсягів продажів та фінансових

потоків за майбутні зобов'язання. А з огляду на те, що нині мережева авіакомпанія – це виключно оборотний бізнес, «продаж на глибину» є невід'ємною частиною життєвого циклу авіаперевізника. Із плином часу той самий продукт починає продаватись дорожче, й найдорожчим, як правило, є «короткий продаж», який відбувається безпосередньо за тиждень чи менше до вильоту конкретного рейсу. Звісно, ця схема продажів є лише умовною, тоді як на практиці все залежить від специфіки кожного маршруту авіаперевізника. Ця схема більше стосується безпосадкових, «прямих» перевезень вантажу.

Як зазначалося раніше, нині майже неможливо забезпечити достатнє комерційне завантаження для регулярного рейсу виключно «прямими вантажами». Причин для цього багато, насамперед, це пов'язано з міграцією вантажної клієнтури на альтернативні, дешевші, види транспорту. Виробники в боротьбі за конкурентоспроможність ціни продукції шукають економію саме у вартості доставки. Необхідність забезпечити перевезення трансферних вантажопотоків кардинально змінює тарифне планування. Адже тепер задля дохідності слід аналізувати не конкретні рейси, а повну мережу. Як правило, це потребує досконалішої комплексної автоматизації управління тарифною системою на основі використання новітніх інформаційних продуктів. В основі лежить не прибуток на конкретне «плече» перевезення, а користь та пріоритет для системи загалом.

Щоб з'ясувати, якому з них слід надати перевагу, треба провести досить складні розрахунки, а саме: розкласти дохід від трансферного вантажу за конкретними рейсами та накласти це на існуючу ситуацію щодо завантаженості рейсу, проаналізувати заповнення ємності на основі глибини продажів. Ця складна робота передбачає управління ймовірністю. Для вирішення цих комплексних питань регулювання дохідності авіакомпанії використовуються Revenue Systems. Проте, в основі їхньої ефективності лежить якість та своєчасність обміну актуальною інформацією з іншими інформаційними системами. Без цього оперативне планування й адаптація до поточного ринкового середовища для вітчизняних авіаперевізників просто неможливі.

Установлено, що надалі в процесі мають вступати виробничі інформаційні системи, що супроводжують вантажі на всіх етапах життєвого циклу перевезення. За сьогоднішніх умов бізнес-середовища економічно недоцільно використовувати власний флот в оперуванні.

Авіаперевізникові вигідніше працювати за лізинговими схемами при формуванні власного флоту. Отже, виникає вагомий постійний елемент витрат – плата за лізинг. В операційній діяльності авіакомпанії її прийнято враховувати як вартість однієї льотної години кожного повітряного судна.

В результаті виконується правило – чим більше літак перебувають в повітрі, тим дешевша його льотна година. Зараз межа між прибутковістю та збитком для авіаперевізників дуже незначна, тому, як не жорстко це звучить, право на виживання мають лише ті перевізники, які ефективно формуватимуть ротації літаків, матимуть розгалужену мережу напрямків та мінімально можливі затримки на обслуговуванні в аеропортах. У вітчизняних авіаперевізників з усіма цими аспектами традиційно виникають проблеми, що значною мірою позначається на їхній конкурентоспроможності на світових ринках перевезень. Особливо це стає помітним при конкуруванні з визнаними світовими авіаційними «брендами». Принципова схема успішності операційної діяльності для мережевого авіаперевізника щодо вантажної складової представлена на рис. 2.23.

Загалом, кожні додаткові хвилини простою літака на обслуговуванні, технологічні затримки можна по праву вважати фінансовими втратами для будь-якого авіаперевізника. Реалізація прискорення обслуговування вантажів можлива лише внаслідок максимальної автоматизації процесу, в разі побудови оптимальної мережі обміну інформацією щодо вантажу, переходу на електронний документообіг, зменшення впливу людського фактора та інших удосконалень. Слід зазначити, що із зростанням конкуренції на ринку все більшого значення набуває якість та надійність пропонованого авіаперевізником продукту.

Нині замовник вимагає повного інформаційного контролю стосовно слідування вантажу під час його перевезення. Для того щоб надати таку можливість, авіакомпанії інвестують мільйони доларів в інноваційні інформаційні

технології, які в реальному часі фіксують місцезнаходження вантажу, умови його зберігання, етапність обслуговування, плановий час перевезення тощо. А відтак з'являються «розумні» склади, ERP-системи, інтегрування GPS, RFID та інші технології, які мають спростити та автоматизувати процеси оброблення та супутній обмін інформацією. На сьогодні вітчизняні авіаперевізники поки що не в змозі забезпечити реалізацію цих новацій повною мірою.



Рисунок 2.23 – Принципова схема успішності операційної діяльності для мережевого авіаперевізника щодо вантажної складової (розроблено автором)

Не можна не сказати і про всесвітню тенденцію до повного переходу на електронні бланки суворої звітності, документообіг та уніфіковані форми звітності. Як наслідок, комунікація із законодавчими органами, митними регуляторами, податковими структурами різних держав стрімко зміщується в електронний облік даних уніфікованої форми. Для перевізників це означатиме вдосконалення якості роботи з електронною інформацією під час обслуговування вантажів та організації їхньої доставки.

Якщо раніше більше уваги в стратегічному плануванні перевізники приділяли кількості флоту та мережі маршрутів, то зараз не менш значними є інвестування в новітні системи й автоматизацію процесу. Наприклад, авіакомпанія «Аерофлот» отримала нагороду від SAP за краще інтегрування інноваційного продукту в транспортній галузі [149]. Нещодавно «Аерофлот» і SAP AG (NYSE: SAP) оголосили про старт другого етапу спільного проекту [150], який передбачає впровадження інноваційних технологій SAP у дочірніх компаніях, філіях та підрозділах.

Всесвітній флагман авіаційної індустрії «Lufthansa» взагалі в складі дочірніх компаній створив «Lufthansa Systems». Початковою метою було створення і реалізація IT-рішень для основної групи власних компаній, проте нині ця компанія є одним з лідерів авіаційного програмного забезпечення. Усе це свідчить про невідпинне зростання значення інформатизації в житті авіаперевізників та транспортної галузі в цілому. Без неї подальше зростання ефективності та зменшення витрат авіаперевізників просто неможливе. Міжнародному перевізникові важливо забезпечити доступ до продажу свого продукту одночасно для всіх зацікавлених агентів по всьому світу в реальному режимі часу. Ця функція перейшла до глобальних систем дистрибуції, а у вантажоперевезеннях основною дистрибутивною системою є Cargospot.

Принципову схему реалізації динамічного ціноутворення вантажної складової бізнесу мережевого авіаперевізника представлено на рис. 2.24. Динамічне ціноутворення ґрунтується на ряді факторів, які повинні аналізуватися в реальному режимі часу. Але спочатку слід розробити гнучку лінійку тарифів за всіма можливими маршрутами продажу з можливістю їх комбінації з продуктами інших авіакомпаній або ж побудувувати ланцюг інтермодальних перевезень вантажів за участю різного виду транспорту, що нині набуває все більшої популярності. За цей модуль відповідають системи тарифного менеджменту. Дистрибуція й тарифна політика тісно пов'язані між собою, що й стало основою для тісної співпраці постачальників таких рішень на ринку вантажоперевезень.

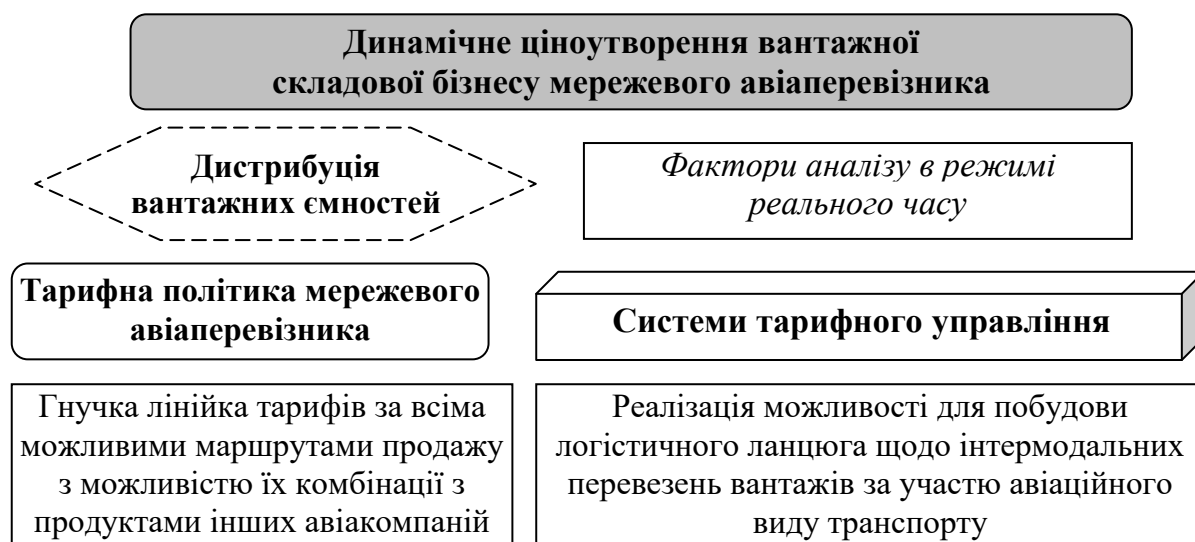


Рисунок 2.24 – Принципова схема реалізації динамічного ціноутворення вантажної складової бізнесу мережевого авіаперевізника (розроблено автором)

Модульна архітектура системи дає можливість ефективно управляти всіма процесами в галузі перевезень вантажів. Одна з найскладніших ітерацій в авіакомпанії – пріоритетність вибору вантажу. Наявність хабового аеропорту означає домінування багатьох сегментних перевезень, тобто таких, у яких бере участь кілька рейсів перевізника за різними напрямками. Найпростіше розглянути цю ситуацію на прикладі. Для авіакомпанії «Міжнародні авіалінії України» аеропорт «Бориспіль» є хабовим.

Витрати на дозавантаження вантажами пасажирського рейсу точно виміряти дуже складно, оскільки практично неможливо відокремити витрати на перевезення вантажного завантаження від пасажирського. В цілому при перевезенні додаткового вантажу витрати зміняться незначно, дещо збільшаться витрати на паливе у зв'язку зі збільшенням комерційного завантаження. Доходи від вантажного завантаження вимірюються більш чітко, знаючи вантажні тарифи та обсяг завантаження. Збільшення вантажного завантаження пасажирського рейсу дасть можливість авіаперевізникові отримати значний чистий прибуток, оскільки, якщо витрати збільшуються на незначну величину, а доходи від перевезення вантажного завантаження – навпаки, то чітко видно загальний економічний ефект.

Управління вантажопотоками дасть можливість мережевому авіаперевізникові структурувати та направляти вантажопотоки в різні сезони року, залучаючи або обмежуючи комерційне завантаження різної вартості в «низький» та «високий» сезони. Це дасть можливість оптимізувати вантажний бізнес авіаперевізника як додаткове джерело доходів та розвивати вантажні перевезення на мережі авіаліній. Вантажні перевезення як додатковий бізнес, розвиваються на існуючій мережі авіаліній. Мережа авіаліній перевізника формується пасажирськими перевезеннями, вантажопотоки на розвиток загальної мережі не впливають. Тому для отримання прибутку від вантажних перевезень на мережі авіаліній потрібно синхронізувати та оптимізувати вантажопотоки протягом планового періоду.

Логіка дисертаційного дослідження представлена на рис. 2.25. Логістика авіакомпанії розглядає доставку вантажу від аеропорту до аеропорту, в ширшому ланцюгу доставки товару. Авіаперевезення – один з головних елементів логістичного ланцюга: виробник – продавець – транспортування до аеропорту – авіаперевезення – транспортування від аеропорту – покупець, якщо розглядається процес доставки від дверей до дверей.

Усіма аспектами авіаперевезення займається авіакомпанія, яка надає послугу. Авіаперевізникові необхідно мінімізувати витрати на доставку вантажу для отримання максимального прибутку, при цьому не втративши якості та швидкості доставки вантажу. Різні види доставки вантажів можна порівняти за такими ключовими характеристиками, як витрати на перевезення, ризики втрати вантажів та терміни доставки. Доставка повітряним транспортом дорожча, але має переваги щодо швидкості та цілості вантажів. У значній кількості випадків авіаперевезення є єдиним можливим шляхом транспортування в логістичному ланцюгу доставки. Однією з проблем у вантажних авіаперевезеннях є те, як організовано доставку вантажів авіатранспортом як логістичну систему.

Авіаперевізник є частиною ланцюга доставки вантажу й виконує логістичні функції на власній мережі авіаліній. Але від нього багато в чому залежить успішне виконання усього ланцюга доставки вантажу.



Рисунок 2.25 – Логіка дисертаційного дослідження (розроблено автором)

Для оптимального функціонування авіаперевізника послуги з авіаперевезення необхідно надавати відповідно до логістичних вимог та створювати логістичні потоки вантажів і послуг. Авіаперевізники мають відстежувати ситуацію на ринках споживання послуг з вантажоперевезення, тому що від цього залежать коливання вантажопотоків.

Оптимізація доставки вантажу на мережі авіаліній авіакомпанії створює умови для отримання доходу всіх учасників ланцюга доставки вантажу. Перевагами авіаційного перевезення є мінімальний транзитний час, що забезпечує мінімальні строки доставки продукції. Також цілість вантажу – одна з важливих переваг при транспортуванні авіаційним транспортом. Авіаційний транспорт є одним з надійніших, оскільки авіакомпанії приділяють велику увагу питанням безпеки. Це особливо актуально при транспортуванні продукції високої вартості.

Вигодами оптимізації доставки вантажу на мережі авіаліній для перевізника є збільшення прибутку від перевезення вантажного завантаження, збільшення коефіцієнта завантаженості рейсів, збільшення зв'язаності мережі, участі авіаперевізника в глобальних мережах доставки вантажів, поліпшення взаємодії між учасниками ланцюга доставки вантажів.

Замовник-клієнт отримує вигоду від збільшення можливостей перевезення вантажів та оптимізації витрат на перевезення. Експедитори, агенти та логістичні оператори отримують вигоду від залучення та обслуговування додаткових вантажопотоків на мережі повітряних ліній авіакомпанії. Таким чином, управління вантажопотоком на мережі авіаліній авіакомпанії тісно пов'язане з виробничою діяльністю усіх учасників ланцюга доставки вантажів.

Висновки до розділу 2

1. Виявлення закономірностей формування вантажопотоків мережевого авіаперевізника дає змогу стверджувати, що світовий авіаційний вантажообіг змінювався надзвичайно хаотично, але чіткої тенденції в цьому не виявлено; доходи від перевезень вантажів, починаючи із 2015 року, стали суттєво зменшуватися та лише 2017 року стабілізувалися, дещо збільшившись.

Установлено, що обсяги вантажних авіаперевезень за 2015–2017 роки зростали, так само, як і стабільно зростав світовий ВВП, тоді як показник дохідності надзвичайно сильно зменшився в 2015–2016 роках, проте вже в 2017 році він мав фактично нульове значення. Серед сировини найважливішим фактором, який впливає на роботу авіаційних перевізників, є паливо. При аналізі динаміки цін на авіаційний керосин установлено, що на світовому ринку, починаючи з 2016 року, він знову почав дорожчати й досяг показника 1,8 дол. США за один галон, тоді як на ринку України маємо більш виражену тенденцію до зростання через значну монополізацію ринку.

2. Проаналізувавши доходи від перевезень вантажів різними типами авіаперевізників, можна стверджувати, що 40,21% доходів отримують експрес-перевізники; 39,5% – перевізники комбінованими літаками; по 10,15% – перевізники суто вантажними та суто пасажирськими літаками. Аналіз регіональної структури вантажопотоків дає підстави стверджувати, що найбільш перспективними залишаються напрямки Європа – Північна Америка, Європа – Азія і збільшує власну привабливість для мережевих авіаперевізників ринок Азія – Північна Америка. Негативна динаміка скорочення обсягів перевезених вантажів вітчизняними авіаперевізниками зумовлена кризовими явищами в економіці в 2014–2016 роках, а також переорієнтацією вантажовласників на дешевші види транспорту. Лідер вітчизняного ринку авіакомпанія «Міжнародні авіалінії України» поступово почала виходити на докризові показники своєї роботи, одержавши в 2016 році чистий прибуток у розмірі 387,89 млн грн.

3. Відповідно до виявлених закономірностей визначено види вантажопотоків, що обслуговуються авіакомпанією, за класифікаційними ознаками та подано їхню характеристику. Було встановлено вантажопотік, придатний для обслуговування; обмеження для обслуговування вантажопотоку; фактори, які мають бути враховані при обслуговуванні вантажопотоків авіаперевізником. Було визначено придатним до обслуговування потік як упорядковану сукупність вантажних одиниць і вантажних партій, готових для перевезення, в тому числі з урахуванням

вимог повітряного транспорту з урахуванням комерційної взаємодії авіаперевізників, і учасників логістичного ланцюга.

4. Відповідно до здійсненого аналізу, автор визначив основні стратегічні й тактичні завдання авіаперевізників. Формування інтегрованих систем доставки вантажів реалізується шляхом якісної взаємодії складових логістичного ланцюга доставки. Запропоновані принципи та інструменти формування інтегрованих систем доставки вантажів на засадах логістики враховують завдання перевізників, усі складові логістичного ланцюга авіаперевезень вантажів, фактори впливу на вантажопотік та залежність завантаження рейсу від тарифу.

5. Оцінивши ефективність системи управління вантажопотоками мережевого авіаперевізника, стало можливим визначити: взаємозв'язок основного завдання та окремих периферійних підзавдань у рамках управління вантажопотоками; фактори впливу, критерії виробу та кінцеву мету при виборі завантаження; реалізацію шляхів збільшення вантажопотоків; загальні принципи успішності операційної діяльності авіаперевізника щодо вантажної складової; універсальну інформаційну систему доставки вантажів мережевим перевізником.

6. Здійснений аналіз проблем моделювання мереж авіакомпаній у наукових дослідженнях дав підстави стверджувати, що не виявлено задач управління вантажопотоком авіакомпанії, за якими можна було б оперативно враховувати невизначеності інформації та ризики зменшення попиту на послуги перевізника.

Основні положення цього розділу відображені в публікаціях автора [5, 6, 10, 14, 15, 17–18, 20–21].

РОЗДІЛ 3. МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ ВАНТАЖОПОТОКАМИ МЕРЕЖЕВОГО АВІАПЕРЕВІЗНИКА

3.1. Прогнозування вантажопотоків авіаперевізника на мережі авіаліній

Складність задачі викликає необхідність застосовувати принципи логістики при управлінні вантажопотоками на мережі авіаліній. Формування оптимальної структури вантажопотоків, їх генерація, залучення та обслуговування є логістичними завданнями. Принципи логістики використовуються при організації руху вантажопотоків по мережі: їхня консолідації в окремих аеропортах мережі, зберіганні, розконсолідації. Вантажопотік на мережі авіаліній формує своєрідну мережу постачань, яка складається з окремих ланцюгів. Одночасно вантажопотік на мережі авіаліній авіаперевізника є складовою більшої мережі доставки товару, в якій беруть участь, крім авіакомпанії, експедитори, логістичні оператори, агенти.

На рис. 3.1 представлено принципову схему прогнозування власних обсягів перевезень при загальному позитивному, а також при загальному негативному прогнозах на ринку. Нехай існуючий обсяг авіакомпанії на ринку – n т/рік, загальний обсяг ринку – $10n$ т/рік, тобто авіаперевізник володіє 10% ринку. При загальному позитивному прогнозі розвитку ринку та зростанні його обсягів на 10% зростання обсягів перевізника становитиме $n \times 1,1 = 1,1n$ т. При прогнозі щодо збільшення частки авіакомпанії на ринку на 2% визначимо, що загальне зростання обсягів перевезень авіакомпанії за рахунок збільшення частки на ринку становитиме $1,1n \times (1 + 10 \times 0,02) = 1,32n$ тон.

Так само визначається зміна обсягів перевезень авіакомпанії при негативному прогнозі розвитку ринку, а саме – при падінні ринку на 10% обсяги перевезень авіакомпанії зменшаться на $0,9n$ т/рік, проте за рахунок збільшення частки ринку на 2% авіаперевізникові вдасться компенсувати наслідки падіння ринку та вийти на обсяги перевезень $0,9n \times (1 + 10 \times 0,02) = 1,08n$ т.

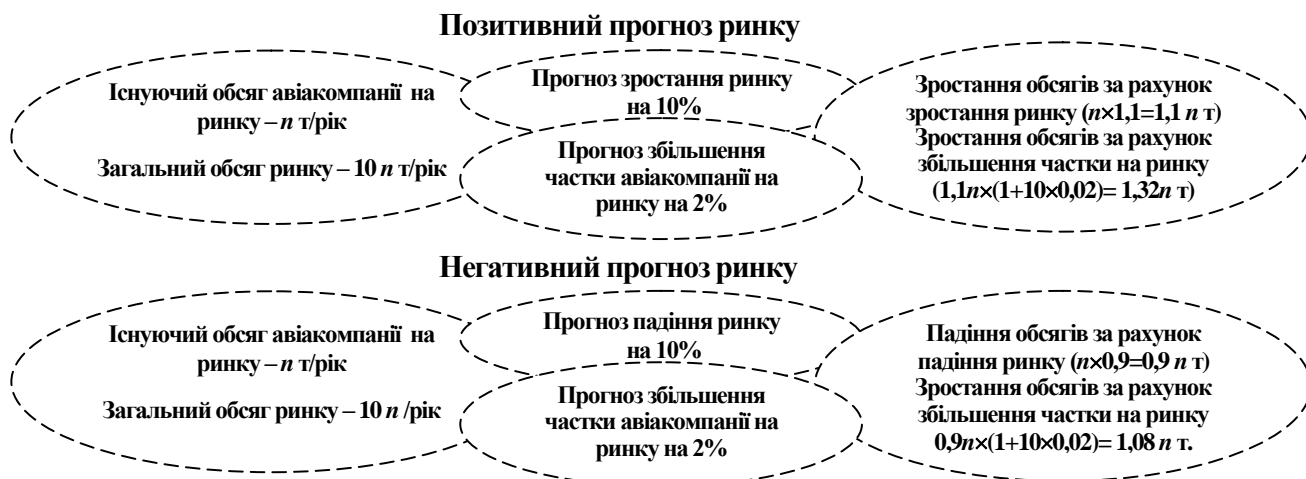


Рисунок 3.1 – Принципова схема прогнозування власних обсягів перевезень при загальному позитивному та негативному прогнозах на ринку (розроблено автором)

Принципову схему науково-методичних засад прогнозування вантажопотоків на мережі авіаліній представлено на рис. 3.2.

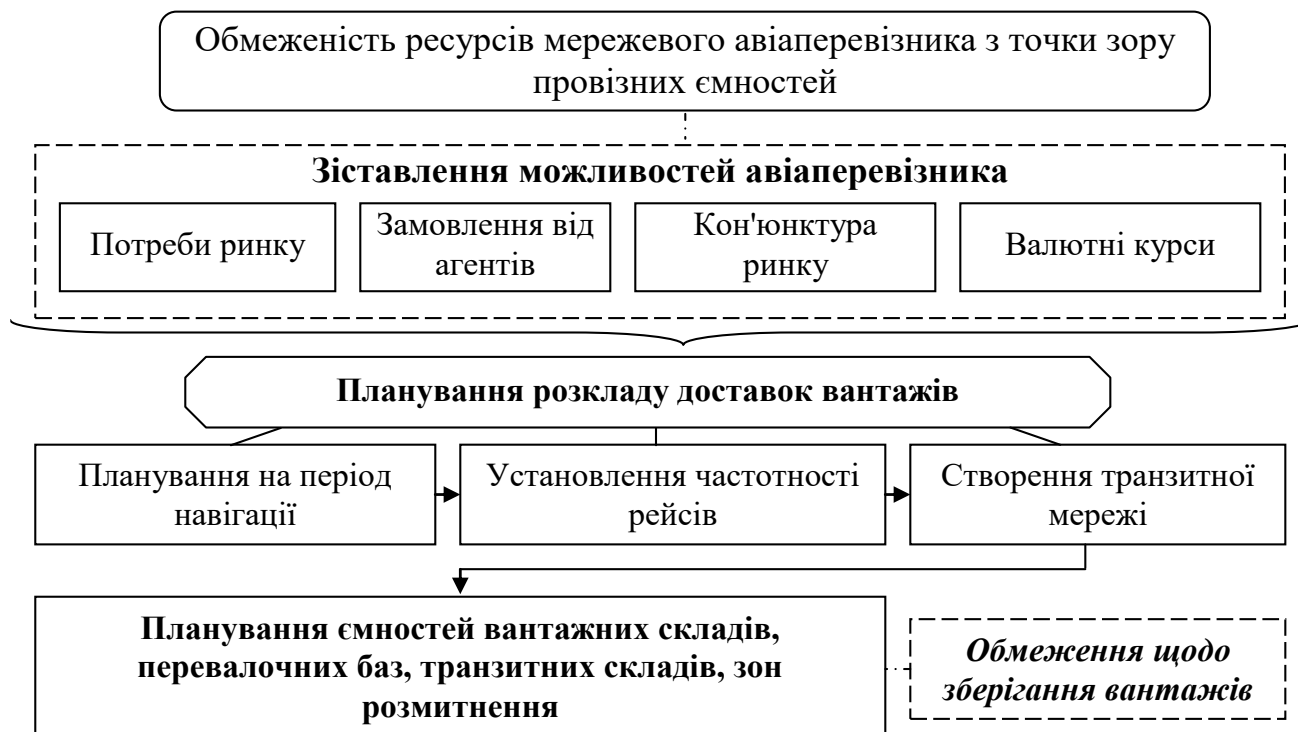


Рисунок 3.2 – Принципова схема науково-методичних засад прогнозування вантажопотоків на мережі авіаліній (розроблено автором)

При плануванні вантажопотоків важливою складовою є розклад доставок вантажів. Розклад має плануватися за таким принципом: період навігації – 6 місяців, частотність рейсів планується за днями тижня, а далі створюється транзитна мережа, тобто визначається, які рейси стикуються, а які не стикуються. Якщо рейс прилітає пізніше, ніж вилітає наступний можливий рейс для його стикування, то вони не стикуються і тут виникає затримка до наступного рейсу, а отже, виникає ще одне обмеження: може вантаж зберігатися добу на складі чи такої можливості немає? При цьому здійснюється планування ємності вантажних складів, перевалочних баз, транзитних складів, зон розмитнення, а також інших бізнес-процесів.

Оскільки швидкопсувний вантаж не може добу зберігатися на складі, то він має бути негайно доставлений до пункту призначення найближчим рейсом у цей самий день. Для вирішення цієї проблеми можуть бути використані рейси авіакомпаній-партнерів.

Важливими аспектами стає стикування мережі, транзитна модель та модель стикувань. Результатом планування та прогнозування є детальний план продажу перевезень, розрахований на період навігації за днями та рейсами. План доводиться до пунктів продажу та агентів. На підставі їхніх замовлень укладаються довгострокові угоди про продаж вантажних перевезень. Далі починається продаж авіап перевезень.

Кожен день система мають аналізувати результати продажу. До неї надходить інформація від глобальної системи дистрибуції Cargospot, обробляються підсумки продажу та виявляються, яке завантаження не надійшло в компанію із запланованого та з якого напрямку. У разі виконання плану система продовжує продавати перевезення.

Результати продажів аналізуються тому, що немає стовідсоткової гарантії продажу запланованого обсягу вантажу, і авіакомпанія має знати які ще ресурси залишаються невикористаними. Цей недопроданий тоннаж засвідчує наявність можливості авіакомпанії щодо перевезень вантажів, які треба використовувати в подальшій діяльності.

Далі має здійснюватися пошук можливостей залучення додаткових вантажопотоків, при чому можуть бути встановлені пріоритети завантаження. Тоді за цими пріоритетними напрямками робляться запити агентів та представництв щодо наявності вантажу в певному напрямку та ціни, за якою його можна продати.

За умови, якщо було заплановано на той чи інший рейс певний обсяг продажу на певну дату, наприклад на рейс, який буде через місяць, 30% обсягу має бути продано, а за фактом продано тільки 15%, то це означає, що були порушення в плануванні. Після цього система повинна шукати попит у певному напрямку, який формується або з історичних даних, або з наявності реальних заявок.

За кожним напрямком дані по вантажопотоку та ціні являють собою певну кількість множин. Система має все розпланувати в часовому континуумі, тобто на певну глибину продажу, причому планується, з яких точок світу в яких частках це завантаження має бути продане; залежно від цього відкриваються тарифи та ємності авіакомпанії в системі Cargospot щодо можливості продажу і продаж продовжується до вичерпання ємності або закінчення часу продажу.

Важливим моментом щодо прийняття рішень з управління вантажопотоком є випадок, коли авіакомпанія не може взяти запланованого дорогого вантажу, оскільки він в авіакомпанію не надійшов з певних причин. Залишається порожня ємність на декількох сегментах мережі; найзбитковішим для авіакомпанії буде, якщо ця ємність так і залишиться незаповненою. Якщо авіакомпанії вдасться продати цю ємність за будь-яку ціну, то буде краще, ніж рейс полетить незавантаженим.

Далі система управління завантаженням має забезпечити моделювання та визначає, звідки можна взяти дешевший вантаж та чим вона може замінити вантажопотік по порівнянній ціні, тобто система має діяти за принципом зниження ціни. В маршрут може додаватися ще одне плече, можна переключатися на інше плече.

У процесі роботи системи управління завантаженням можна виділити декілька етапів (рис. 3.3). Спочатку слід спрогнозувати, а саме – визначити, скільки взагалі можна взяти вантажу та за якою ціною. Прогнозування ґрунтується на аналізі ринку та історичних показниках вантажопотоків.

Аналізуються історичні цифри вантажопотоків за всією мережею на навігацію, а далі аналізуються цінові можливості ринків, оскільки на кожному ринку є власні цінові категорії.

У результаті аналізу виявляють обсяги можливих вантажопотоків – це перелік певних можливостей потенційного ринку. Також тут можна відзначити прогнозування структури вантажопотоку, виділити можливі блоки ємностей, тобто які блоки можна відразу продати за зниженою ціною на постійній основі. Цей вантажопотік буде постійним.

Для прогнозування структури вантажопотоку також слід опитувати агентів по продажу – чи є в них бажання купити постійні блоки ємностей, за якими напрямками, на тривалий період (рік або більше) чи на піврічну навігацію – та згрупувати зібрану інформацію за блоками. Далі потрібно врахувати сезонність, яку теж може варіювати.

Наприклад, якщо перевозити квіти, то обсяги їх зростатимуть у певні пікові періоди; те саме стосується доставок медикаментів, які також постачаються певними партіями, за відповідним графіком. А отже, може виникнути проблема в тому, що півроку може бути стабільне завантаження, а інші півроку – ні. Весь обсяг перевезень також має бути збалансований, тобто витримано оптимальне співвідношення між постійними та динамічними блоками.

Передусім при прогнозуванні вантажопотоків на мережі авіаперевізника, мають бути реалізовані принципи ковзного прогнозування, які полягають у використанні безперервної ревізії попереднього плану, а також принципи гнучкого прогнозування, які передбачають врахування можливостей виникнення неоднозначних умов та відповідний перегляд плану.

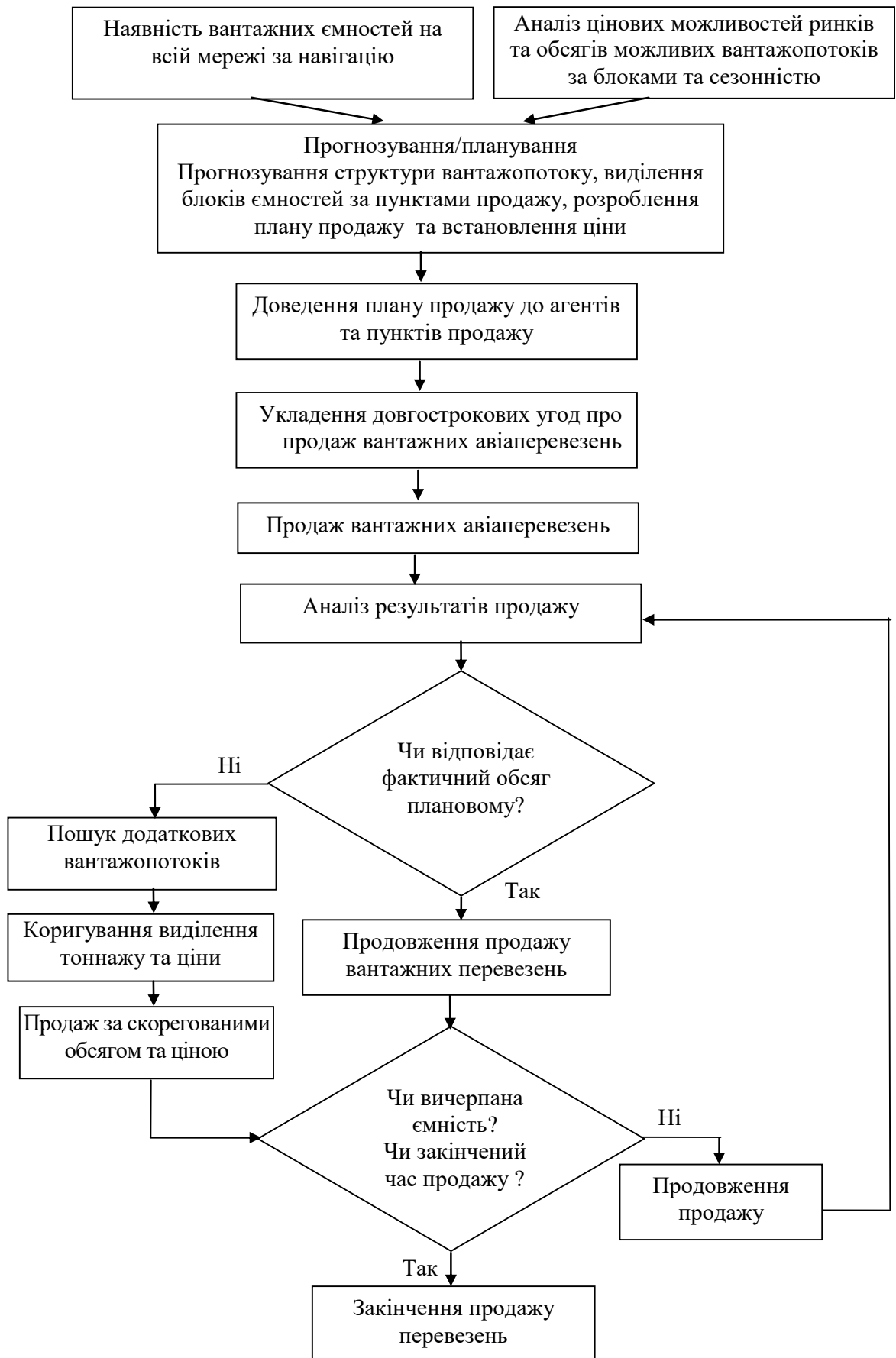


Рисунок 3.3 – Блок-схема етапності управління завантаженням рейсів мережевого авіаперевізника (розроблено автором)

На рис. 3.4 представлено універсальну схему прогнозування вантажопотоків на мережі авіаліній. Першочергово відбувається пошук інформації, спираючись на дані власної мережі, а також обсяги продажу. Крім цього, аналізуються дані щодо вантажопотоків на мережах конкурентів та на цільових ринках вантажних перевезень загалом.

Аналізуються вантажні ємності, блоки місць, дані щодо мережі повітряних ліній, розкладу рейсів за навігаціями, а також цін у певні періоди часу. Потім аналізується розвиток вантажопотоків за історичними власними (як правило, глибина аналізу вимірюється часовим проміжком від 2 до 5 років, проте може бути і іншою), конкурентними та загальноринковими даними щодо вантажопотоків.

За результатами цього аналізу визначаються тенденції розвитку вантажопотоків та здійснюється їх прогнозування. Це прогнозування має два аспекти, які визначаються опитуванням агентів, врахуванням факторів сезонності, аналізом між постійними та динамічними блоками: виявлення обсягів можливих вантажопотоків та прогнозування їх структури.

За результатами здійсненого прогнозування відбувається послідовно: виділення блоків ємностей, які можуть реалізовані; планування розкладу та стикування рейсів (для суто вантажних рейсів, тоді як для вантажопасажирських рейсів береться за основу мережа пасажирських повітряних ліній); розроблення плану продажу, а також установа цін.

Реалізація універсальної схеми прогнозування вантажопотоків на мережі авіаліній має спиратися на схеми прогнозів у довгостроковому, середньостроковому та короткостроковому періодах на мережі загалом, а також на уточнені схеми цих прогнозів на відповідних маршрутах мережевого авіаперевізника.

Лише врахувавши всі ці аспекти повною мірою можна здійснити адекватне прогнозування вантажопотоків на мережі авіаліній того чи іншого мережевого перевізника.



Рисунок 3.4 – Універсальна схема прогнозування вантажопотоків на мережі авіаліній
(розроблено автором)

Загальну схему довгострокового прогнозування вантажопотоків на маршруті представлено на рис. 3.5. Ця схема характеризує першочерговість прогнозів.

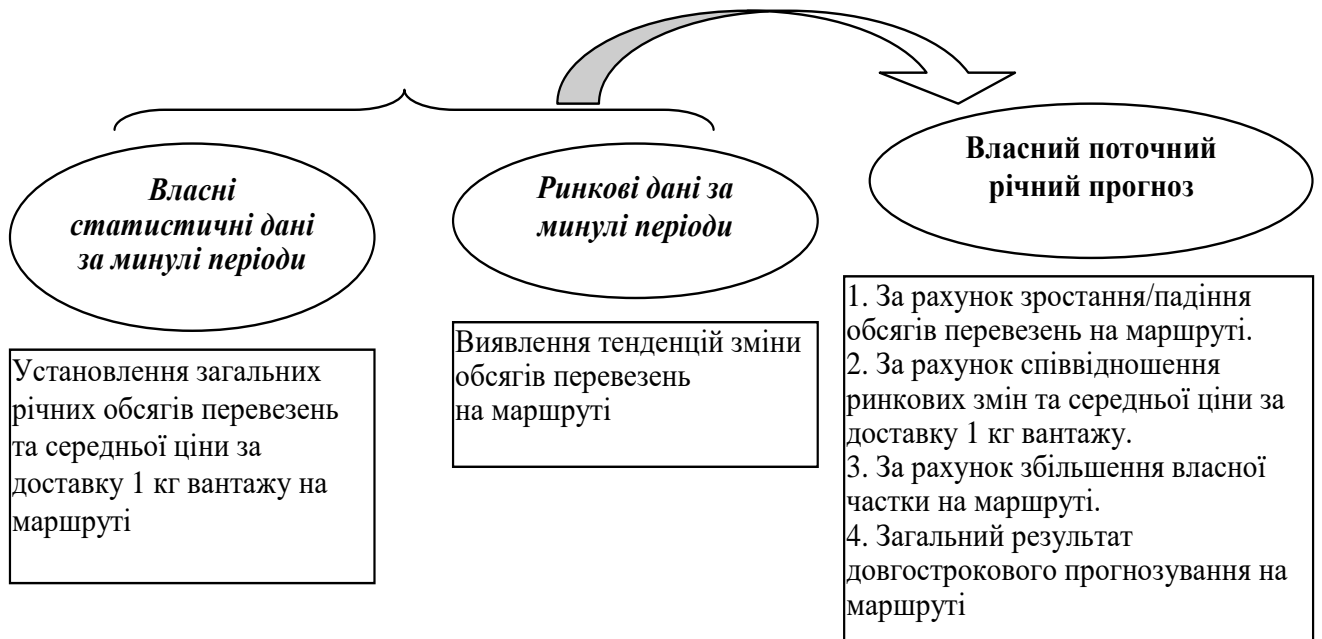


Рисунок 3.5 – Загальна схема довгострокового прогнозування вантажопотоків на маршруті (розроблено автором)

Спираючись на результати аналізу власних статистичних даних за минулі періоди та ринкові дані за ці періоди, отримаємо власний річний прогноз мережевого перевізника.

3.2. Реалізація підходу до управління вантажопотоками мережевого перевізника

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 (рис. 3.6) формують такі управлінські елементи: управління попитом, структурою тоннажу, ціною, терміном та глибиною продажу, мережею, контрактами, а також коефіцієнтом комерційного завантаження.

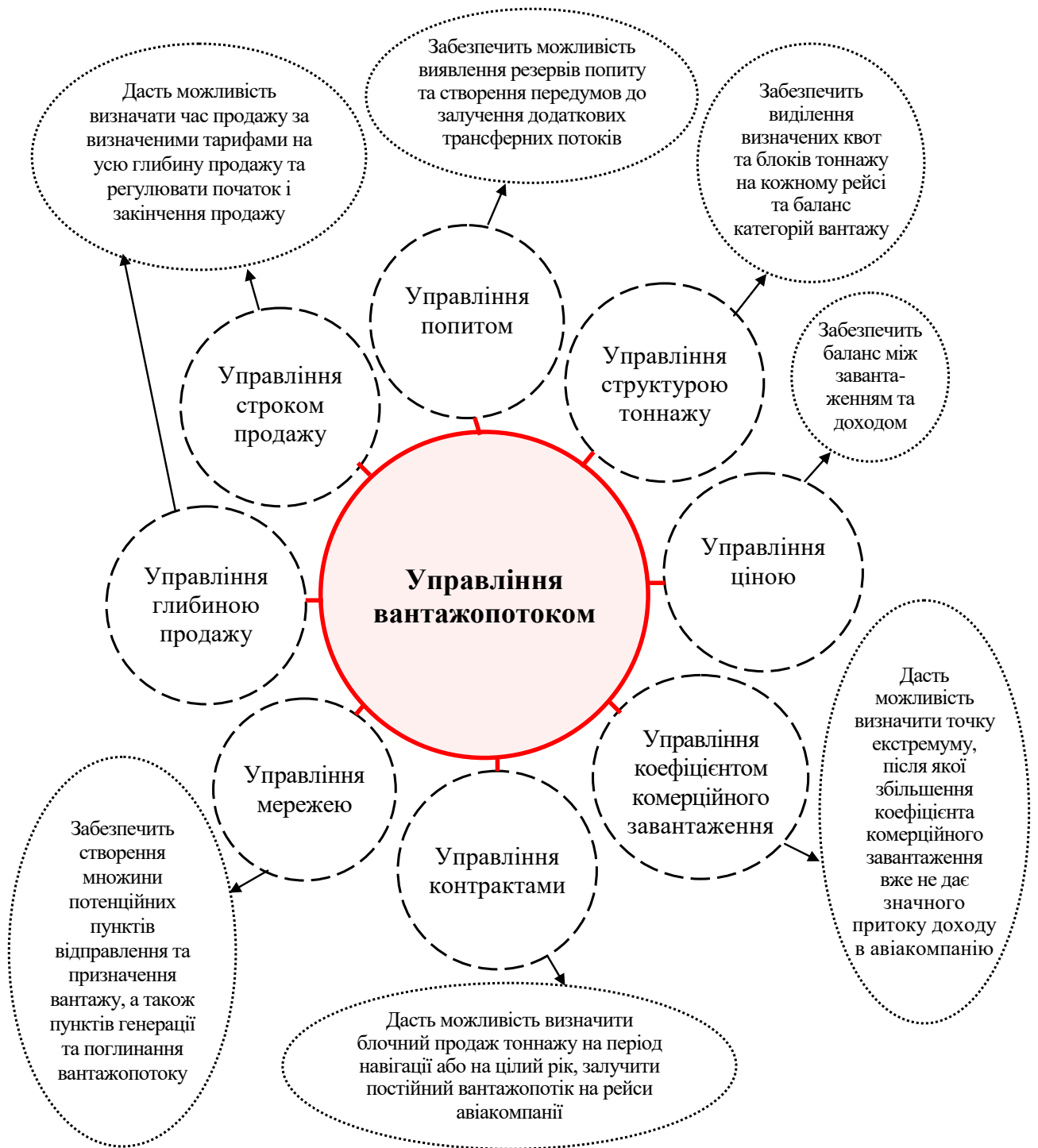


Рисунок 3.6 – Аналітична складова управління вантажопотоком на мережі авіаліній (розроблено автором)

Управління попитом має забезпечуватися дослідженням та прогнозуванням попиту з окремих пунктів мережі авіаліній конкретного перевізника. Аналіз даних історичних вантажопотоків з кожного пункту мережі має забезпечити можливість виявлення резервів попиту та створити передумови до залучення додаткових

трансферних потоків на рейси авіакомпанії. Управління попитом має реалізовуватися шляхом детального вивчення та прогнозування попиту на окремих маршрутах мережі. Аналіз даних історичних вантажопотоків з кожного пункту мережі забезпечить можливість виявлення резервів попиту, а також залучення додаткових трансферних потоків.

Управління структурою тоннажу має забезпечити виділення визначених квот та блоків тоннажу на кожному рейсі та баланс категорій вантажу. Управління ціною дасть можливість балансувати між завантаженням та доходом, оскільки, з одного боку, мета управління ціною – залучити найдорожчий вантажопотік на мережі рейсів, а з іншого – завдяки зниженню ціни можна збільшити завантаження на окремих рейсах. Управління строком та глибиною продажу дасть можливість визначати час продажу за визначеними тарифами на всю глибину продажу та регулювати початок і закінчення продажу за визначеними тарифами.

Управління мережею забезпечує використання всієї множини потенційних пунктів відправлення та призначення вантажу, а також пунктів генерації й поглинання вантажопотоку. Управляючи контрактами, можна визначати блочний продаж тоннажу на період навігації або на цілий рік, залучати постійний вантажопотік на рейси авіакомпанії.

Управління коефіцієнтом комерційного завантаження створить умови для визначення точки екстремуму, після якої збільшення коефіцієнта комерційного завантаження вже не дає значного припливу доходу в авіакомпанію, тоді як витрати на залучення додаткового вантажопотоку дають надто повільний приріст доходів.

При залученні вантажопотоку на мережу рейсів авіакомпанії одним із найважливіших факторів є блочний продаж перевезення на початку продажу на всю його глибину. Продаж відбувається за принципами «жорсткого» та «м'якого» блоків. При плануванні перевезень на рік відразу виділяють блоки тоннажу та той тоннаж, який піде у вільний продаж. Блоки місць намагаються підписати завчасно

– за рік або півроку. Блоки тоннажу дають авіакомпанії гарантований дохід, що забезпечує завантаження в низький сезон, коли вантажу немає ніде.

Для визначення вантажопотоку з окремих пунктів мережі потрібно здійснювати планування на основі ринкових даних, маркетингових досліджень, історичних даних про вантажопотік, що в результаті дасть масив даних щодо планового продажу перевезень за певними маршрутами мережі, за принципом найбільш дохідного вантажу. Історично існує певна модель вантажопотоку та історичні тарифи перевізника на тих чи інших маршрутах мережі, виходячи з яких планується продаж за тоннажем і тарифами.

Авіакомпанія працює в умовах обмеженого ресурсу – вантажної ємності, яка є мережевою. Відповідно, існують історичні ставки тарифів. Припустимо, що в Нью-Йорку вартість перевезення вантажу менша, ніж в Алмати, але в Алмати немає стільки транзитного вантажу й за таким розкладом, як потрібно на Пекін, тому залишається частина ємності, яку авіакомпанія до завантажуватиме порівняно дешевим вантажем. На аналізованій мережі буде один з найдорожчих потоків, один з найдешевших, інші – середні, розраховані за принципом прорейтування.

Принцип для вибору вантажопотоків – максимальна дохідність при максимальному завантаженні. При управлінні вантажопотоками важливо вибати між двома трансферними потоками. Схему реалізації принципу прорейтування при виборі між трансферними потоками мережевим авіаперевізником наведено на рис. 3.7. Будь-який тариф, який надає авіаперевізник на трансферний потік, ми запропонували розподіляти за дохідністю на ділянки, використавши правила IATA SRP (IATA Straight Rate Proration). Straight Rate Proration, призначене для визначення прорейтової дохідної частини наскрізного тарифу (СТ) за ділянками маршруту, на підставі секторного довідника IATA.

Для оцінювання дохідності обслуговування вантажопотоку на кожній ділянці маршруту слід узяти ставки IATA й за ними із загального наскрізного тарифу розраховувати частки тарифу по кожному маршруту. Потім ці частки порівнюються між собою на кожному маршруті й приймається рішення.



Рисунок 3.7 – Схема реалізації принципу прорейтування при виборі між трансферними вантажними потоками мережевим авіаперевізником (розроблено автором)

Розподіл доходу на окремих плечах трансферних рейсів авіаперевізника за принципом прорейтування наведено на рис. 3.8. Є вантажі в різних точках мережі, кожен з них має певний тоннаж і приносить визначений дохід згідно з прорейтуванням, – це й буде план продажу. Проаналізуємо ситуацію, коли деякий вантаж, який було заплановано, не надійшов до авіакомпанії. Авіакомпанія цю ємність може відповідно віддати, тобто відкрити її для продажу під інші напрямки. Наприклад, якщо вантажу до Алмати немає, то авіакомпанія може відкрити цю ємність для продажу на Тбілісі, Пекін, Нью-Йорк.

При цьому кожна територія має свою глибину продажу, наприклад, у Європі середня глибина продажу перевищує 3 місяці, на інших напрямках вона коротша й обмежується періодом у 1–2 місяці. Виходячи з цього, авіакомпанія повинна оцінити, можливість залучення того чи іншого вантажопотоку за умови, якщо є відхилення від плану.

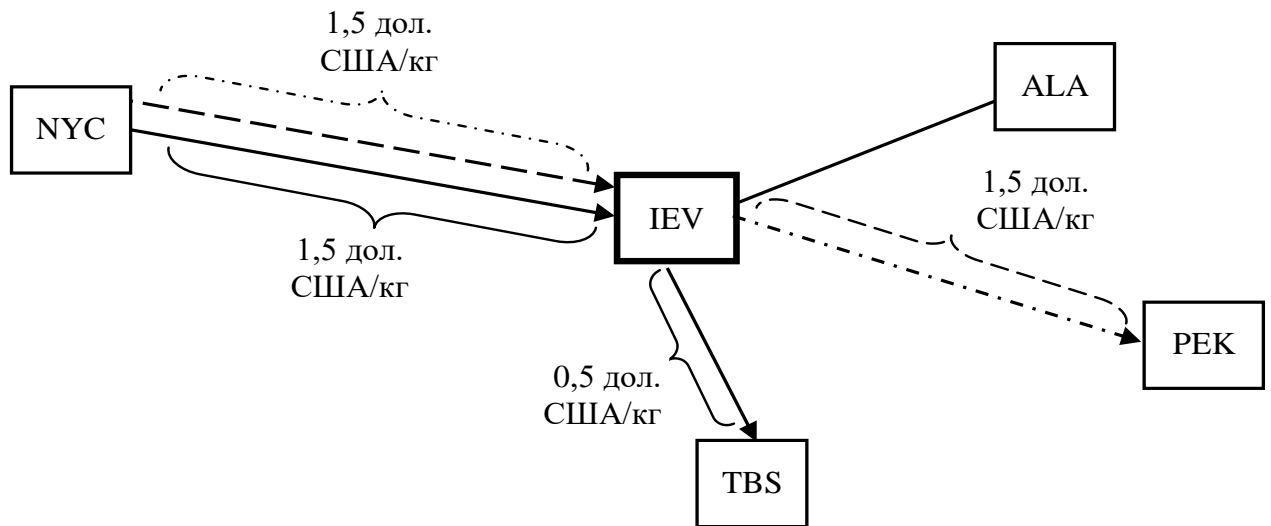


Рисунок 3.8 – Приклад розрахунку розподілу доходу на окремих плечах трансферних рейсів авіаперевізника за принципом прорейтування (розроблено автором)

Крім того, можливо, що на момент, коли тоннаж на Алмати не надійшов до авіакомпанії, в неї сформувався лист очікування, з Нью-Йорка на Тбілісі на ці дати. На листі очікування знаходиться вантаж, який хочуть відправити, але він поки що не вміщується, оскільки заброньовано тоннаж для Алмати. Тому, коли авіаперевізник, оцінюючи можливість продажу на Алмати за місяць до початку рейсу має негативну динаміку, необхідно забезпечити передання ємності в продаж та забезпечити забирання тих вантажів, що є на листах очікування.

Таким чином, авіакомпанія має весь час вивчати та контролювати попит на тоннаж, який є в кожному пункті мережі за всіма напрямками, постійно його аналізувати та під нього підлаштовуватися. Під попитом слід розуміти дані, які надходять від агентів, та дані із листів очікування. Типові дії та заходи при виявленні сталих тенденцій попиту на послуги для вантажного мережевого авіаперевізника представлені на рис. 3.9.

Також авіакомпанія використовує ринкові інструменти для оцінювання статистики по ринку і зіставляє її з власними статистичними масивами даних. За умови, якщо є сильні розходження, потрібно стимулювати попит, ставити

відповідні завдання для пошуку завантаження представникам авіакомпанії, посилювати рекламу тощо.

Стимулювати попит на тому чи іншому напрямку можна також зниженням ціни, залученням нових вантажопотоків з інших видів транспорту, тому що існують так звані субститутні вантажі, які перевозять як повітряним, так і іншими видами транспорту, а отже, знижуючи ціну, авіакомпанії спроможні перетягувати ці потоки на себе. Якщо авіакомпанія не бере тоннаж по одному напрямку, то вона повинна починати використовувати інші напрямки.

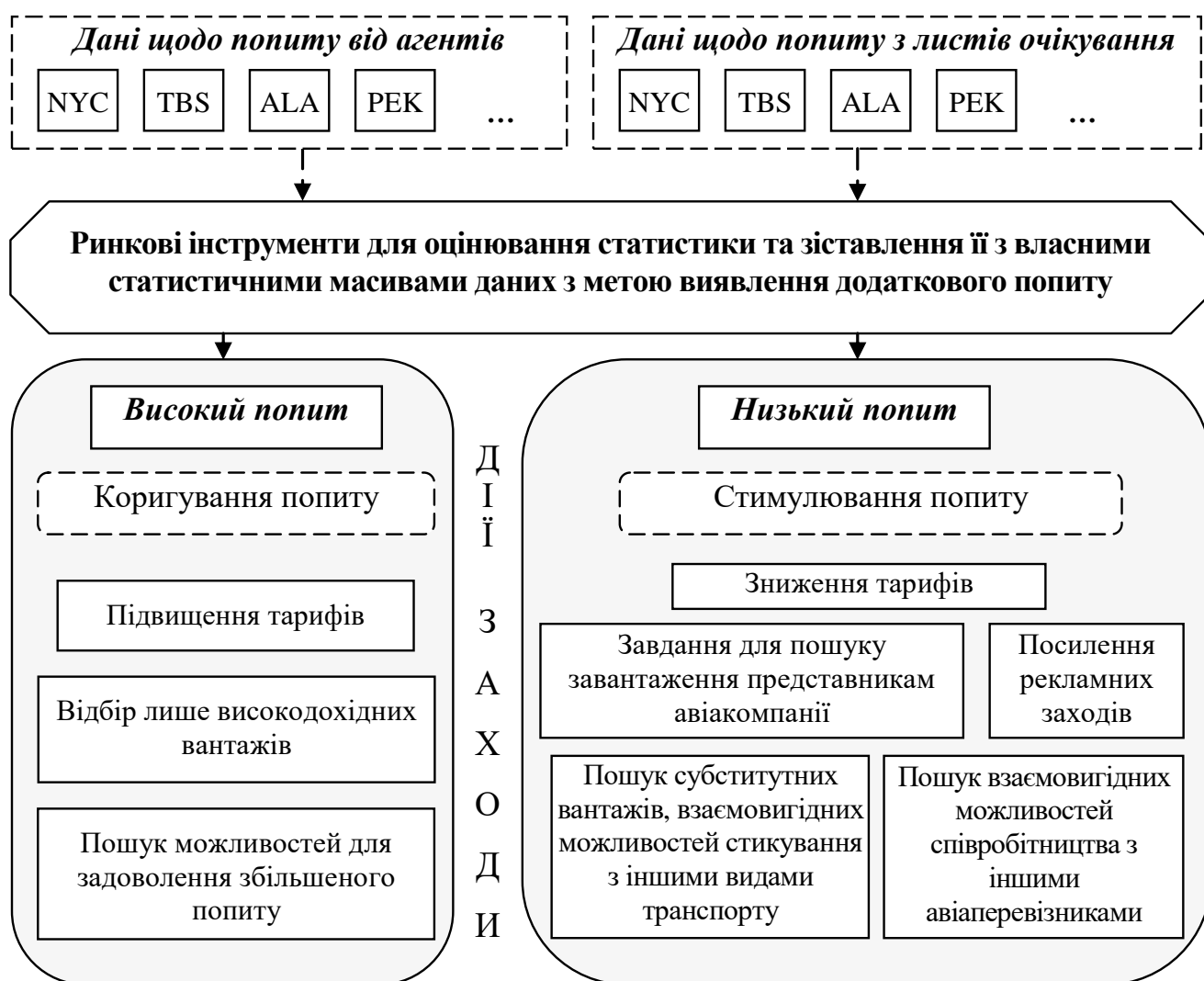


Рисунок 3.9 – Типові дії та заходи при виявленні сталих тенденцій попиту на послуги для вантажного мережевого авіаперевізника

(розроблено автором)

Отже, якщо ємність по тому чи іншому маршруту не завантажена, то авіакомпанія повинна або забирати тоннаж з листів очікування, або відкривати ємність для вантажних агентів, або вживати інших заходів для стимулювання продажу на глибину, наприклад, надавши можливість купити сьогодні тоннаж, який полетить через півроку, вдвічі дешевше.

Принципова схема полягає в тому, що авіакомпанія, за умови відсутності альтернативних шляхів, бере або існуючий вантаж, або стимулює його приплив зниженням ціни. Варто пам'ятати, що зміна тоннажу на одному напрямку тягне за собою зміни і в інших пунктах мережі.

Якщо авіаперевізник розуміє, що на рейсі Нью-Йорк – Київ на Алмати вантажу на даний момент немає, але є на Пекін за тією самою ціною, він віддасть цей тоннаж, але при цьому має пам'ятати, що залишилася порожньою ділянка Київ – Алмати, а отже, тоді ця ділянка має бути віддана під завантаження в інше місце, наприклад на Тбілісі чи Пекін. Це забезпечує ув'язку кожного пункту призначення в мережі, що вкрай важливо для гармонійного розвитку мережі та отримання максимального доходу при максимальному завантаженні на всій мережі.

Якщо авіакомпанія завантажуватиме лише один напрямок, то будуть непропорційно завантажені інші, а отже, буде втрачатиметься дохід на всій мережі. Тому, якщо буде запит на Нью-Йорк прямого вантажу, який на цьому плечі приносить більший дохід, але при цьому авіакомпанія повністю «погасить» перевезення на іншому рейсі, наприклад Алмати, перевагу слід віддати трансферному вантажу, навіть за умови, що на цьому плечі буде менший дохід.

Очевидно, що дохід від трансферного вантажу на одному плечі мережі буде завжди нижчим від прямого, але слід пам'ятати, що саме трансферний вантаж генерує дохід на двох плечах.

Якщо запланований дорогий тоннаж не надійшов до авіакомпанії, то треба розглядати два варіанти: якщо тоннаж є, але він дешевий, та якщо його взагалі немає. Якщо тоннаж є, але він дешевий, то авіакомпанія оцінює економічну

доцільність і бере т тоннаж, який доцільніший для всієї мережі. Якщо тоннажу немає взагалі, то авіакомпанія починає шукати можливості, щоб залучити його з інших пунктів своєї мережі. За наявності запитів щодо заповнення ємності на конкретний рейс з різних пунктів мережі перевага надається тому, який забезпечить більший прорейтований дохід.

Дані про завантаження та рішення щодо зміни ємностей для продажу приймаються з визначеною періодичністю: у найбільших авіакомпаніях – кожен день, у менших – один раз на тиждень, квартал, півроку. Спочатку слід здійснити базове планування з обов'язковим аналізом виконання плану за принципом оперативного планування. Через певний час знову аналізується план та робиться ще одне оперативне планування за всіма рейсами. Проблема може стосуватися конкретних рейсів, напрямків чи періодів. Якщо проблема стосується усіх рейсів за певний період, то вирішувати її необхідно не фокусно, а концептуально. Якщо проблема за певними рейсами за днями тижня, то вирішувати її потрібно фокусно, шукаючи вантажопотік саме під ці рейси.

Важливим показником ефективності вантажних перевезень авіакомпанії на мережі авіаліній є коефіцієнт комерційного завантаження. Існує змінні, за оцінкою яких можна визначити ефективність роботи авіаперевізника. Зокрема, це змінна за основою ставкою тарифу на мережі та середня дохідна доставка однієї одиниці вантажу. Ці показники взаємозалежні, оскільки при збільшенні тарифу знижується коефіцієнт комерційного завантаження і, навпаки, при зниженні середньої дохідної доставки авіакомпанія збільшує завантаження, при цьому збільшуючи витрати.

3.3. Двохетапна модель управління вантажопотоком мережевого перевізника

3.3.1. Лінійна динамічна модель транспортних потоків

Управління вантажопотоком авіакомпанії на мережі авіаліній є прикладом задачі математичного моделювання на транспортних мережах. Авіакомпанія

виконує рейси на мережі авіаліній. Мережа авіаліній авіакомпанії може бути представлена у вигляді графа. Аеропорти відправлення, проміжних посадок та призначення рейсів авіакомпанії знаходяться у вершинах графа. В аеропортах знаходяться авіаційні вантажні термінали та логістичні центри, в яких оброблюється вантаж. Кожен центр характеризується своєю пропускною спроможністю та можливістю оброблення окремих категорій вантажів.

При здійсненні авіаперевезень вантажу вантажопотік може виходити з будь-яких вершин, які будуть аеропортами відправлення вантажу, й закінчуватися в будь-яких вершинах мережі, які будуть аеропортами призначення вантажу. Також вантажопотік може накопичуватися в будь-яких вершинах, які будуть пунктами перевалки (трансферу) з одного рейсу на інший. Аеропорти відправлення є пунктами виходу вантажопотоку, аеропорти призначення є пунктами поглинання вантажопотоків, аеропорти трансферу можуть бути пунктами накопичення вантажопотоку. У кожній вершині може бути вхідний та вихідний потік, може бути накопичення та споживання потоку.

Вантажопотік переміщується від пункту виходу вантажопотоку до пункту поглинання вантажопотоку. Вантажопотоки можуть перевозитися по мережі в прямому та зворотному напрямках. Особливістю авіаційних вантажопотоків є нерівномірність: у прямому та зворотному напрямках, за місяцями року, за днями тижня та протягом доби.

Ділянки мережі є сегментами авіаперевезення вантажу. Кожна ділянка мережі відповідає авіалінії авіакомпанії. Дуги графа характеризуються пропускною спроможністю та потужністю потоку. Що стосується авіаперевезень, то показник провізної спроможності авіакомпанії є дугою графа. Розмір та структура вільного тоннажу характеризують провізну спроможність авіакомпанії на мережі авіаліній. Провізна спроможність авіакомпанії між кожною парою аеропортів характеризується кількістю та видами рейсів і наявністю вільного тоннажу на кожному рейсі.

Пропускна спроможність транспортних терміналів аеропортів у цій задачі не моделюється; вважається що вона достатня для обслуговування вантажопотоку і її

можна вважати фіксованою. Таким чином, виникає інша задача: знайти таку комбінацію перевезень вантажу за ділянками мережі, яка забезпечила б максимізацію перевезення найбільш дохідного вантажопотоку. Критерієм оптимальності є максимум доходу авіакомпанії від вантажних перевезень. Вантажопотік може вимірюватися тоннами або в грошовому вимірі. Коли ціна фіксована, то максимізація потоку означає максимізацію доходу. Система обмежень задачі відображає граничні можливості авіакомпанії щодо перевезень вантажу. Авіакомпанія може перевозити вантаж в основному на пасажирських рейсах як дозавантаження на вільному тоннажі та на вантажних рейсах. Рейси можуть бути регулярними й чартерними, прямими та з проміжними посадками, пасажирськими й вантажними. Вантаж може перевозитися поштучно або в засобах пакетування.

Принципи завантаження вантажу на окремі рейси – дотримання балансу між наявністю вільного тоннажу та обсягом і структурою вантажопотоку та його дохідністю. Існує перелік рейсів, на які вантаж не дозавантажується взагалі. Це рейси, які мають практично повне комерційне завантаження пасажирів та їхнього багажу, або рейси, які виконуються на ПС малої пасажиромісткості, з малим обсягом багажно-вантажних відсіків. Тобто на таких рейсах немає вільного тоннажу. За наявності вантажопотоків у цьому напрямку вантажі будуть відправлені іншими рейсами.

На другий тип рейсів завантажуються тільки високодохідні вантажі. На цих рейсах є обмежений вільний тоннаж, розміри якого значно менші від наявного вантажопотоку. Тому відбирається окремий сегмент вантажопотоку. На третій тип рейсів завантажуються частково високодохідні, частково звичайні вантажі. На цих рейсах вільний тоннаж має середній розмір, на нього можна взяти усі високодохідні вантажі, та ще й залишиться місце для звичайних вантажів. На четвертий тип рейсів можуть бути завантажені будь-які вантажі, які є в наявності в даному напрямку. В цьому випадку вільний тоннаж більший від наявного вантажу.

При підготовці даних для задачі слід оперувати множиною аеропортів (вантажних комплексів), множиною рейсів, на яких є вільний тоннаж на рейсі (відповідно до парку ПС), множиною вантажопотоку, який надходить із системи продажу перевезень та множиною тарифів за сегментами авіап перевезень. Загальний період планування – період зимової або літньої навігації (півріччя). Оперативне планування – на тиждень за днями та конкретними рейсами. Кінцева деталізація – завантаження рейсу. При розрахунку фактичного вантажного завантаження рейсу верхнім обмеженням буде виступати максимально можливе вантажне комерційне завантаження рейсу. Максимально можливе завантаження вантажами рейсу – це різниця між максимальним загальним комерційним завантаженням на заданому рейсі та максимальним комерційним завантаженням, пов'язаним з перевезенням пасажирів (вага пасажирів та багажу – платного та безплатного). Також відраховуються поштові ліміти, якщо вони є на даному рейсі. При здійсненні варіантів розрахунків може бути здійснено управління потужністю на різних ділянках мережі.

Якщо є незайнятий вільний тоннаж на окремих ділянках мережі, то, співпрацюючи з експедиторськими компаніями або знаходячи великих замовників, можна підтягнути додаткові вантажопотоки, що є одним з напрямків логістичного управління. Не завжди пункти відправлення вантажного рейсу збігаються з пунктом генерації вантажопотоку. Тоді має місце інтермодальне перевезення. Також важливим елементом логістичного управління перевезенням вантажів є організація та управління системою продажу авіап перевезень, що, підтягує потоки в авіакомпанію. Продаж можна розглядати як випадковий процес. Моделюючи схеми роботи з агентами, авіакомпанія впливає на залучення вантажопотоку. Для забезпечення генерування вантажопотоку виникає підзадача роботи з агентами й управління системою продажу, а також логістичного обслуговування клієнтів.

Результати продажу авіап перевезень створюють фактичний вантажопотік авіакомпанії, який і перевозиться на мережі авіаліній.

T – множина періодів планування. Окремий період планування відповідає певному часовому інтервалу, який може бути різним в окремих реалізаціях моделі;

J – множина рейсів авіакомпанії. Рейсом у даній моделі будемо називати ділянку авіалінії без проміжних посадок літаків;

I – множина аеропортів, пов'язаних із рейсами авіакомпанії;

K – множина категорій вантажів, які планує перевозити авіакомпанія. Під категорією тут мається на увазі прив'язка вантажів до тарифної сітки авіакомпанії;

t – окремих періодів планування, $t \in T$;

j – окремих рейс, $j \in J$;

i – окремих аеропорт, $i \in I$;

k – окрема категорія вантажу, котрій відповідає окремих тариф, $k \in K$;

J_t – множина рейсів авіакомпанії, що здійснюються в період t ;

J_{st}^b – множина рейсів, що починаються в аеропорту $s \in I$ в період t ;

J_{rt}^e – множина рейсів, що закінчуються в аеропорту $r \in I$ в період t ;

\bar{g}_{jt} – вільний тоннаж рейсу j в період t ;

\bar{g}_{jt}^k – обмеження на вільний тоннаж рейсу j в період t для вантажу категорії k ;

\bar{h}_{it} – максимальний тоннаж вантажу, що може бути залишений на зберігання в аеропорту i з періоду t до періоду $t+1$;

a_{srkt} – оцінювання попиту на перевезення з аеропорту $s \in I$ до аеропорту $r \in I$ вантажу категорії k в період t , який могла б задовольнити авіакомпанія;

d_{jkt} – тариф на перевезення вантажу категорії k в період t рейсом j ;

c_{ikt} – тариф на зберігання вантажу категорії k в період t в аеропорту $i \in I$;

x_{jsrkt} – змінна моделі – потік вантажу категорії k в період t з аеропорту $s \in I$ до аеропорту $r \in I$, що здійснюється рейсом j ;

h_{isrkt} – змінна моделі – потік вантажу категорії k в період t з аеропорту $s \in I$ до аеропорту $r \in I$, що залишається на зберіганні в аеропорту i для відправлення в наступний період.

$$\max_{x_{jsrkt}, h_{isrkt}} \sum_{t \in T} \left(\sum_{j \in J_t} \sum_{s, r \in I} \sum_{k \in K} d_{jkt} x_{jsrkt} - \sum_{i \in I} \sum_{s, r \in I} \sum_{k \in K} c_{ikt} h_{isrkt} \right) \quad (3.1)$$

$$\sum_{j \in J_{st}^b} x_{jsrkt} + h_{ssrkt} \leq a_{srkt} + h_{ssrkt-1}, \quad s, r \in I, k \in K, t \in T, \quad (3.2)$$

$$\sum_{j \in J_{it}^b} x_{jsrkt} + h_{isrkt} = \sum_{j \in J_{it}^e} x_{jsrkt} + h_{isrkt-1}, \quad i \in I \setminus \{s, r\}, s, r \in I, k \in K, t \in T, \quad (3.3)$$

$$\sum_{j \in J_{it}^b} x_{jsrkt} \geq h_{isrkt-1}, \quad i, s, r \in I, k \in K, t \in T, \quad (3.4)$$

$$\sum_{s, r \in I} \sum_{k \in K} x_{jsrkt} \leq \bar{g}_{jt}, \quad j \in J_t, t \in T, \quad (3.5)$$

$$\sum_{s, r \in I} x_{jsrkt} \leq \bar{g}_{jt}^k, \quad j \in J_t, k \in K, t \in T, \quad (3.6)$$

$$\sum_{k \in K} \sum_{s, r \in I} h_{isrkt} \leq \bar{h}_{ikt}, \quad i \in I, t \in T, \quad (3.7)$$

$$x_{jsrkt} \geq 0, \quad j \in J_t, s, r \in I, k \in K, t \in T, \quad (3.8)$$

$$h_{isrkt} \geq 0, \quad i, s, r \in I, k \in K, t \in T, \quad (3.9)$$

$$h_{isrk0} = 0, \quad i, s, r \in I, k \in K. \quad (3.10)$$

Модель (3.1) – (3.10) є лінійною динамічною:

(3.1) – цільова функція, яка складається з доходу від перевезення всіх категорій вантажів за всіма призначеннями та рейсами за весь час планування мінус витрати на зберігання вантажів;

(3.2), (3.3) – балансові мережеві умови;

(3.2) – це умова для початкового аеропорту s для вантажу категорії k , що має бути переміщений з цього аеропорту до аеропорту r у період t . Авіакомпанія вільна вибрати кількість вантажу різних категорій для перевезення в різних напрямках у межах оцінки розміру попиту, який вона могла б задовольнити;

(3.3) – це умови балансу для всіх інших аеропортів, що не є початковим або кінцевим. Для кінцевого аеропорту r умову можна не виписувати, оскільки вона є

наслідком уже виписаних обмежень (3.2) і (3.3). До балансу входить і вантаж, що залишається на зберігання h_{ssrkt} , h_{isrkt} та повертається із зберігання в наступний період $h_{ssrkt-1}$, $h_{isrkt-1}$;

(3.4) – вимога продовжити перевезення всіх вантажів, які були залишені на зберігання в попередній період $t - 1$ в аеропорту i ;

(3.5) – обмеження тоннажу, який може бути завантажений на рейс j у період t ;

(3.6) – обмеження тоннажу рейсу j у період t для окремих категорій вантажів k ;

(3.7) – обмеження тоннажу вантажу категорії k , що може бути залишений на зберігання в аеропорту i з періоду t до періоду $t + 1$;

(3.8), (3.9) – змінні моделі не повинні бути від’ємними;

(3.10) – початкова умова динамічної моделі – відсутність збереженого вантажу до початку планового періоду.

3.3.2. Модель оперативного управління вантажопотоками в режимі реального часу

Нехай авіакомпанія має деякий часовий «горизонт» планування T , на якому вона розглядає пропозиції щодо перевезення 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 будемо включати вид вантажу та 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 доставлятиме вантаж, час (доба) t_{iv}^w , в який вантаж w буде проходити аеропорт $i \in I_v^w$, час зберігання Δt_{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 і однозначно задає певні коефіцієнти та параметри в моделі. Множини V^w вважатимемо 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 будемо виділяти різні підмножини, наприклад, множина варіантів $V_t^j \subset V$, які використовують рейс j в день t .

Звісно, що реалізований 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 розглядатимемо тільки ті авіалінії та рейси, на яких дозволено хоч якесь завантаження.

Можливе завантаження рейсу j в день t вантажем категорії k визначається як сума $x_{jkt} = \sum_{v \in V_{kt}^j} a_v y_v$ по всіх варіантах $v \in V_{kt}^j$, 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 $h_{ikt}^+ = \sum_{v \in V_{ikt}^+} a_v y_v$ по всіх варіантах 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 $z_{kt} = \sum_{v \in V_{kt}^R} a_v y_v$ по всіх варіантах $v \in V_{kt}^R$ категорії k , які можуть бути повернуті в день t . Якщо вибрано варіант із поверненням, то вантаж не перевозиться.

Тоннаж, що перевозиться рейсом j у день t , може бути обмеженим як за категоріями вантажу, так і в цілому. Так само можуть бути обмеженими 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:

$$\max_{y_v, v \in V} \sum_{t \in T} \left(\sum_{j \in J_t} \sum_{k \in K} d_{jkt} x_{jkt} - \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} c_{ikt} H_{ikt} - \sum_{k \in K} s_{kt} z_{kt} \right), \quad (3.11)$$

$$x_{jkt} = \sum_{v \in V_{kt}^j} a_v y_v, \quad j \in J_t, k \in K, t \in T, \quad (3.12)$$

$$h_{ikt}^+ = \sum_{v \in V_{ikt}^+} a_v y_v, \quad i \in I, k \in K, t \in T, \quad (3.13)$$

$$h_{ikt}^- = \sum_{v \in V_{ikt}^-} a_v y_v, \quad i \in I, k \in K, t \in T, \quad (3.14)$$

$$H_{ikt} = H_{ikt-1} + h_{ikt}^+ - h_{ikt}^-, \quad i \in I, k \in K, t \in T, \quad (3.15)$$

$$x_{jkt} \leq \bar{g}_{jt}^k, \quad j \in J_t, k \in K, t \in T, \quad (3.16)$$

$$\sum_{k \in K} x_{jkt} \leq \bar{g}_{jt}, \quad j \in J_t, t \in T, \quad (3.17)$$

$$H_{ikt} \leq \bar{h}_{it}^k, \quad i \in I, k \in K, t \in T, \quad (3.18)$$

$$\sum_{k \in K} H_{ikt} \leq \bar{h}_{it}, \quad i \in I, t \in T, \quad (3.19)$$

$$z_{kt} = \sum_{v \in V_{kt}^R} a_v y_v, \quad k \in K, \quad t \in T, \quad (3.20)$$

$$\sum_{v \in V^w} y_v = (\leq) 1, \quad w \in W, \quad (3.21)$$

$$y_v \in \{0,1\}, \quad v \in V. \quad (3.22)$$

У (3.11) критерій оптимізації включає доходи від перевезення вантажів, витрати на зберігання в аеропортах та штрафи за повернення вантажу або відмову в перевезенні;

(3.12) – (3.14) це визначення обсягів перевезень та змін у зберіганні (змінні $x_{jkt}, h_{ikt}^+, h_{ikt}^-$) для кожної категорії вантажу на кожний день;

(3.15) – відображає динаміку зміни обсягів зберігання в аеропортах (змінні H_{ikt});

(3.16), (3.17) – обмежує обсяги перевезення вантажів на окремих авіалініях за категоріями та разом на кожний день;

(3.18), (3.19) – обмежує обсяги зберігання вантажів в аеропортах за категоріями і разом на кожний день;

(3.20) визначає обсяги повернення (змінні z_{kt});

(3.21), (3.22) – 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 (3.15) входить константа H_{ik0} . Це обсяги зберігання вантажів, які були до початку періоду моделювання.

Наведена модель є лінійною з неперервними та булевими змінними. Її можна застосовувати при порівняно помірній кількості варіантів $v \in V$. Тому вона доречна для відносно невеликих авіакомпаній та при оперативному управлінні. При оперативному управлінні інформація для моделі має постійно оновлюватися і щоразу розв'язуватися оптимізаційна задача. В результаті для деяких вантажів будуть змінюватися варіанти доставки, час і аеропорт зберігання, можлива відмова від доставки з виплатою штрафів або без їх виплати.

3.3.3. Нелінійна динамічна модель планування транспортних потоків

Автор запропонував модель, яку можна використовувати при плануванні перевезення вантажів на мережі авіаліній перевізника з урахуванням невизначеності інформації та ризиків зменшення попиту на послуги перевізника. Розглядається функціонуюча авіакомпанія, яка має мережу авіаліній та виконує на ній пасажирські перевезення. Частота рейсів змінюється залежно від сезону та інших чинників, завантаженість рейсів також змінюється протягом року. Перевезення вантажів є послугою, яка приносить авіакомпанії додатковий прибуток. Оскільки авіакомпанія діюча, то на найближчий період, скажемо, один місяць, об'єми перевезень уже практично визначені і тоннаж проданий, а планування здійснюється вперед на період, наприклад, в один рік. Вважається, що на наступні місяці теж уже вкладені певні угоди.

При цьому чим далі вглиб від моменту планування, тим більше не проданого тоннажу і більша невизначеність. Ситуація з продажем пасажирських перевезень тут не розглядається. Обсяг пасажирських перевезень при плануванні перевезення вантажів вважається визначеним.

Таким чином, задача планування може ставитися і розв'язуватися в довільний момент року. Більш того, авіакомпанії доцільно регулярно оновлювати плани, оскільки інформація постійно оновлюється, уточнюється та конкретизується.

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 авіаперевезеннях. 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 плануємо продавати тоннаж, позначатимемо $t_c > t_0$. Оскільки є глибина продажів, то момент початку перевезень позначимо $t_b > t_c$. Кожний контракт на перевезення має тривалість, отже, введемо позначення моменту закінчення перевезення $t_e > t_c$.

Припускаємо, що авіакомпанія може побудувати, а скоріше, оцінити функцію $d(\dots)$ своїх потенційних можливостей, залучити потоки вантажів 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 вибрати об'єми перевезень з потенційно можливих, а й впливати на потенційні об'єми та оптимізувати ціни.

Виходячи із загальних міркувань про властивості функції попиту, залежність функції $d(\dots)$ від перелічених параметрів буде такою:

- із збільшенням ціни попит зменшується, поки не досягне значення 0. При зменшенні ціни збільшується, але не вище від деякого граничного значення;
- із збільшенням різниці $t_b - t_c$ функція $d(\dots)$ має зменшуватися, а для того, щоб вона залишалася постійною треба зменшувати ціну. Ця різниця дорівнює «завчасності» укладання угоди про перевезення і, можливо, оплати, та визначає глибину продажу;
- зі збільшенням різниці $t_e - t_b$ функція $d(\dots)$ так само має зменшуватися, а для того щоб вона залишалася постійною, треба зменшувати ціну. Ця різниця дорівнює тривалості угод(и) про перевезення;
- функція $d(\dots)$ має залежати від моменту початку виконання перевезень t_b , оскільки це пов'язано із сезонністю та зміною попиту на перевезення;
- різниця $t_c - t_0$ має окремий вплив на функцію $d(\dots)$, оскільки вона є часовим проміжком між моментом планування та часом можливого укладання угоди. Зі збільшенням цієї різниці збільшується невизначеність функції та можливе її відхилення від прогнозованих значень.

Навіть якщо таку функцію вдасться побудувати, то використання її в моделі є проблематичним. Практичніше в таких випадках виконати дискретизацію функції – розглянути декілька діапазонів зміни частини параметрів, у кожному з яких вважати значення параметрів фіксованими (наприклад, середніми), а інша частина параметрів залишиться неперервною.

Так, 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 $\delta(t_0, t_c)$. Уже згадувалося, що можна розглядати, наприклад, такі часові інтервали як один місяць, три місяці, півроку, рік. Можна виконати дискретизацію інтервалів між підписанням угод і початком виконання та строків виконання з різним часовим кроком. 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 будуть використані 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 можуть перевозитися вантажі, а ціни будуть змінними моделі, отримаємо необхідність мати 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 періодів планування, $t \in T$;

J – множина усіх рейсів авіакомпанії. Рейсом в даній моделі будемо називати ділянку авіалінії без проміжних посадок літаків;

j – окремий рейс, $j \in J$;

I – множина аеропортів, пов'язаних із рейсами авіакомпанії та 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 за окремими рейсами;

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 $r \in I$;

$d_{sr}^k(c_{sr}^k)$ – оцінювання 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:

$$\max_{c_{sr}^k, y_{sr}^k, x_{jsrkt}} \sum_{s,r \in I} \sum_{k \in K} c_{sr}^k y_{sr}^k (t_e^k - t_b^k + 1) \quad (3.23)$$

за умов

$$y_{sr}^k \leq d_{sr}^k(c_{sr}^k), \quad s, r \in I, \quad k \in K, \quad (3.24)$$

$$\sum_{j \in J_{st}^b} x_{jsrkt} = y_{sr}^k, \quad s, r \in I, \quad t \in [t_b^k, t_e^k], \quad k \in K, \quad (3.25)$$

$$\sum_{j \in J_{it}^b} x_{jsrkt} = \sum_{j \in J_{it}^e} x_{jsrkt}, \quad i \in I \setminus \{s, r\}, \quad t \in [t_b^k, t_e^k], \quad k \in K, \quad (3.26)$$

$$\sum_{s,r \in I} \sum_{k \in K_{sr}^t} x_{jsrkt} \leq \bar{g}_{jt}, \quad j \in J_t, \quad t \in T, \quad (3.27)$$

$$x_{jsrkt} \geq 0, \quad j \in J_t, \quad k \in K_{sr}^t, \quad s, r \in I, \quad t \in T, \quad (3.28)$$

$$c_{sr}^k \geq 0, \quad y_{sr}^k \geq 0, \quad s, r \in I, \quad k \in K. \quad (3.29)$$

Наведена модель (3.23) – (3.29) є нелінійною динамічною багатопродуктовою моделлю транспортних потоків. Окремі потоки – це перевезення по кожному напрямку s, r за угодами k . Обсяги перевезень обмежені попитом $d_{sr}^k(c_{sr}^k)$ та фізичними можливостями літаків \bar{g}_{jt} . Більш детально:

(3.23) – цільова функція – сумарні надходження від вантажних перевезень на мережі авіаліній за весь період планування;

(3.24) – 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 ;

(3.25), (3.26) – балансові мережеві умови, а саме:

(3.25) – умова, яка означає, що якщо за угодою типу k планується певний обсяг перевезень на момент початку дії угоди t_b^k , що визначається сумою в (3.2), то в наступні періоди дії угоди повинен виконуватися такий самий обсяг;

(3.26) – умови балансу для всіх інших аеропортів, що не є початковим або кінцевим. Для кінцевого аеропорту r умову можна не виписувати, оскільки вона є наслідком уже виписаних обмежень (3.2) – (3.4);

(3.27) – обмеження на можливі обсяги перевезень з боку вільного тоннажу рейсу j в період t ;

(3.28), (3.29) – змінні моделі не повинні бути від’ємними.

Формально в моделі для кожного напрямку перевезень s, r розглядається вся мережа авіаліній, хоча зрозуміло, що значну частину авіаліній можна б було не розглядати для конкретного напрямку. Тоді це означало б, що для кожного напрямку треба розглянути свою підмережу авіаліній і на ній виписати балансові умови, які забезпечують відправку вантажу з аеропорту s і доставку до аеропорту r . Але така формалізація зробила б модель громіздкою для сприйняття. Проте при реалізації моделі у вигляді розрахункової програми цей момент доречно враховувати залежно від розміру оптимізаційної задачі та об’єму вхідних даних. Запропонована модель має квадратичну цільову функцію та нелінійні обмеження (3.24). З практичної точки зору розв’язання задачі (3.32) – (3.29), при великій кількості обмежень та змінних, може бути проблематичним. Тому пропонується переформулювати таку задачу як двохетапну, для чого можна скористатися перевагами добре розвинутих пакетів, що реалізують методи лінійного програмування. А саме, на першому етапі пропонується змінювати ціни c_{sr}^k , а на другому розв’язувати задачу (3.23) – (3.28), але вже при фіксованих цінах і, відповідно, при фіксованих обсягах $d_{sr}^k(c_{sr}^k)$. Тоді задача (3.23) – (3.28) стає задачею лінійного програмування, в якій змінними будуть x_{jsrkt} та y_{sr}^k і яка може бути гарантовано успішно розв’язана при великих розмірах.

Оптимальне значення цільової функції при фіксованих c_{sr}^k позначимо як нову функцію $F(\bar{c})$, де у векторі \bar{c} зібрані всі ціни c_{sr}^k , що були змінними в початковій постановці задачі. Тоді задача першого етапу формулюється таким чином:

$$\max_{\bar{c} \geq 0} F(\bar{c}). \quad (3.30)$$

Для розв'язання задачі (3.30) можна застосувати методи нелінійного програмування, призначені для розв'язання неопуклих задач, оскільки властивості функції $F(\bar{c})$ залежать від функцій $d_{sr}^k(\dots)$ та заздалегідь можуть бути невідомі. Для максимізації (3.30) потрібен градієнт функції $F(\bar{c})$, який може бути порахований через оптимальні значення прямих змінних лінійної задачі (3.23) – (3.28), оптимальні значення її двоїстих змінних та похідні $d_{sr}^k(\dots)$.

3.3.4. Логіка розроблення та реалізації двохетапної моделі управління вантажопотоком мережевого перевізника

Саме для вирішення завдання управління вантажопотоками мережевого авіаперевізника на засадах логістики розроблено та реалізовано двохетапну модель управління вантажопотоком мережевого перевізника, яка включає математичну модель оперативного реагування в короткостроковий часовий відрізок, а також нелінійну багатопродуктову модель транспортних потоків, що дає змогу оперативно враховувати невизначеності інформації та ризики зменшення попиту на послуги перевізника.

Лінійна динамічна модель транспортних потоків та модель оперативного управління вантажопотоками в режимі реального часу описують однакові прикладні процеси – вибір вантажів і динаміку їхнього транспортування при фіксованих цінах на перевезення та фіксованому попиті. Нелінійна динамічна модель планування транспортних потоків описує процес планування продажі обсягів перевезень з урахуванням можливості варіювання цін на перевезення та впливу цін на попит.

У нелінійній динамічній моделі планування транспортних потоків замість множини категорій вантажів K розглядається множина варіантів угод про перевезення вантажів, що є значно ширшим описом перевезення вантажів. У рамках варіанта угоди розглядається як безпосередньо категорія вантажу, так і

ціна перевезення, початковий і кінцевий періоди перевезення, проміжок часу між укладанням угоди та початком перевезень.

Лінійна динамічна модель транспортних потоків та модель оперативного управління вантажопотоками в режимі реального часу, описуючи однакові процеси, мають суттєві відмінності. Нелінійна динамічна модель планування транспортних потоків має інше призначення. Характеристики моделей наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1. – Загальна характеристика розроблених математичних моделей
(розроблено автором)

Характеристика	Лінійна динамічна модель транспортних потоків	Модель оперативного управління вантажопотоками в режимі реального часу	Нелінійна динамічна модель планування транспортних потоків
Призначення	Планування перевезень	Оперативне управління перевезеннями	Планування продажів вільного тоннажу
Тип моделі	Лінійна динамічна	Лінійна динамічна	Нелінійна динамічна
Змінні	Неперервні	Неперервні та булеві	Неперервні
Припустима розмірність	Може бути велика	Обмежена можливостями розв'язування задач з булевими змінними	Обмежена можливостями розв'язування нелінійних (неопуклих) задач
Попит на перевезення	Фіксований, сумарний у межах категорій і напрямків	Фіксований, індивідуальний за вантажами	Сумарний за варіантами угод, є функцією від ціни
Ціни на перевезення	Фіксовані	Фіксовані	Є змінними моделі
Вантаж	Розглядається як частина потоку на мережі для категорії вантажу	Має індивідуальні шляхи і способи перевезення	Розглядається як частина потоку на мережі для варіантів угод
Зберігання	Сумарне в аеропорту	Сумарне і сумарне за категоріями	Не розглядається

Характеристика	Лінійна динамічна модель транспортних потоків	Модель оперативного управління вантажопотоками в режимі реального часу	Нелінійна динамічна модель планування транспортних потоків
Відмова від перевезення	Не розглядається	Допускається зі штрафами	Не розглядається
Обмеження вантажу для рейсів	За категоріями і загальне	За категоріями і загальне	Загальне

Планування діяльності авіакомпанії умовно можна розподілити на три варіанти відповідно до охопленого часового періоду: перспективне, поточне та оперативне планування. Цим варіантам у роботі відповідають усі три моделі. Моделі між собою пов'язані використанням однакової вхідної інформації про зовнішнє середовище, в якому функціонує авіакомпанія, про саму авіакомпанію та обміном інформації, яка для однієї моделі є вихідною, а для іншої вхідною. Моделі відрізняються деталізацією використання інформації та деталізацією опису транспортного процесу.

Етапність моделювання в процесі реалізації системи управління вантажопотоками мережевого авіаперевізника на засадах логістики подано на рис. 3.10. Для моделювання планування вільного тоннажу необхідною детальною вихідною інформацією слугувала статистична інформація про укладені контракти та продані перевезення самої авіакомпанії й інших перевізників, маркетингова інформація про попит на перевезення та вплив цін на попит, а також інформація про заплановані рейси самої авіакомпанії.

Після цього визначаються ціни на перевезення за варіантами угод та напрямками, а також заплановані обсяги перевезень за варіантами угод та напрямками. На основі цих даних та інформації про умови зберігання вантажів в аеропортах моделюють транспортування потоків вантажів та заповнення рейсів.

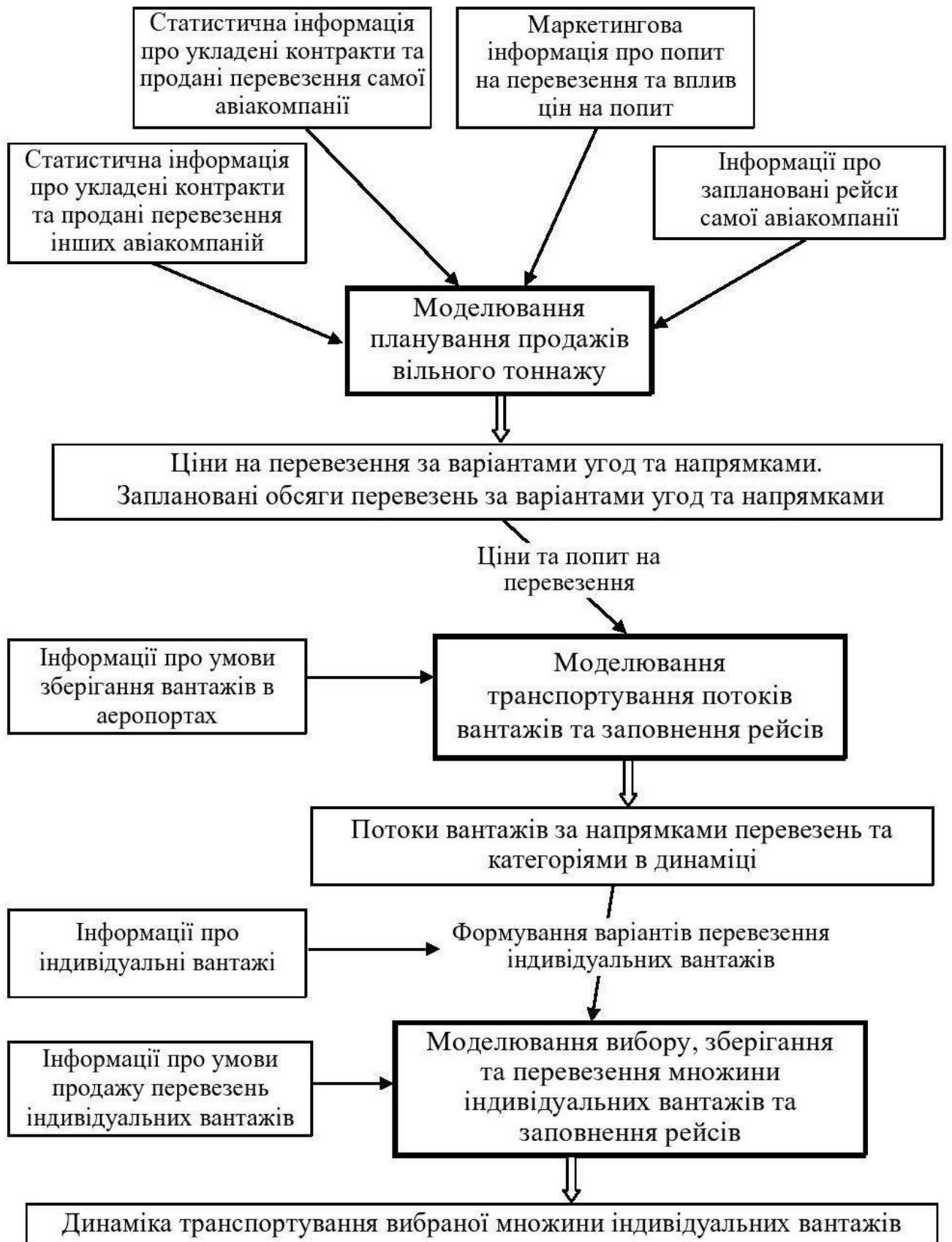


Рисунок 3.10 – Етапність моделювання в процесі реалізації системи управління вантажопотоками мережевого авіаперевізника на засадах логістики (розроблено автором)

Потім аналізуються потоки вантажів за напрямками перевезень та категоріями в динаміці. На основі інформації про індивідуальні вантажі формуються варіанти перевезення індивідуальних вантажів. Ці дані та інформація про умови продажу перевезень індивідуальних вантажів стають вихідними для моделювання вибору, зберігання та перевезення множини індивідуальних вантажів та заповнення рейсів, на основі чого встановлюється динаміка транспортування вибраної множини індивідуальних вантажів.

Висновки до розділу 3

1. Формування оптимальної структури вантажопотоків, їхня генерація, залучення та обслуговування визначено логістичними задачами. Принципи логістики застосовуються при організації руху вантажопотоків по мережі: їх консолідації в окремих аеропортах мережі, зберіганні, розконсолідації. Реалізовано науково-методичні засади прогнозування вантажопотоків на мережі авіаліній, які включають синтез кількісних та якісних методів шляхом реалізації універсальних алгоритмів та схем прогнозування вантажопотоків на маршруті, з урахуванням факторного впливу при різних видах прогнозування. Розроблено блок-схему етапності управління завантаженням рейсів мережевого авіаперевізника, універсальну схему прогнозування вантажопотоків на мережі авіаліній, загальну схему довгострокового прогнозування вантажопотоків на маршруті.

2. Установлено, що підхід до управління вантажопотоками на мережі авіаліній повинен включати аналітичну складову, а також практичні рекомендації щодо управління вантажопотоками. 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. Схема реалізації принципу прорейтування при виборі між трансферними вантажними потоками мережевим авіаперевізником, опис та приклад розподілу доходу на окремих плечах трансферних рейсів авіаперевізника за принципом прорейтування формують разом практичні рекомендації щодо управління вантажопотоками.

3. Науково обґрунтовано типові дії та заходи при виявленні сталих тенденцій попиту на послуги для вантажного мережевого авіаперевізника. Мережевий авіаперевізник має весь час вивчати та контролювати попит на тоннаж, який є в кожному пункті мережі за всіма напрямками, постійно його аналізувати та під нього підлаштовуватися. Перевізник має використовувати ринкові інструменти для оцінювання статистики по ринку і зіставляти її з власними статистичними масивами даних. За умови значних розходжень має бути стимульовано попит, поставлено задачі для пошуку завантаження представникам авіакомпанії, проведено посилення реклами та здійснено інші заходи.

4. Розроблено та реалізовано двохетапну модель управління вантажопотоком мережевого перевізника, яка включає модель оперативного управління вантажопотоками в режимі реального часу та нелінійну динамічну модель планування транспортних потоків, що дало змогу оперативно враховувати невизначеності інформації та ризики зменшення попиту на послуги перевізника. Нелінійна динамічна модель планування транспортних потоків має квадратичну цільову функцію та нелінійні обмеження. З практичної точки зору розв'язання задачі при великій кількості обмежень та змінних може бути проблематичним. Тому запропоновано переформулювати таку задачу як двохетапну, завдяки чому можна скористатися перевагами добре розвинутих пакетів, які реалізують методи лінійного програмування. Модель оперативного управління вантажопотоками в режимі реального часу є лінійною з неперервними та булевими змінними. Її доречно застосовувати для невеликих авіакомпаній та при оперативному управлінні. При оперативному управлінні інформація для моделі повинна постійно оновлюватися і щоразу розв'язуватися оптимізаційна задача. В результаті для деяких вантажів будуть змінюватися варіанти доставки, час і аеропорт зберігання, можлива відмова від доставки з виплатою штрафів або без їх виплати.

Основні положення цього розділу відображені в публікаціях автора [7–9; 11; 16; 19; 23].

РОЗДІЛ 4. ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ЗАДАЧІ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ МЕРЕЖЕВИМ АВІАПЕРЕВІЗНИКОМ

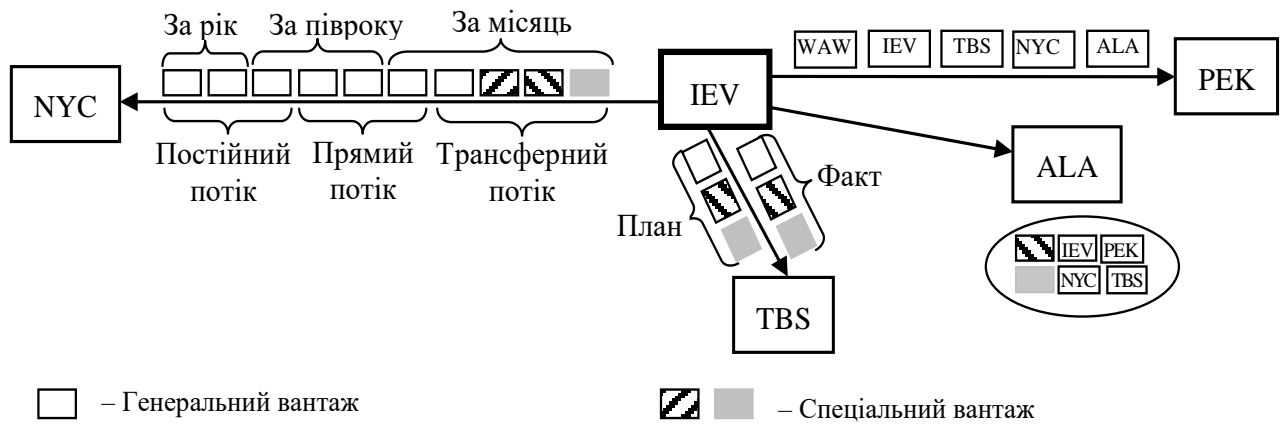
4.1. Методичні рекомендації підготовки даних та проведення обчислювальних експериментів моделі управління вантажопотоком

Важливість прогнозування й планування пов'язана з тим, що «тоннаж» (можливість перевезення) продається заздалегідь – умовно за 1 місяць, за 3 місяці, 6 місяців і навіть за рік до здійснення перевезення. Цей строк є глибиною продажу. Так само може відрізнитися тривалість потреби клієнта в перевезеннях – від одноразового перевезення до регулярних перевезень протягом року. Отже, авіакомпанія має здійснювати прогнозування і планування на глибину до двох років.

Для кожної конкретної авіакомпанії глибина прогнозування і планування відрізняється залежно від умов, у яких авіакомпанія працює, від мережі її авіаліній, інформації, яка їй доступна. Прогнозування ґрунтується головним чином на збиранні та обробленні статистичної інформації, а планування може здійснюватися із застосуванням математичних моделей, які мають використовувати вже оброблену статистичну інформацію та припущення щодо прогнозів. При цьому має бути враховано, що чим глибший прогноз, тим менш чіткими й визначеними є дані. Отже, планування має здійснюватися з урахуванням невизначеності та ризиків того, що очікувані об'єми попиту на перевезення і (або) ціни на перевезення будуть нижчими від запланованих.

Сенс планування з урахуванням ризиків полягає в тому, що в разі настання ризиків втрати авіакомпанії будуть меншими, ніж у випадку використання планів, побудованих без урахування можливих ризиків.

На рис. 4.1 наведено схему розподілу вантажопотоків на частині мережі авіакомпанії. Вантажопотік можна умовно розподілити: за часовими рамками – на той, що надходить за рік, півроку, місяць; за структурою – на постійний, прямий, трансферний; за категорією вантажу – спеціальний та генеральний.



Аеропорти: NYC – Нью-Йорк; IEV – Київ; WAW – Варшава; TBS – Тбілісі; ALA – Алмати; PEK – Пекін

Рисунок 4.1 – Схема розподілу вантажопотоків на частині мережі авіакомпанії (розроблено автором)

Загальний вигляд згаданих залежностей на рейсі Нью-Йорк – Пекін за річними даними наведено на рис. 4.2. Загальний вигляд залежності між дохідністю та завантаженням на рейсах Київ – Тбілісі, Нью-Йорк – Тбілісі та Алмати – Тбілісі за річними даними показано на рис. 4.3 – 4.5.

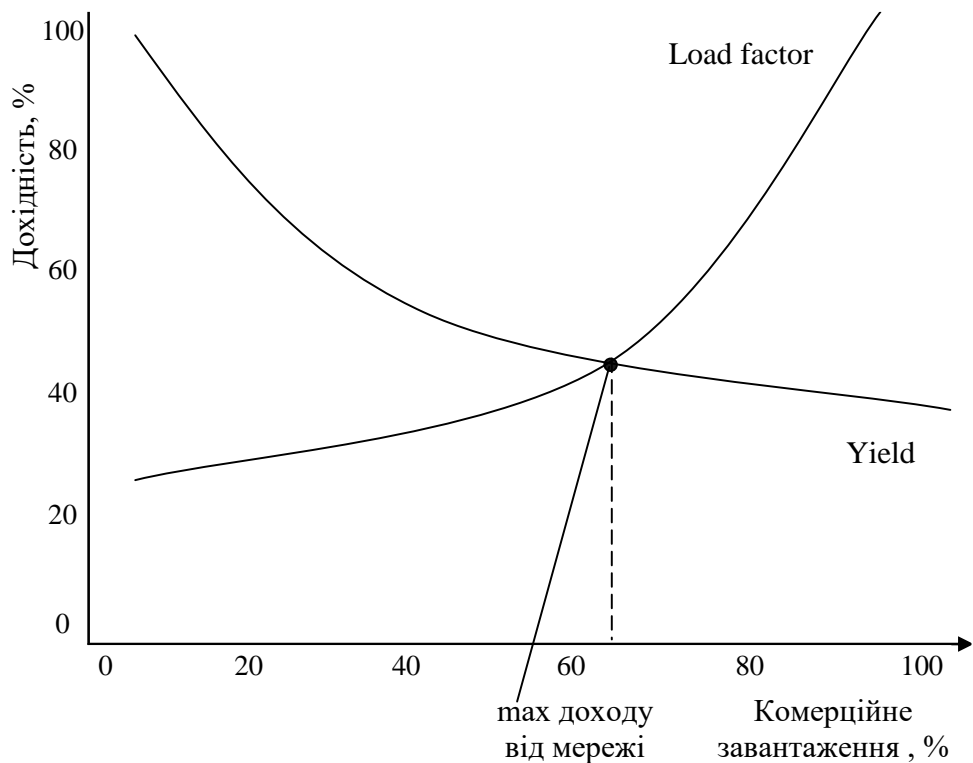


Рисунок 4.2 – Загальний вигляд залежності між дохідністю та завантаженням на рейсі Нью-Йорк – Пекін за річними даними (розраховано автором)

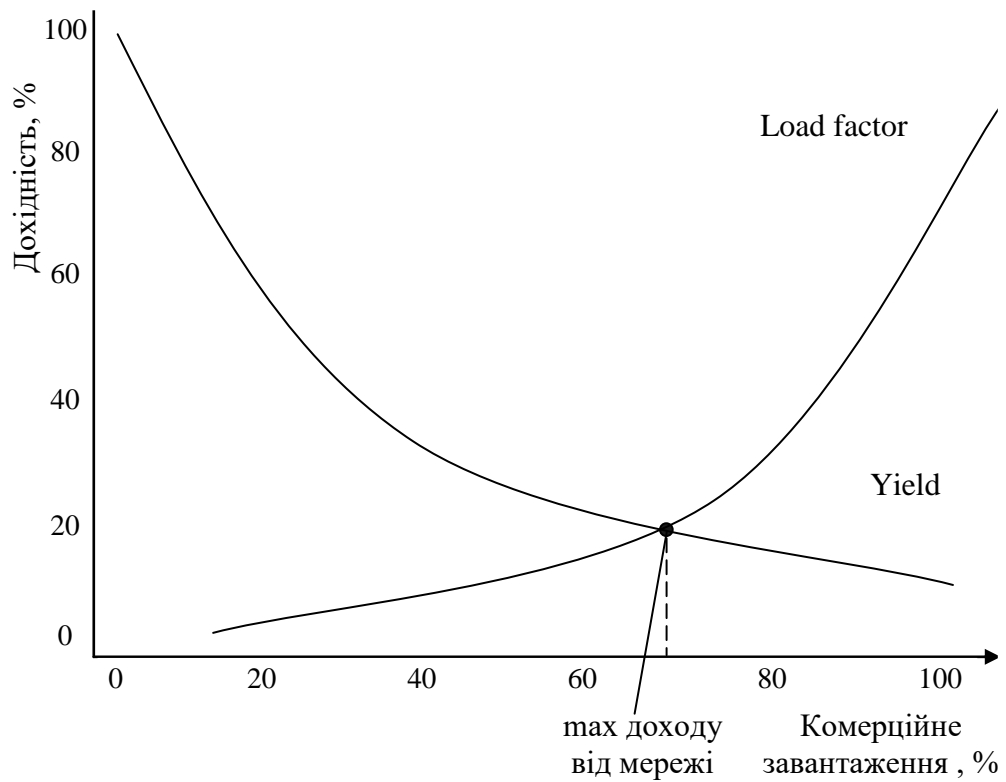


Рисунок 4.3 – Загальний вигляд залежності між дохідністю та завантаженням на рейсі Київ – Тбілісі за річними даними (розраховано автором)

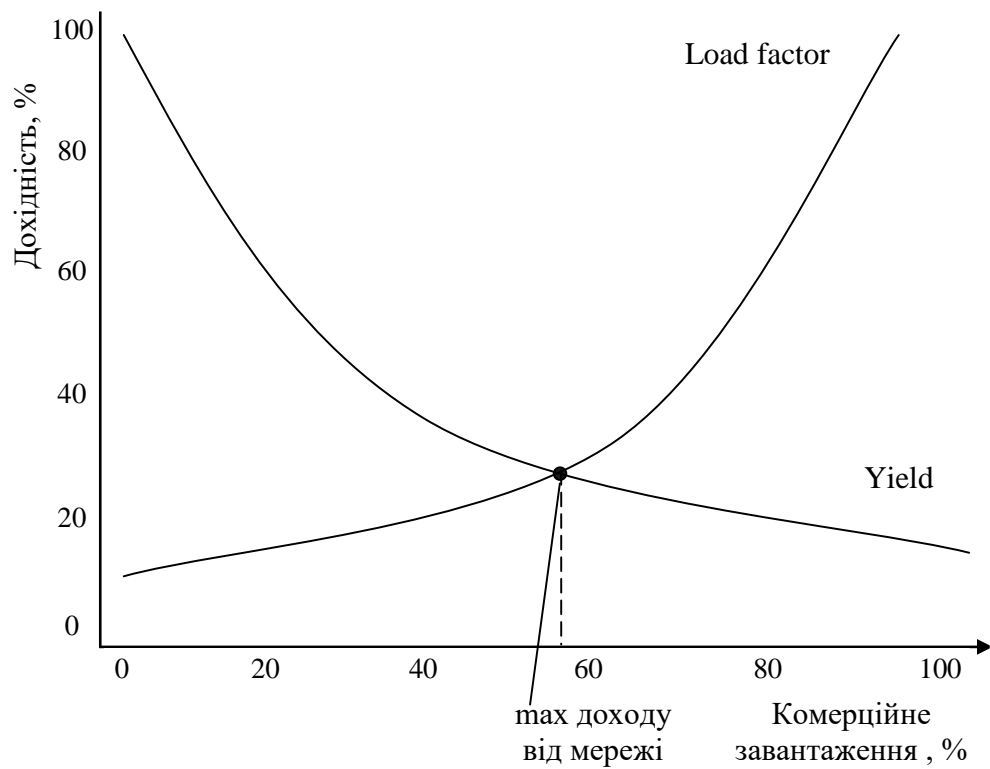


Рисунок 4.4 – Загальний вигляд залежності між дохідністю та завантаженням на рейсі Нью-Йорк – Тбілісі за річними даними (розраховано автором)

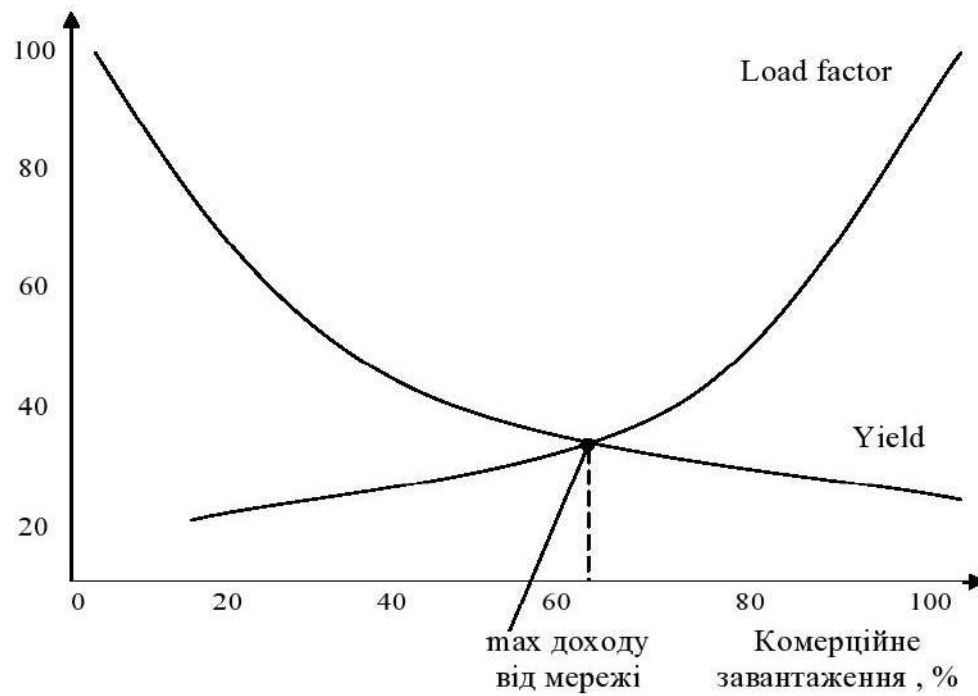


Рисунок 4.5 – Загальний вигляд залежності між дохідністю та завантаженням на рейсі Алмати – Тбілісі за річними даними (розраховано автором)

Для демонстрації роботи моделі було розроблено приклад даних, сформульовано та розв’язано оптимізаційну задачу (3.23) – (3.29). Було взято 5 аеропортів А, В, С, D, Е, які пов’язані між собою мережею авіаліній типу «зірка» з центральним аеропортом А. Вільний тоннаж на авіалініях брався такий, як показано у табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Загальний вільний тоннаж на авіалініях (розраховано автором)

Авіалінії	Загальний вільний "тоннаж" на тиждень, т			
	Сезон 1		Сезон 2	
	Туди	Назад	Туди	Назад
А-В	2.5	2.5	1.9	1.9
А-С	4.3	4.3	3.1	3.1
А-D	1.6	1.6	1.2	1.2
А-Е	0.7	0.7	0.6	0.6

Сезон 1 припадав на місяці 1–3, 10–12, сезон 2 – на місяці 4–9. Вважалося, що планування відбувається на початку року. Періодами в розрахунках були тижні. Для формування множини варіантів угод бралися строки підписання контрактів, глибина продажу та тривалість контрактів (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Складові формування множини варіантів угод (розраховано автором)

Підпишемо контракт через, місяців	Глибина продажу, місяці	Тривалість контрактів, місяці
1	1	1
3	3	3
6	6	6
12	12	12

За цими даними було сформовано 64 варіанти угод (табл. 4.3). Перевезення на тиждень та ціну в дол. США/кг за напрямками для різних видів контрактів наведено в табл. Г.1.

Таблиця 4.3 – Варіанти угод між замовниками перевезень вантажів та перевізниками (розраховано автором)

t _c	t _b	t _e	Сезони, що охоплюються		Перший місяць виконання	Останній місяць виконання
1	3	3	1	1	3	3
1	3	5	1	2	3	5
1	3	8	1	2	3	8
1	3	14	1	2	3	14
1	5	5	2	2	5	5
1	5	7	2	2	5	7
1	5	10	2	1	5	10
1	5	16	2	1	5	16
1	8	8	2	2	8	8
1	8	10	2	1	8	10
1	8	13	2	1	8	13
1	8	19	2	1	8	19
1	14	14	1	1	14	14
1	14	16	1	2	14	16
1	14	19	1	2	14	19
1	14	25	1	2	14	25
3	5	5	2	2	5	5
3	5	7	2	2	5	7
3	5	10	2	1	5	10
3	5	16	2	1	5	16
3	7	7	2	2	7	7
3	7	9	2	2	7	9
3	7	12	2	1	7	12
3	7	18	2	1	7	18
3	10	10	1	1	10	10
3	10	12	1	1	10	12
3	10	15	1	1	10	15
3	10	21	1	2	10	21
3	16	16	2	2	16	16
3	16	18	2	2	16	18

Закінчення табл. 4.3

t_c	t_b	t_e	Сезони, що охоплюються		Перший місяць виконання	Останній місяць виконання
3	16	21	2	2	16	21
3	16	27	2	1	16	27
6	8	8	2	2	8	8
6	8	10	2	1	8	10
6	8	13	2	1	8	13
6	8	19	2	1	8	19
6	10	10	1	1	10	10
6	10	12	1	1	10	12
6	10	15	1	1	10	15
6	10	21	1	2	10	21
6	13	13	1	1	13	13
6	13	15	1	1	13	15
6	13	18	1	2	13	18
6	13	24	1	2	13	24
6	19	19	2	2	19	19
6	19	21	2	2	19	21
6	19	24	2	1	19	24
6	19	30	2	1	19	30
12	14	14	1	1	14	14
12	14	16	1	2	14	16
12	14	19	1	2	14	19
12	14	25	1	2	14	25
12	16	16	2	2	16	16
12	16	18	2	2	16	18
12	16	21	2	2	16	21
12	16	27	2	1	16	27
12	19	19	2	2	19	19
12	19	21	2	2	19	21
12	19	24	2	1	19	24
12	19	30	2	1	19	30
12	25	25	1	1	25	25
12	25	27	1	1	25	27
12	25	30	1	2	25	30
12	25	36	1	2	25	36

Вважалося, що для місяців 1 і 2 все вже майже визначено, а окремі неузгодження коригуються за допомогою моделі оперативного управління.

При плануванні укладання угод та їхнього виконання вважалося, що, починаючи з місяця 3, доступний повний вільний тоннаж рейсів.

Розглядалися лінійні функції $d_{sr}^k(c_{sr}^k) = a_{sr}^k + b_{sr}^k c_{sr}^k$, де коефіцієнти a_{sr}^k, b_{sr}^k залежали від терміну дії угоди, сезонів, на які припадає угода, та глибини продажу.

У табл. 4.4 наведено приклад коефіцієнтів для всіх 64-х варіантів угод та для пар АВ, АС, АД, АЕ, ВА.

Таблиця 4.4 – Приклад коефіцієнтів для всіх 64-х варіантів угод та для пар АВ, АС, АД, АЕ, ВА (розраховано автором)

a_AB	b_AB	a_AC	b_AC	a_AD	b_AD	a_AE	b_AE	a_BA	b_BA
12.22	-2.00	24.44	-3.00	18.33	-4.50	3.67	-1.00	7.33	-1.30
6.42	-1.60	12.83	-2.40	9.63	-3.60	1.93	-0.80	3.85	-1.04
2.75	-1.20	5.50	-1.80	4.13	-2.70	0.83	-0.60	1.65	-0.78
1.83	-0.80	3.67	-1.20	2.75	-1.80	0.55	-0.40	1.10	-0.52
5.56	-2.00	11.11	-3.00	8.33	-4.50	1.67	-1.00	3.33	-1.30
3.89	-1.60	7.78	-2.40	5.83	-3.60	1.17	-0.80	2.33	-1.04
2.50	-1.20	5.00	-1.80	3.75	-2.70	0.75	-0.60	1.50	-0.78
1.67	-0.80	3.33	-1.20	2.50	-1.80	0.50	-0.40	1.00	-0.52
4.72	-2.00	9.44	-3.00	7.08	-4.50	1.42	-1.00	2.83	-1.30
4.96	-1.60	9.92	-2.40	7.44	-3.60	1.49	-0.80	2.98	-1.04
2.13	-1.20	4.25	-1.80	3.19	-2.70	0.64	-0.60	1.28	-0.78
1.42	-0.80	2.83	-1.20	2.13	-1.80	0.43	-0.40	0.85	-0.52
6.11	-2.00	12.22	-3.00	9.17	-4.50	1.83	-1.00	3.67	-1.30
3.21	-1.60	6.42	-2.40	4.81	-3.60	0.96	-0.80	1.93	-1.04
1.38	-1.20	2.75	-1.80	2.06	-2.70	0.41	-0.60	0.83	-0.78
0.92	-0.80	1.83	-1.20	1.38	-1.80	0.28	-0.40	0.55	-0.52
6.11	-2.00	12.22	-3.00	9.17	-4.50	1.83	-1.00	3.67	-1.30
4.28	-1.60	8.56	-2.40	6.42	-3.60	1.28	-0.80	2.57	-1.04
2.75	-1.20	5.50	-1.80	4.13	-2.70	0.83	-0.60	1.65	-0.78
1.83	-0.80	3.67	-1.20	2.75	-1.80	0.55	-0.40	1.10	-0.52
5.56	-2.00	11.11	-3.00	8.33	-4.50	1.67	-1.00	3.33	-1.30
3.89	-1.60	7.78	-2.40	5.83	-3.60	1.17	-0.80	2.33	-1.04
2.50	-1.20	5.00	-1.80	3.75	-2.70	0.75	-0.60	1.50	-0.78
1.67	-0.80	3.33	-1.20	2.50	-1.80	0.50	-0.40	1.00	-0.52
9.44	-2.00	18.89	-3.00	14.17	-4.50	2.83	-1.00	5.67	-1.30
6.61	-1.60	13.22	-2.40	9.92	-3.60	1.98	-0.80	3.97	-1.04
2.83	-1.20	5.67	-1.80	4.25	-2.70	0.85	-0.60	1.70	-0.78
1.42	-0.80	2.83	-1.20	2.13	-1.80	0.43	-0.40	0.85	-0.52
3.06	-2.00	6.11	-3.00	4.58	-4.50	0.92	-1.00	1.83	-1.30
2.14	-1.60	4.28	-2.40	3.21	-3.60	0.64	-0.80	1.28	-1.04
0.92	-1.20	1.83	-1.80	1.38	-2.70	0.28	-0.60	0.55	-0.78
0.92	-0.80	1.83	-1.20	1.38	-1.80	0.28	-0.40	0.55	-0.52
6.11	-2.00	12.22	-3.00	9.17	-4.50	1.83	-1.00	3.67	-1.30
6.42	-1.60	12.83	-2.40	9.63	-3.60	1.93	-0.80	3.85	-1.04
2.75	-1.20	5.50	-1.80	4.13	-2.70	0.83	-0.60	1.65	-0.78
1.83	-0.80	3.67	-1.20	2.75	-1.80	0.55	-0.40	1.10	-0.52
11.11	-2.00	22.22	-3.00	16.67	-4.50	3.33	-1.00	6.67	-1.30
7.78	-1.60	15.56	-2.40	11.67	-3.60	2.33	-0.80	4.67	-1.04
3.33	-1.20	6.67	-1.80	5.00	-2.70	1.00	-0.60	2.00	-0.78

a_AB	b_AB	a_AC	b_AC	a_AD	b_AD	a_AE	b_AE	a_BA	b_BA
1.67	-0.80	3.33	-1.20	2.50	-1.80	0.50	-0.40	1.00	-0.52
9.44	-2.00	18.89	-3.00	14.17	-4.50	2.83	-1.00	5.67	-1.30
6.61	-1.60	13.22	-2.40	9.92	-3.60	1.98	-0.80	3.97	-1.04
2.13	-1.20	4.25	-1.80	3.19	-2.70	0.64	-0.60	1.28	-0.78
1.42	-0.80	2.83	-1.20	2.13	-1.80	0.43	-0.40	0.85	-0.52
3.06	-2.00	6.11	-3.00	4.58	-4.50	0.92	-1.00	1.83	-1.30
2.14	-1.60	4.28	-2.40	3.21	-3.60	0.64	-0.80	1.28	-1.04
1.38	-1.20	2.75	-1.80	2.06	-2.70	0.41	-0.60	0.83	-0.78
0.92	-0.80	1.83	-1.20	1.38	-1.80	0.28	-0.40	0.55	-0.52
12.22	-2.00	24.44	-3.00	18.33	-4.50	3.67	-1.00	7.33	-1.30
6.42	-1.60	12.83	-2.40	9.63	-3.60	1.93	-0.80	3.85	-1.04
2.75	-1.20	5.50	-1.80	4.13	-2.70	0.83	-0.60	1.65	-0.78
1.83	-0.80	3.67	-1.20	2.75	-1.80	0.55	-0.40	1.10	-0.52
5.56	-2.00	11.11	-3.00	8.33	-4.50	1.67	-1.00	3.33	-1.30
3.89	-1.60	7.78	-2.40	5.83	-3.60	1.17	-0.80	2.33	-1.04
1.67	-1.20	3.33	-1.80	2.50	-2.70	0.50	-0.60	1.00	-0.78
1.67	-0.80	3.33	-1.20	2.50	-1.80	0.50	-0.40	1.00	-0.52
4.72	-2.00	9.44	-3.00	7.08	-4.50	1.42	-1.00	2.83	-1.30
3.31	-1.60	6.61	-2.40	4.96	-3.60	0.99	-0.80	1.98	-1.04
2.13	-1.20	4.25	-1.80	3.19	-2.70	0.64	-0.60	1.28	-0.78
1.42	-0.80	2.83	-1.20	2.13	-1.80	0.43	-0.40	0.85	-0.52
6.11	-2.00	12.22	-3.00	9.17	-4.50	1.83	-1.00	3.67	-1.30
4.28	-1.60	8.56	-2.40	6.42	-3.60	1.28	-0.80	2.57	-1.04
1.38	-1.20	2.75	-1.80	2.06	-2.70	0.41	-0.60	0.83	-0.78
0.92	-0.80	1.83	-1.20	1.38	-1.80	0.28	-0.40	0.55	-0.52

Початкові дані готувалися за допомогою програми Excel. Потім таблиці експортувалися в програму Matlab, де початкові дані перетворювалися на вхідні дані оптимізаційної задачі. Для кожної групи обмежень (3.24) – (3.27) готувалася окрема матриця. Матриці готувалися в розрідженому форматі з назвами `pmatrix_dc_pk.txt`, `pmatrix_init_pk.txt`, `pmatrix_balance_pk.txt`, `pmatrix_tonag_jt.txt`.

Підготовлена для оптимізації задача записувалась у форматі пакету Portfolio Safeguard фірми American Optimal Decision у такому вигляді:

```

problem_MultiTransport, maximize
objective:
  linear(matrix_linear_dfixc)
  quadratic(pmatrix_quadratic_cdvarc)
Constraint: = vector_ubound_pk
  linearmulti(pmatrix_dc_pk)
Constraint: = 0
  linearmulti(pmatrix_init_pk)
Constraint: = 0

```

```

linearmulti(pmatrix_balance_pk)
Constraint: <= vector_ubound_jt
linearmulti(pmatrix_tonag_jt)
Box: >= 0
Solver: vangrb

```

Для розв'язку задачі було взято солвер vangrb, який використовує оптимізаційний пакет Gurobi.

Задача містила по 1280 змінних c_{sr}^k та y_{sr}^k та близько 50 000 змінних x_{jsrkt} .

Матриці містили майже 1280, 30 000, 18 000, 1176 рядків обмежень.

Задача розв'язувалась близько 130 секунд на машині з процесором Intel Core i7-2600 CPU @ 3.4 GHz.

Оптимальне значення цільової функції – 4286,934 тисяч доларів.

Оптимальні значення змінних c_{sr}^k та y_{sr}^k для пар АВ, АС, АД, АЕ, ВА, СА для всіх варіантів угод наведено в табл. 4.5 (для тих пар, де змінна y_{sr}^k дорівнює 0, значення ціни c_{sr}^k теж показано як 0).

Таблиця 4.5 – Оптимальні значення змінних c_{sr}^k та y_{sr}^k для пар АВ, АС, АД, АЕ, ВА, СА для всіх варіантів угод (розраховано автором)

Вариант	АВ		АС		АД		АЕ		ВА		СА	
	тон	\$/кг	тон	\$/кг	тон	\$/кг	тон	\$/кг	тон	\$/кг	тон	\$/кг
1	0.957	5.632	2.288	7.386	0.578	3.946	0.101	3.566	1.091	4.802	2.409	4.993
2	0.913	3.44	1.932	4.542	0.885	2.428	0.178	2.184	0.739	2.991	1.649	3.099
3	0.012	2.281	0.08	3.011	0	0	0	0	0.11	1.974	0.243	2.057
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0.149	2.337	0.35	3.095	0	0	0	0	0.216	2.035	0.478	2.119
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0.047	2.338	0.109	3.112	0	0	0	0	0.111	2.094	0.197	2.201
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Закінчення табл. 4.5

Вариант	AB		AC		AD		AE		BA		CA	
	тон	\$/кг	тон	\$/кг	тон	\$/кг	тон	\$/кг	тон	\$/кг	тон	\$/кг
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0.344	2.459	0.738	3.257	0.178	1.733	0.059	1.531	0.333	2.148	0.731	2.236
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0.282	2.637	0.679	3.477	0.214	1.804	0.102	1.564	0.372	2.278	0.718	2.409
22	0.607	2.051	1.253	2.719	0.67	1.434	0.156	1.263	0.447	1.814	0.931	1.91
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0.667	3.715	1.488	4.889	0.233	2.69	0.026	2.447	0.597	3.24	1.431	3.317
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.026	1.08
33	0.741	2.685	1.5	3.574	0.392	1.95	0.094	1.739	0.527	2.415	1.1	2.535
34	0	0	0.158	5.281	0	0	0	0	0.217	3.493	0.597	3.585
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.032	2.187
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	1.25	4.08	2.654	5.376	1.109	2.933	0.201	2.665	0.947	3.576	2.189	3.668
39	0	0	0	0	0	0	0	0	0.008	2.554	0.051	2.643
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	1.088	4.178	2.488	5.467	0.708	2.991	0.018	2.815	1.117	3.5	2.538	3.607
42	0.786	3.641	1.747	4.781	0.837	2.522	0.15	2.292	0.724	3.118	1.523	3.274
43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	0.019	1.747	0.065	2.307	0	0	0	0	0.064	1.511	0.156	1.561
45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47	0.089	1.071	0.174	1.431	0	0	0	0	0.063	0.977	0.21	0.974
48	0.076	1.051	0.156	1.398	0	0	0	0	0.06	0.942	0.216	0.904
49	0.417	5.903	1.156	7.763	0.39	3.987	0.161	3.506	0.695	5.106	1.173	5.45
50	0.405	3.757	0.944	4.954	0.279	2.596	0.087	2.298	0.502	3.22	0.984	3.406
51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	0.184	2.062	0.388	2.732	0.04	1.506	0.008	1.355	0.157	1.813	0.413	1.824
53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
54	0.543	2.091	1.14	2.766	0.544	1.469	0.119	1.309	0.475	1.787	1.008	1.874
55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56	0.276	1.739	0.562	2.309	0.185	1.286	0.035	1.163	0.199	1.541	0.513	1.531
57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
58	0.057	2.03	0.104	2.711	0	0	0	0	0.059	1.851	0.325	1.839
59	0.464	1.384	0.924	1.848	0.371	1.043	0.08	0.929	0.288	1.266	0.697	1.275
60	0.326	1.363	0.656	1.815	0.294	1.017	0.055	0.925	0.21	1.23	0.541	1.205
61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.017	2.936
62	0.675	2.252	1.392	2.985	0.318	1.694	0.02	1.579	0.498	1.989	1.563	1.851
63	0.138	1.03	0.293	1.365	0	0	0	0	0.118	0.907	0.437	0.833
64	0.275	0.802	0.556	1.064	0.326	0.583	0.06	0.538	0.177	0.718	0.444	0.693

У табл. 4.6 показано, як використовувався вільний тоннаж деяких авіаліній. Наведено тоннаж доступний і відсоток його використання. Повний опис використання вільного тоннажу наведено в табл. Г.2.

Таблиця 4.6 – Використання вільного тоннажу деяких авіаліній
(розраховано автором)

Місяць	A-B		A-C		A-D		A-E	
	t/week	%	t/week	%	t/week	%	t/week	%
1	2.5	0	4.3	0	1.6	0	0.7	0
2	2.5	0	4.3	0	1.6	0	0.7	0
3	2.5	100	4.3	100	1.6	100	0.7	100
4	1.9	65	3.1	65	1.2	85	0.6	90
5	1.9	100	3.1	100	1.2	100	0.6	100
6	1.9	37	3.1	38	1.2	15	0.6	100
7	1.9	100	3.1	100	1.2	100	0.6	100
8	1.9	100	3.1	100	1.2	100	0.6	100
9	1.9	43	3.1	46	1.2	67	0.6	73
10	2.5	100	4.3	100	1.6	100	0.7	100
11	2.5	99	4.3	96	1.6	100	0.7	100
12	2.5	99	4.3	96	1.6	100	0.7	100
13	2.5	100	4.3	100	1.6	100	0.7	100
14	2.5	100	4.3	100	1.6	100	0.7	100
15	2.5	75	4.3	73	1.6	76	0.7	77
16	1.9	100	3.1	100	1.2	100	0.6	100
17	1.9	70	3.1	70	1.2	77	0.6	85
18	1.9	70	3.1	70	1.2	77	0.6	85
19	1.9	100	3.1	100	1.2	100	0.6	100
20	1.9	100	3.1	100	1.2	100	0.6	100
21	1.9	100	3.1	100	1.2	100	0.6	100
22	2.5	73	4.3	70	1.6	75	0.7	86
23	2.5	73	4.3	70	1.6	75	0.7	86
24	2.5	73	4.3	70	1.6	75	0.7	86
25	2.5	100	4.3	100	1.6	100	0.7	100
26	2.5	91	4.3	91	1.6	98	0.7	99
27	2.5	91	4.3	91	1.6	98	0.7	99
28	1.9	57	3.1	63	1.2	86	0.6	73
29	1.9	57	3.1	63	1.2	86	0.6	73
30	1.9	57	3.1	63	1.2	86	0.6	73
31	1.9	22	3.1	26	1.2	50	0.6	39
32	1.9	22	3.1	26	1.2	50	0.6	39
33	1.9	22	3.1	26	1.2	50	0.6	39
34	2.5	17	4.3	19	1.6	37	0.7	33
35	2.5	17	4.3	19	1.6	37	0.7	33
36	2.5	17	4.3	19	1.6	37	0.7	33

Неповне використання вільного тоннажу пов'язано з тією особливістю розв'язуваної задачі, що угоди уклалися не кожного місяця, а з інтервалом в 1, 2, 3 і 6 місяців. Для прикладу наведемо графічне представлення обсягів перевезень між кінцевими аеропортами А і В та використання авіалінії А-В в перший рік (рис. 4.6).

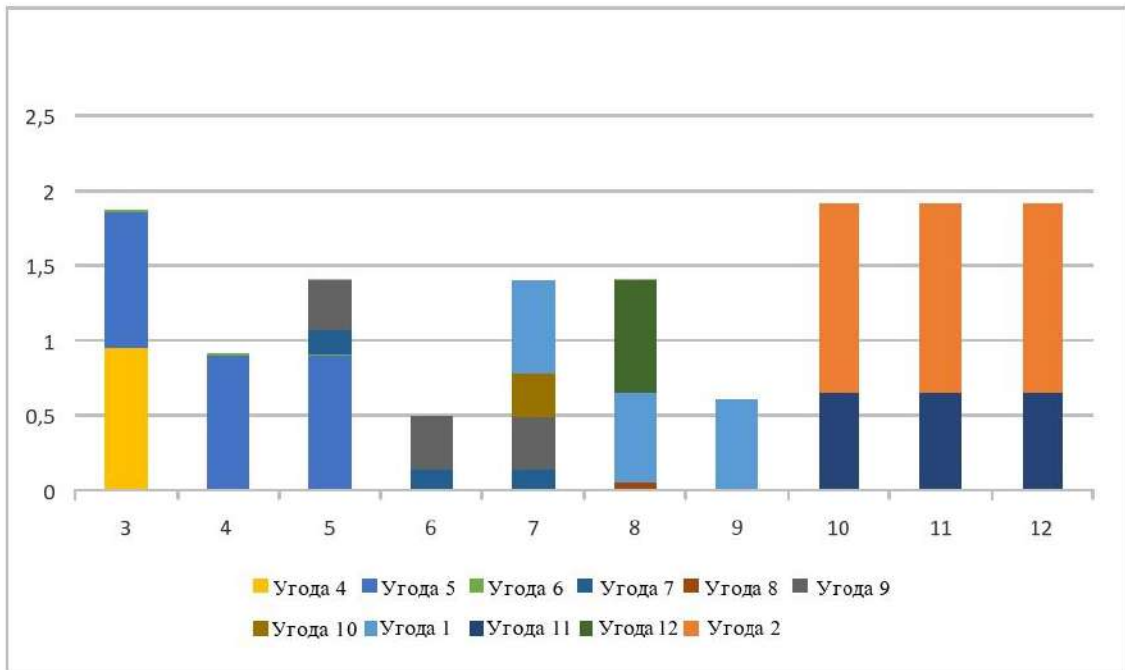


Рисунок 4.6 – Графічне представлення використання авіалінії АВ в перший рік (т/тиждень) (розраховано автором)

Різним серіям відповідають різні варіанти угод. Для кожного місяця показана сума перевезень за різними угодами, рис. 4.7.

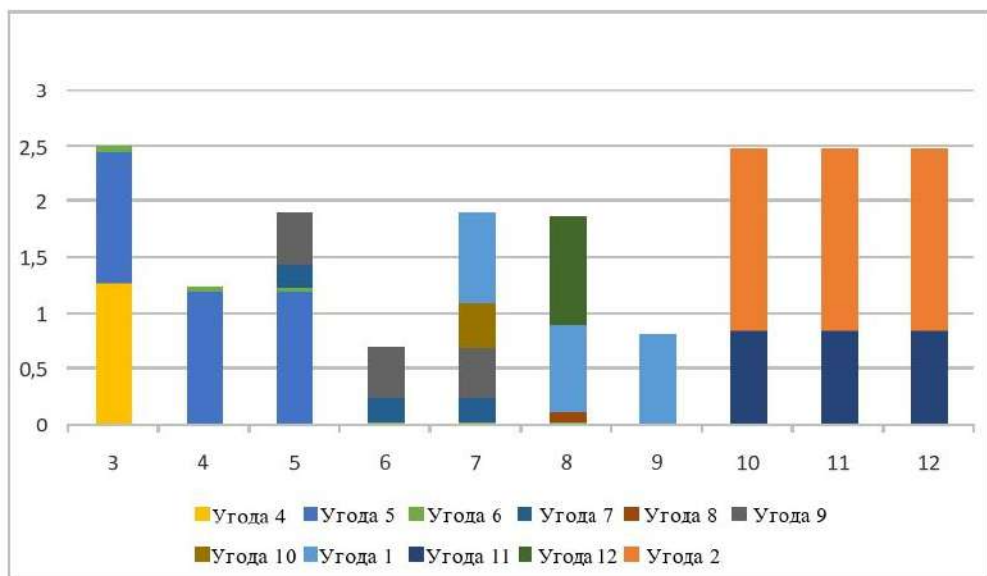


Рисунок 4.7 – Графічне представлення використання авіалінії А-В із врахуванням вантажопотоків на АВ, СВ, ДВ, ЕВ в перший рік (т/тиждень) (розраховано автором)

Різним серіям відповідають різні варіанти угод. Для кожного місяця показана сума перевезень за різними угодами та за парами АВ, СВ, DB, EB, які використовують авіалінію А-В.

4.2. Практичні рекомендації щодо реалізації системи управління вантажопотоками мережевого авіаперевізника на засадах логістики

Відповідно до реалізованих моделей, на базі серії обчислювальних експериментів, можна розробити практичні рекомендації щодо реалізації системи управління вантажопотоками мережевого авіаперевізника на засадах логістики.

Питання, які вирішує модель (3.1) – (3.10), – максимізація доходу від перевезень, із вирахуванням витрат на зберігання. У процесі вирішення задачі з'ясовується, який вантаж потрібно терміново відправити, а який залишати перевізникові на зберігання. Також можлива відмова від перевезення певного вантажу. Вважається, що є певний попит на кожен період, на кожен категорію вантажу і по кожній парі аеропортів. Під категорією вантажу розуміється абстрактна категорія поділу на частини, що закладено в індексі K моделі (3.1) – (3.10).

Формується тривимірна таблиця, де кожна клітинка вважається елементом цієї множини K , термінові відправки, нетермінові і для кожного періоду. Є певний попит, який авіакомпанія може задовольнити, тобто забезпечити перевезення, а може відмовитися від перевезення, тобто є обмеження, що перевезення менше або дорівнює попиту, перевезення не може бути більше від попиту, тому що в нас більше вантажу немає, а можливість того, що вантажу буде менше, існує.

За моделлю вирішується, який вантаж буде перевозитися мережевим авіаперевізником, виходячи з можливостей, пріоритетів, обмежень у можливостях авіакомпанії в доставці. Модель вибирає ті вантажі, які дають найбільший дохід і потребують при цьому менше витрат на зберігання; обмеження говорять про те,

що авіакомпанія може взяти вантажу не більш, ніж попит, плюс ті вантажі, які залишилися на зберігання в аеропорту.

Ті вантажі, які зберігались авіакомпанія забирає, а нові залишає на зберігання. Змінна x є безперервною, яка більша від нуля. Далі в обмеженнях моделі звичайний баланс, період часу, тип, вид, категорія вантажу, проміжні аеропорти. Це звичайне балансове співвідношення для мережі, вантаж перевозиться з одного аеропорту до іншого й не може залишатися взагалі в проміжному аеропорту. Вантаж вважається безперервним, вантаж може бути розподілений та залишений на складі, суть обмежень математично така, що можна частину вантажу взяти й перевезти, а іншу частину покласти на склад. І в кожному проміжному аеропорту R , через який вантаж буде перевезений, повинен бути баланс: скільки вантажу привезли, плюс там було на зберіганні, стільки ж повинні вивезти плюс залишити на наступний день.

Діє умова, що в початкових та кінцевих аеропортах обсяг сьогоднішніх перевезень має бути більшим від того, що вчора залишився в аеропорту на зберіганні. Тобто потрібно вивезти і сьогоднішній вантаж і той, що був на зберіганні. Перевезення розглядається за кожною категорією окремо, є обмеження по складах, тобто не можна залишити більше, ніж може вмістити склад. У моделі вважається, що x – безперервна змінна, тобто формально вантаж береться до перевезення, можна його розподілити на частини, потім усі вантажопотоки зливаються разом у кінцевому пункті.

У моделі (3.23) – (3.29) у цільовій функції також доходи від перевезення, витрати на зберігання та додаються певні штрафи за те, що авіакомпанія відмовилася перевозити вантаж. Тобто авіакомпанія може брати чи не брати вантаж, може від чогось відмовлятися; якщо авіакомпанія домовилася із замовником перевезення, а потім передумала, тоді вона платить штраф.

За змінними математично модель уже інша, тому що тут зберігання залишилося безперервне, а перевезення вантажу вже дискретне, авіакомпанія не може за моделлю (3.23) – (3.29) ділити вантаж на частини; якщо його взяли, то це

цілісний вантаж і його в цілісному вигляді завантажили в літак, тобто це ціла партія вантажу, яка на певному рівні неподільна (палета, контейнер, ящик).

Ураховано також можливість, брати чи не брати вантаж і вага цього вантажу, а авіакомпанія вирішує бере вона вантаж, чи не бере. Якщо бере, то змінною визначається вага, за умови, коли авіакомпанія його відправляє на зберігання.

У моделі (3.23) – (3.29) різні суми стоять. Важливо, під яким варіантом тут розуміється або авіакомпанія, яка везе вантаж, або варіант зберігання, або варіант відмови. І вони в цільовій функції за різними множинами йдуть: перше визначає те, що авіакомпанія везе на цьому рейсі; друге визначає те, що авіакомпанія напевно залишає на зберігання; третє визначає ті штрафи, які будуть нею сплачені, зі знаком мінус. При зберіганні вантажу в аеропортах авіакомпанія або додає вантаж на зберігання, або забирає його зі зберігання: з плюсом – це те, що вона залишає, а з мінусом – те, що забирає. У сумі виходить поточний стан складу: щось забираємо, щось додаємо, отримуючи баланс по складу. І оскільки він неподільний, то немає умови по мережі, коли вантаж зникає. Це варіант, у якому певні пункти вже заповнені, авіакомпанія це вибирає на рівні початкових варіантів. За кожним варіантом визначається ланцюжок аеропортів, через які вантаж піде.

У моделі (3.23) – (3.29) цього немає, модель сама вирішує, яким чином може бути це зроблено. Інші обмеження такі ж самі: за вагою і за зберіганням, як і в моделі (3.1) – (3.10). Але тут вже мається на увазі, що більш конкретно визначається певний варіант, який авіакомпанія вибере, через певні варіанти складів, аеропортів, за чим ховається додаткова інформація, куди буде здійснено перевезення. Варіанти перевезення вантажу: варіант включає перелік аеропортів, як він буде проходити за часом. Ця модель є більш суворою.

Штрафи за повернення блоків підуть не з мінусом, а з плюсом, оскільки це повертається перевізникові. Плюс за штраф, який іде перевізникові, а з мінусом, якщо перевізник відмовився від перевезення вантажу, за умови існування твердого контракту (жорсткого блоку) та сплатив за це. По-перше, перевізникові

певну кількість грошей повинні були вже перерахувати заздалегідь, просто ця частина грошей не повернеться в якості штрафу.

М'який блок агенти викупувають відразу, але вони можуть частину повернути без штрафу, за цих умов вони просто віддають ємності назад. Потрібно дивитися контракт, система оплати може бути абсолютно різною. Система оплати до блоку не прив'язується. Може бути 100% передоплата, або ж 25, 50 чи 75%. Усі ці обставини бувають абсолютно різними, так само, як і схеми повернення коштів.

Дохід в моделі (3.23) – (3.29) – це фактичний дохід з того, що фізично везе перевізник, тобто x – це фізичне перевезення, що прив'язане до зберігання. А те, що сплачує перевізник, це вже суто фінансова умова. Перевезення визначається за певний період, який у моделі (3.23) – (3.29) може бути різним. Можна вважати періодом день чи тиждень, залежно від глибини прорахунків.

Слід зазначити, що умови виростання штрафних санкцій у моделі (3.23) – (3.29) коректні лише за умови повної оплати на момент розрахунку. Тоді мінус – авіаперевізник повертає передоплату, а плюс – агенти платять штрафи за невикористання жорсткого блоку перевізникові. Якщо перевізник просто повертає передоплату, то не потрібно нічого враховувати взагалі, тому що в моделі не враховано динаміку грошей.

За жорстким блоком повинні використовувати всі ємності, які купив замовник. Повернути їх він можемо тільки зі штрафом. У цьому випадку ємності повертаються з поверненням частини сплачених за них коштів. Існує можливість того, що ці ємності полетять порожніми, проте в цьому випадку замовник не отримає за них нічого.

У моделі (3.23) – (3.29) можливий і м'який, і жорсткий блок. Наприклад, будемо вважати, що здійснено 100% передоплату. При м'якому блоці замовник викупив 5 вантажних місць і при жорсткому він викупив 5 місць. Припустимо, що в жорсткому блоці ціна буде меншою і становитиме 10 дол. США за вантажне місце, тоді як за умовами м'якого блоку ціна буде вищою та становитиме 12 дол. США за вантажне місце. Припустимо, що вантажний агент продав 3 місця, 2 він

хоче повернути за обома умовами. За м'яким блоком він отримує за 2 непроданих місця гроші – 12 дол. США за кожне вантажне місце, тобто замовник отримує назад 24 дол. США. Тобто, сплативши початково 60 дол. США за 5 вантажних місць та не змігши продати 2 з них, отримує за це кошти назад, а отже його втрати становитимуть 36 дол. США.

При жорсткому блоці існує можливість того, що непродані вантажні місця полетять порожніми, а отже, замовник заплативши за них 50 дол. США, понесе збиток, проте існує можливість, що він поверне непродані вантажні місця перевізникові, припустимо, за 7 дол. США, тобто його витрати становитимуть так само 36 дол. США.

Перевізник може знайти вигіднішого клієнта на продану ємність, а отже поверне сплачені за неї гроші та додатково сплатить штраф. Може бути сплачена компенсація за затримку перевезення, якщо авіаперевізник вважає за доцільне цей вантаж перевезти пізніше, а з клієнтом обумовлені більш стислі терміни перевезення.

На практиці перевізник рідко відмовляється від перевезення вантажу, зазвичай він шукає інших перевізників чи якісь інші можливі варіанти доставки. Варіант відмови насправді можливий, якщо в контракті чітко прописана дата перевезення, а авіакомпанія виходячи на зв'язок із клієнтом, зазначає, що в цю дату в неї не виходить здійснити доставку з тих чи інших причин, але залежних від авіакомпанії (не форс-мажор), тоді авіакомпанія компенсує клієнтові те, що він заплатив, та певний штраф, при цьому виконуючи набагато більш коштовний рейс чи перевозячи набагато більш коштовний вантаж, прибуток від перевезення якого покріє всі витрати та принесе прибуток.

При будь-якому плануванні можливий екстраординарний попит. Ці проблеми виникають при реалізації плану. Авіаперевізник починає планувати за рік, а за 2 тижні відбувається щось екстраординарне. Наприклад, затопило в Китаї завод з виготовлення плат, на якому сконцентроване виробництво для 30% країн світу, і це відразу спонукало для переорієнтації вантажопотоків. При цьому перевезення мали бути терміновими; оскільки зривалися контракти, ці плати різко

подорожчали в кілька разів, а отже, якщо раніше додана вартість цих комплектуючих була в межах 1 дол. США за 1 кг і ці вантажопотоки обслуговувалися іншими видами транспорту, а за цих умов додана вартість збільшилася до 4 дол. США за 1 кг і його стало вигідно доставляти на авіаційному транспорті. Отже, перевізник мав бути готовим до того, що необхідно буде переорієнтувати власні вантажні потоки й терміново шукати вільні ємності для цього вантажу.

У модель (3.23) – (3.29) такі випадки враховано в такий спосіб. В авіаперевізника щось сплановано початково, а потім у нього виникає несподіваний дефіцит перевізних ємностей, а отже, йому немає на чому везти, тому за рахунок того, що десь авіаперевізник відмовляє комусь і платить штраф, він збільшує свої провізні можливості, звільняючи їх для іншого вантажу, більш дорогого та такого, що виник спонтанно.

У моделі (3.23) – (3.29) спеціальні категорії вантажів детально не розглянуті. Там насправді дуже багато нюансів, обслуговування різних вантажів абсолютно неоднакове за вартістю, витрати на обслуговування вантажу в процесі перевезення зовсім різні, тобто генеральні вантажі вартістю в межах 0,5–0,6 дол. США за 1 кг, доходи від їх перевезення становитиме, наприклад 1 дол. США за 1 кг, а на спеціальних вантажах прибуток буде зазвичай у 3–4 рази більший і витрати будуть у 2–3 рази більші. У моделі (3.23) – (3.29) визначили можливість установа ряду категорій, хоча при проведенні розрахунків вантажі розподілили на дві категорії – генеральні та спеціальні. Ця вся різниця відображена в цьому коефіцієнті, а надалі порахували, скільки авіаперевізник отримає доходу за перевезення спеціального вантажу та скільки він витратить при цьому. Цей аспект при виборі вантажопотоків дуже важливий.

Модель (3.23) – (3.29) вирішує ті самі завдання, що й модель (3.1) – (3.10), але трохи інакше та більш конкретно. Якщо в моделі (3.1) – (3.10) багато напрямків і є потік, то в моделі (3.23) – (3.29) кожен конкретний вантаж, партія або палета чи інша вантажна одиниця – дискретні змінні, що дають змогу

вирішувати безперервно задачі великої розмірності, проте меншої глибини за часом, для зменшення розмірності задачі.

Модель (3.11) – (3.22) принципово відрізняється від моделі (3.1) – (3.10). Вона побудована на невизначеності. Тут ми припускаємо, що знаємо певні функції. Термін продажу становить рік, півроку, контракт відкриється протягом місяця, 3-х місяців залежно від того, коли клієнт підпише контракт. Зрозуміло, чим більший буде інтервал часу між тим, як клієнт поставить підпис і коли авіаперевізник почне здійснювати перевезення, тим останньому вигідніше, за інших рівних умов.

Коли замовник здійснює оплату – це вже не так важливо. При формуванні умов моделі (3.11) – (3.22) вважається, що попит буде різним. Слід пам'ятати, що контракти з великою відстрочкою – значна рідкість, найчастіше заплановані за рік-два перевезення – це основа певного довготривалого контракту. Тобто замовник підписує контракт і хоче, щоб уже через місяць авіаперевізник почав возити його вантаж протягом 3–6 місяців чи року. При цьому буде різний попит. А отже, за моделлю (3.11) – (3.22) можна створити стільки таких функцій у розумних межах, що зробить дискретизацію – 1, 3, 6 місяці, певні комбінації 100 функцій попиту і потім на цих 100 функціях попиту авіаперевізник починає визначати функцію попиту від певної пропонованої ним ціни.

За умови надання конкретних часових параметрів функція попиту веде себе однаково: чим дешевше, тим більша пропозиція, але не нескінченно. Також і час від цих параметрів залежить. Зазвичай, чим меншу авіакомпанія хоче ціну за перевезення, тим більше в неї пропозицій від вантажної клієнтури, проте це також скінченно.

Авіаперевізник має зробити ряд припущень на основі планування та прогнозування. Будуть 3 горизонти планування на основі довгострокових, середньострокових і короткострокових контрактів. Коли починаються продажі на рейс за рік та йде планування, в авіаперевізника, як правило, є довготривалі контракти – на 2–3 роки, в яких прописано певні умови. Наприклад, що авіаперевізник продав ємність на 2 тонни на тиждень протягом 2020–2022 років

на рейсі Київ – Тбілісі по ціні 1,5 дол. за 1 кг. Для моделі (3.11) – (3.22) критично важливі всі ці дані.

Необхідно певним чином змодельювати попит, а саме – скільки авіаперевізник зможе продати за певною ціною за певний час. Оскільки за рік авіаперевізник почне продавати те, що не закладено в довготривалі контракти з певною періодичністю та за певною ціною (за рік, за півроку, за 3 місяці, за місяць), то залишиться певний резерв.

Вихідними даними за моделлю (3.11) – (3.22) буде залежність попиту від ціни, оскільки від того, яку ціну перевізник установить на тому чи іншому напрямку в певний період залежить попит. При встановленні великої ціни він може нічого не продати взагалі, а якщо він поставить замалу ціну, тоді може бути забагато клієнтів, яких неможливо задовольнити, хоча частину можна залишити на потім.

Варто пам'ятати, що мають згенеровані різні ціни навіть для одного періоду часу, оскільки одна ціна буде для разового перевезення, інші – для перевезення за контрактами. Як правило за рік починають продаватися довгострокові контракти, тоді як разовому клієнту за рік рідко продаються перевезення.

4.3. Оцінювання економічного ефекту від реалізації системи управління вантажопотоками мережевого авіаперевізника на засадах логістики

З огляду на те, що визначення реального економічного ефекту від реалізації системи управління вантажопотоками мережевого авіаперевізника на засадах логістики складно оцінити в динаміці, було здійснено ранжування його складових за шкалою 1 до 10 за зростанням важливості. При цьому ключовими складовими було визначено: оптимізацію завантаження вантажами на мережі авіаліній; максимізацію доходу від перевезення вантажів; оптимізацію системи використання продажів блоків-місць завантаження вантажами; розширення каналів продажів; оптимізацію тарифних планів мережевих перевізників;

розвиток клієнтоорієнтованості; збільшення попиту на авіаційні послуги доставки вантажів; поліпшення якості авіаційних послуг доставки вантажів.

Найвагоміші економічні ефекти будуть реалізовані в оптимізації завантаження вантажами на мережі авіаліній, а максимізація доходу – від перевезення вантажів. Найменші економічні ефекти будуть спостерігатися в розвитку клієнтоорієнтованості, збільшенні попиту на авіаційні послуги доставки вантажів та поліпшенні якості авіаційних послуг доставки вантажів.

Наприклад, 05.11.2018 р., тобто за рік до перевезення, яке відбудеться 05.11.2019 р., авіакомпанія починає продавати вантажну ємність на напрям Київ – Нью-Йорк за тарифом 3 дол. США за 1 кг для клієнта, який зобов'язується надати до перевезення 2000 кг щотижня протягом усього року. Разовому клієнту в цей самий період ціну буде встановлено у межах 4 дол. США за 1 кг, а за 3,5 дол. США за 1 кг авіаперевізник готовий продавати ємність для тих, хто може виконувати контракт півроку.

Причому авіаперевізник повинен зважати, наскільки вигідно це буде перевозити за тих чи інших умов. Наприклад, якщо на цей період припадає low season, то це вигідніше, ніж тоді, коли більшу частину часу дії такого контракту буде high season. За всіма цими варіантами мають бути побудовані функції залежності. Чим їх більше, тим більша деталізація розрахунків.

Модель (3.23) – (3.29) визначає оптимальну ціну за тими чи іншими умовами. Періоди – це умови, але, можливо, це не всі умови, які слід було б врахувати, а отже, можуть бути й інші, додаткові умови. Функцією визначається, яким буде попит за цих умов залежно від ціни, і потім, коли всі ці запити зведемо, модель порівняє та встановить оптимальні ціни для перевізника.

У моделі (3.23) – (3.29) два важливих моменти: скільки авіаперевізник перевозить і за якою ціною. Це невідомі, ціна є змінною. Є ще одна функція, а саме – тимчасові індекси; а при різних індексах будуть різні функції, які певним чином залежать від ціни. Тобто тут так само діятиме умова, що чим більша ціна, тим більше авіаперевізник заробляє, але тоді в нього буде менший попит на його пропоновані ємності.

Метою реалізації двохетапної задачі було те, що вона передбачає використання нелінійної моделі, яку складно оптимізувати. Але було запропоновано цю оптимізацію розділити на 2 етапи – на одному етапі змінювали одну частину змінних, а на іншому – другу.

Наприклад, якщо в моделі фіксуються ціни, тоді виходить лінійна модель при фіксованій ціні. Потім мають бути обчислені, якщо вона лінійна, двоїсті змінні. Ці двоїсті змінні говорять про те, як краще поміняти ціну, щоб поліпшити вирішення задачі, яке вийшло при фіксованій ціні. Ціни надалі коригуються, знову моделюється вирішення задачі, після чого знову виділяємо ці двоїсті змінні, аналізуємо їх, якщо які бачимо, що при незначному коригуванні цін у певному напрямку можемо отримати ще більш оптимальне рішення.

Отже, необхідно вирішити задачу в два етапи – один раз, вважаючи, що ціни фіксовані, а потім, отримавши інформацію про оптимальне рішення, за цим варіантом коригуємо ціни, робимо ітерацію за новими цінами, знову вирішуємо задачу. Усе це вирішується в такому циклі, поки не стабілізується, а отже, виходить двохетапна задача. Вільний тоннаж авіаліній та відсоток його використання за місяцями планування наведено в дод. Д.

При плануванні за моделлю (3.11) – (3.21) на основі даних авіакомпанії «Міжнародні авіалінії України» взяли 4 рейси авіаперевізника: два далекомагістральних (Київ – Нью-Йорк та Київ – Пекін), один середньомагістральний (Київ – Алмати) і один близькомагістральний (Київ – Тбілісі) й за ними розраховували можливості управління вантажопотоками за моделлю (3.11) – (3.21). На підставі здійснених розрахунків за моделлю (3.11) – (3.21) та методичними рекомендаціями, описаними в підрозділі 4.2 дисертації, визначили вантажопотік при використанні авіалінії Київ-Нью-Йорк сумарно за напрямками Київ – Нью-Йорк, Пекін – Нью-Йорк, Алмати – Нью-Йорк та Тбілісі – Нью-Йорк тон/тиждень за перший рік (рис. 4.8).

Отже, згідно з розрахунками, наприклад, у березні оптимальним варіантом для авіакомпанії «Міжнародні авіалінії України» в структурі вантажопотоку на рейсі Київ – Нью-Йорк буде використання 1,23 т вантажу прямого напрямку Київ

– Нью-Йорк, 1,2 т вантажу напрямку Пекін – Нью-Йорк та 0,04 т вантажу напрямку Алмати – Нью-Йорк.

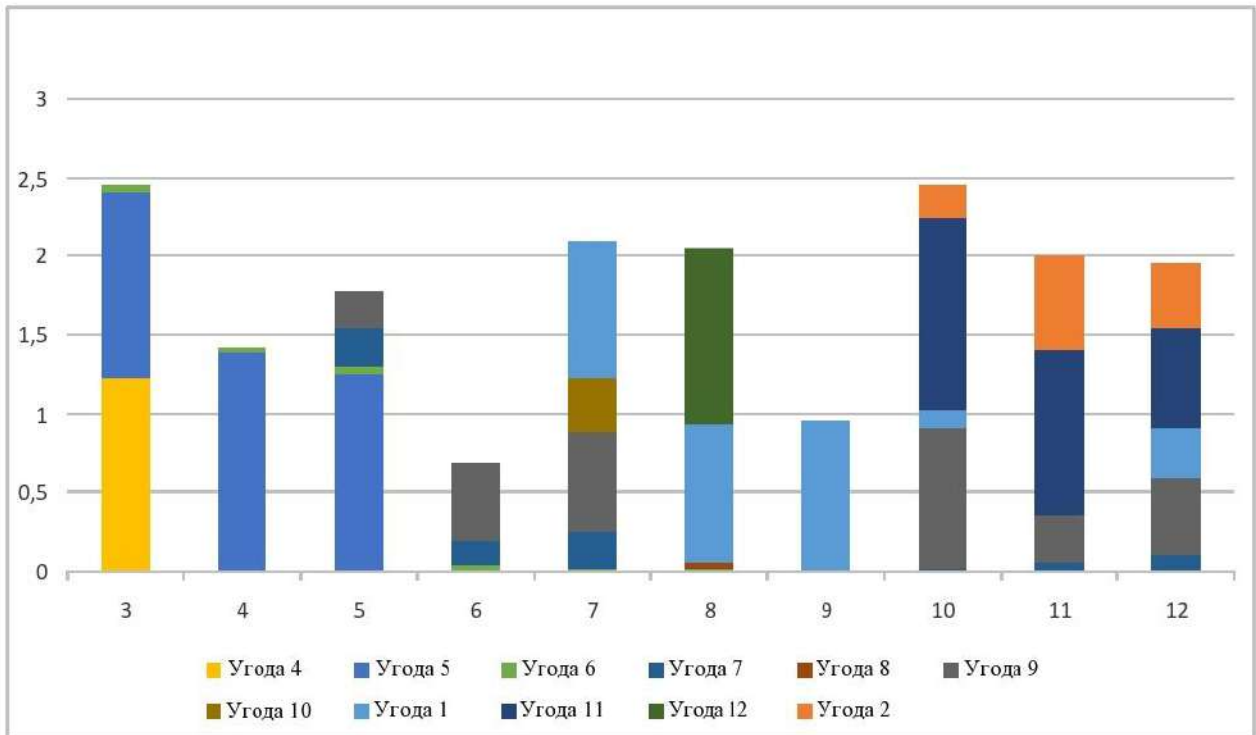


Рисунок 4.8 – Графічне представлення обсягів перевезень при використанні авіалінії Київ – Нью-Йорк із можливістю залучення вантажопотоків Київ – Нью-Йорк, Пекін – Нью-Йорк, Алмати – Нью-Йорк та Тбілісі – Нью-Йорк, тон (розраховано автором)

При управлінні вантажопотоками авіаперевізнак отримав можливість управляти доходами й витратами при виконанні рейсів із пасажирсько-вантажним завантаженням. Витрати на дозавантаження вантажами пасажирського рейсу точно виміряти дуже складно, оскільки практично неможливо відокремити витрати на перевезення вантажного завантаження від пасажирського.

У цілому при перевезенні додатково завантаженими вантажами витрати зміняться мало, дещо збільшаться витрати на паливе у зв'язку зі збільшенням комерційного завантаження. Доходи від завантаження вантажами вимірюються більш чіткіше, тому що відомі вантажні тарифи та розмір завантаження. Збільшення завантаження вантажами пасажирського рейсу дало можливість отримати значний чистий прибуток, оскільки при цьому витрати збільшуються незначними темпами, а доходи від перевезення вантажів значно зростають.

Результати розрахунків чистих доходів від реалізації продукції та собівартості реалізованої продукції для авіакомпанії «Міжнародні авіалінії України» після реалізації системи управління вантажопотоками мережевого авіаперевізника на засадах логістики, за 30 сценаріями, наведено на рис. 4.9.

За найкращим сценарієм (№ 26) різниця між показниками чистих доходів від реалізації продукції та собівартості реалізованої продукції, що виражається показником валового прибутку, становить 1916,35 млн грн, тобто він більший на 36,6 млн грн від базового показника валового прибутку авіакомпанії «Міжнародні авіалінії України» в 2016 році.

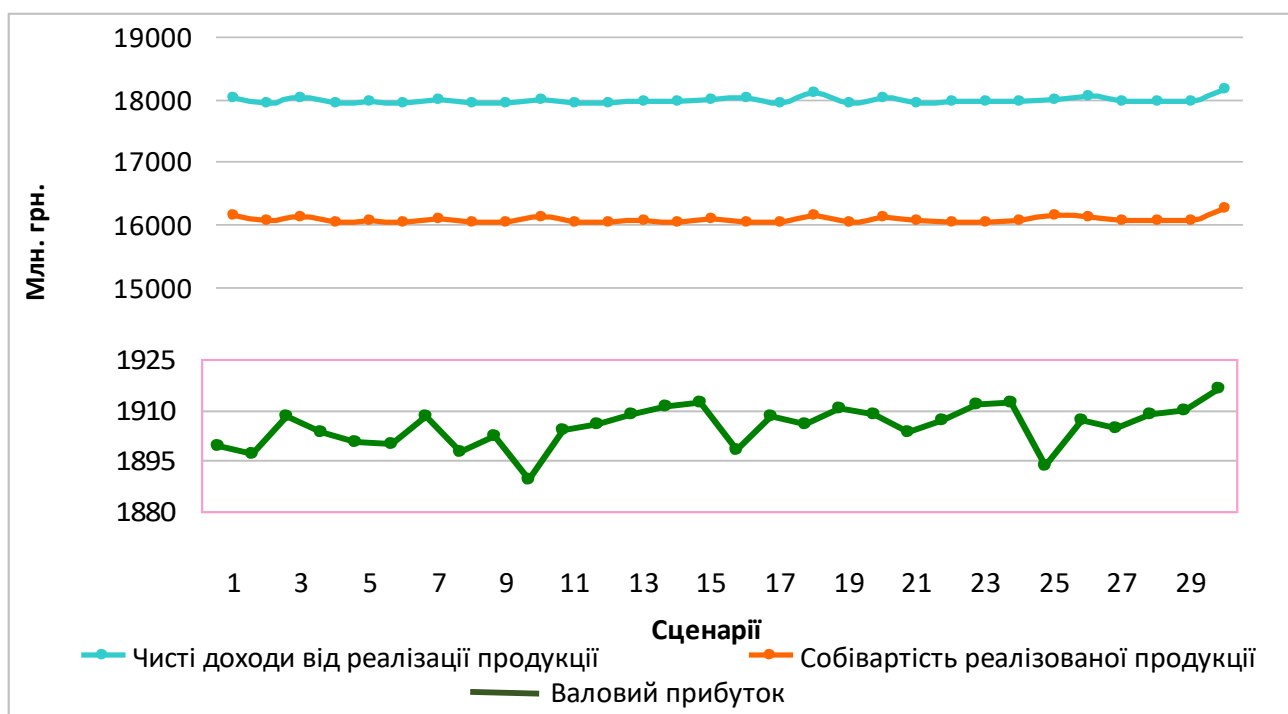


Рисунок 4.9 – Результати розрахунків для авіакомпанії «Міжнародні авіалінії України» після реалізації системи управління вантажопотоками (розраховано автором)

Порівняння значення чистого фінансового результату авіакомпанії «Міжнародні авіалінії України» до та після реалізації системи управління вантажопотоками мережевого авіаперевізника на засадах логістики за п'ятьма найкращими сценаріями, визначеними відповідно до попередньо розрахованих даних, наведено на рис. 4.10.

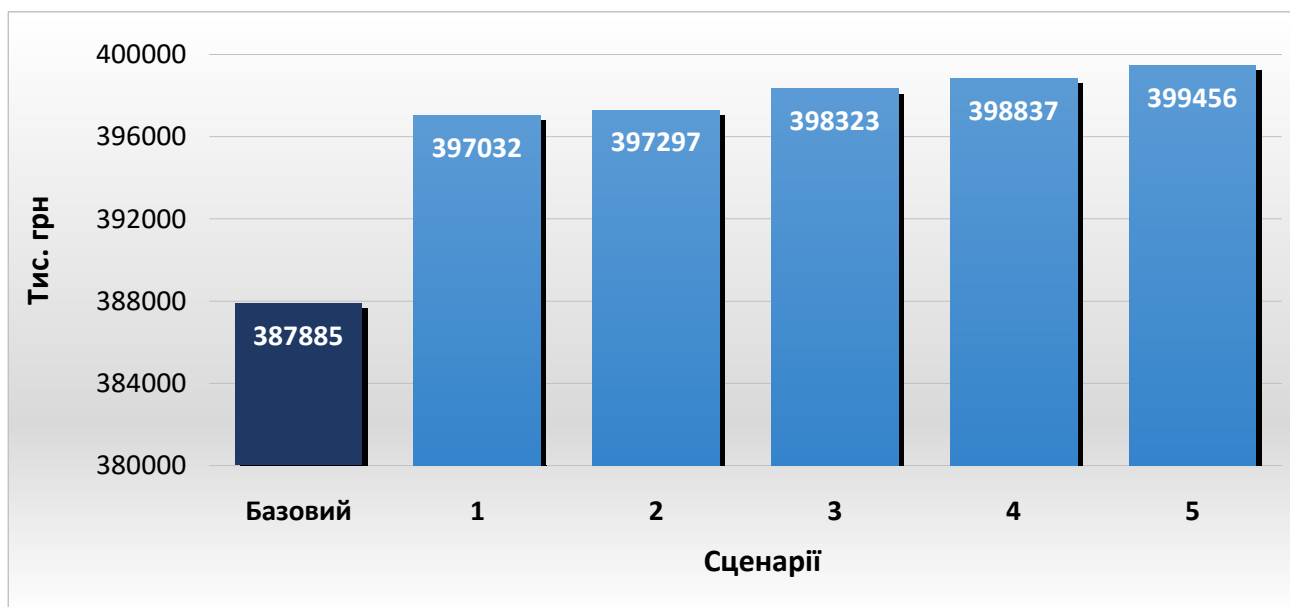


Рисунок 4.10 – Порівняння значення чистого фінансового результату авіакомпанії «Міжнародні авіалінії України» до та після реалізації системи управління вантажопотоками за базовим та п'ятьма найкращими сценаріями (розраховано автором)

Згідно з розрахунками, можемо стверджувати, що загальний чистий прибуток авіаперевізника після реалізації запропонованої системи управління вантажопотоками збільшиться, за найкращим розрахованим сценарієм, на 11571 тис. грн до 399456 тис. грн.

Висновки до розділу 4

1. Установлено, що для кожної конкретної авіакомпанії глибина прогнозування та планування відрізняються залежно від умов, у яких авіакомпанія здійснює операційну діяльність, від мережі її повітряних ліній, інформаційного наповнення, яке їй доступне. Прогнозування ґрунтується передусім на збиранні та обробленні статистичної інформації, тоді як планування може здійснюватися з використання відповідних математичних моделей, які мають використовувати вже оброблену статистичну інформацію та припущення щодо прогнозів. Таким чином, задача планування може ставитися та вирішуватися в довільний момент року.

2. Виходячи із запропонованої формалізації, було сформульовано задачу планування перевезення вантажів на мережі авіаліній перевізника. Було взято 5 аеропортів, які пов'язані між собою мережею авіаліній типу «зірка» з центральним аеропортом. Для формування множини варіантів угод бралися дані строків підписання контрактів, глибина продажу та тривалість контрактів. За цими даними було сформовано 64 варіанти угод. Початкові дані готувалися за допомогою програми Excel. Потім таблиці експортувалися в програму Matlab, де початкові дані перетворювалися на вхідні дані оптимізаційної задачі. Для розв'язку використовувався оптимізаційний пакет Gurobi.

3. Відповідно до реалізованих моделей, на базі серії обчислювальних експериментів було розроблено практичні рекомендації щодо реалізації системи управління вантажопотоками мережевого авіаперевізника на засадах логістики. При вирішенні задачі визначається, який вантаж має бути терміново відправлений, а який слід відправити на зберігання; можлива відмова від певного вантажу.

4. З огляду на те, що визначення реального економічного ефекту від реалізації системи управління вантажопотоками мережевого авіаперевізника на засадах логістики складно оцінити в динаміці, було здійснено ранжування його складових за шкалою 1 до 10 за зростанням важливості. Визначено ключові складові з них, а також найвагоміші та найменші економічні ефекти.

5. За результатами розрахунків у найкращому сценарії, після реалізації системи управління вантажопотоками, показник валового прибутку авіакомпанії «Міжнародні авіалінії України» збільшиться на 36,6 млн грн до значення в 1916,35 млн грн, а загальний чистий прибуток збільшиться, за найкращим розрахованим сценарієм, на 11,57 млн грн – до 399,46 млн грн.

Основні положення цього розділу відображені у публікаціях автора [11, 19, 23].

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 двохетапну 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 ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андреев А. В. Организационно-экономические механизмы развития стратегического управления конкурентоспособностью продукции авиакомпании : автореф. дис. ... канд. эконом. наук: 08.00.05. Москва, 2003. 26 с.
2. Андреев А. В. Методика определения конкурентоспособности маршрутов авиакомпании в зависимости от конъюнктуры. *Научный вестник МГТУ ГА. Серия «Общество, экономика, образование»*. Москва, 2003. № 58. С. 87-92.
3. Ареф'єва О. В., Мягих І. М. Проблеми формування бізнес-моделі авіакомпанії в ринкових умовах. *Формування ринкових відносин в Україні*. Київ, 2013. № 9. С. 91-94.
4. 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.
5. 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.
6. Войцеховський В. С. Формування системи логістичного управління вантажопотоком на мережі повітряних ліній. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля*. Сєверодонецьк, 2015. № 2 (219). С. 78–82.
7. 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.
8. Войцеховський В. С. Підхід до управління вантажопотоками на мережі авіаліній. *Молодий вчений: науковий журнал*. Херсон, 2017. № 7 (47). С. 10–13.
9. Войцеховський В. С. Засади прогнозування вантажопотоків на мережі авіаліній. *Молодий вчений: науковий журнал*. Херсон, 2017. № 9 (49). С. 446–449.
10. 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.

11. 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.

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

13. 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.

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

15. 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.

16. 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.

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

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

19. Войцеховський В. С. Підходи к моделюванню потоків авіаперевозок грузов на сети авіаліній. *Sisteme de transport și logistică*: міжнар. конф. (м. Кишинєу, Рєспубліка Молдова, 27–30 жовтня 2015 р.). Кишинєу, 2015. С. 173–180.

20. 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.

21. 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.). Одєсса–Сєверодонецьк. С. 12–14. *Особистий внесок: визначена етапність управління завантаженням рейсів мережевого авіаперевізника.*

22. 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.

23. 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.

24. Габрієлова Т. Ю., Литвиненко С. Л. Методологія та практика формування вантажних одиниць при перевезенні вантажів авіаційним транспортом. *Актуальні проблеми економіки*. Київ, 2011. Вип. 6 (120). С. 60–66.

25. Габрієлова Т. Ю., Литвиненко С. Л., Василенко І. В. Організаційно-економічний механізм управління економічною ефективністю доставки

спеціальних вантажів: монографія / за ред. С. Л. Литвиненка. К.: Кондор-Видавництво. 2017. 296 с.

26. Григорак М. Ю. Інтелектуалізація ринку логістичних послуг: концепції, методологія, компетентність. К.: Сік Груп Україна, 2017. 516 с.

27. Григорак М. Ю., Є. В. Юденко Эффективность организации взаимодействия предприятий в цепях экспресс-доставки грузов. *Междун. научн. изд. «Современные фундаментальные и прикладные исследования»*. Кисловодск, 2013. № 4(11). С. 118–124.

28. Гуріна Г. С. Формування логістичної стратегії авіакомпанії : автореф. дис... канд. екон. наук: 08.06.01. Київ, 2004. 21с.

29. Гуріна Г. С. Збалансована оцінка ефективності логістичної стратегії за допомогою ігрової моделі. *Актуальні проблеми економіки*. Київ, 2004. № 7. С. 76-81.

30. Гурина А.С. Ідентифікація логістичних ризиків авіакомпанії. *Актуальні проблеми економіки*. Київ, 2004. № 8. С. 98-104.

31. Дубинина В. Г. Повышение эффективности функционирования авиакомпаний на основе информационно-аналитической поддержки бизнес-процессов : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.13.01. Москва, 2005. 45 с

32. Дубинина В.Г. Статистическое оптимальное оценивание доходов рейсов на основе учета ковариационных моментов. *Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки*. 2004. №4. С. 110-111.

33. Дубинина В.Г. Модели оптимизации цены авиаперевозок. *Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки*. Новочеркасск, 2005. Прил. №1. С. 125-128.

34. Дубинина В. Г. Оптимизация коммерческой загрузки многоплечевых рейсов, максимизирующей доходы. *Сборник трудов ИСА РАН*. Москва, 2005. С. 125–129.

35. Ільєнко О. В. Організація управління партнерськими відносинами підприємств в логістичних ланцюгах авіаційних перевезень : автореф. дис. .. канд. екон. наук: 08.00.04. Київ, 2008. 20 с.

36. Ільєнко О. В. Концептуальні засади синергізму партнерських відносин в логістичному ланцюзі. *Проблеми системного підходу в економіці*. Київ, 2008. №24. С. 55-61.
37. Ільєнко О. В. Механізм управління партнерськими відносинами в логістичних ланцюгах авіаперевезень. *Проблеми підвищення ефективності інфраструктури*. Київ, 2008. №18. С. 59-65.
38. Жуков В. Е. Совершенствование методов организации оперативного управления провозными емкостями в авиакомпании на основе производственно-сбытовой модели : автореферат дис. ... канд. техн. наук: 05.22.01. Санкт-Петербург, 2014. 22 с.
39. Жуков В. Е. Имитационное моделирование ERP-систем. *Мир транспорта*. Москва, 2011. №4 (37). С. 78-83.
40. Жуков В. Е. Графическая интерпретация работы имитационной модели производственной динамики для авиакомпании. *Экономика и предпринимательство*. Москва, 2013. № 9 (38). С. 522-529.
41. Жуков В. Е. Динамическое моделирование системы управления авиатранспортным предприятием. *Экономика и предпринимательство*. Санкт-Петербург. № 2 (31). С. 201-204.
42. Зенкин А. А. Методы прогнозирования перевозок по международным коридорам. *Соискатель – приложение к журналу «Мир транспорта»*. Москва, 2015. № 1 (9). С. 68-72.
43. Інноваційна логістика: концепції, моделі, механізми: монографія / М. Ю. Григорак та ін.; за ред. М. Ю. Григорак, Л. В. Савченко. К.: Логос. 548 с.
44. Кіркін О. П. Удосконалення технології нерегулярних промислових вантажопотоків з використанням методів віртуального підприємства: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.22.12. Луганськ, 2007. 20 с.
45. Киркин А.П. Управление транспортными процессами с использованием виртуальных предприятий. *Вісник Приазов. держ. техн. ун-ту*. Маріуполь, 2003. Вип. 13. С. 284-287.

46. Киркин А.П. Транспортно-экспедиторские услуги виртуальных предприятий. *Вісник ХНАДУ*. Харків, 2003. Вип. 22. С. 47-50.
47. Козуб А. Н. Повышение конкурентоспособности российских авиакомпаний на мировом рынке грузовых авиационных перевозок: автореф. дис. ... канд. эконом. наук: спец. 08.00.14. Москва, 2010. 23 с.
48. Козуб А. Н. Проблемы развития российской аэропортовой инфраструктуры для международных грузовых авиаперевозок. *Вестник Российского государственного торгово-экономического университета*. Москва, 2008. № 6(27). С. 31-37.
49. Козуб А. Н. О влиянии экономического кризиса на развитие мировой индустрии грузовых авиаперевозок. *Логистика сегодня*. Москва, 2009. №3(33). С. 130-135.
50. Колесник М. В. Стратегії реструктуризації потенціалу авіакомпаній: автореф. дис. ... канд. економ. наук: спец. 08.07.04. Київ, 2005. 21 с.
51. Колесник М. В. Институционально-маркетинговый подход к реструктуризации потенциала авиакомпании. *Проблеми системного підходу в економіці*. Київ, 2005. Вип. №10. С.67-73.
52. Колесник М. В. Особливості формування потенціалу підприємств в лізингових відносинах. *Проблеми системного підходу в економіці*. Київ, 2004. Вип № 7. С. 158 -162.
53. Копитчук М. Б. Теоретичні основи побудови і засоби практичної реалізації інтегрованих інформаційних систем обліку вантажопотоків: дис... д-ра техн. наук: 05.13.06. Одеса, 2003. 308 с.
54. Копытчук Н.Б. Быстродействующий измерительный преобразователь для систем учета грузопотоков. *Вісник Черкаського інженерно-технологічного інституту*. Черкаси, 2002. Вип. 4. С. 81-85.
55. Литвиненко Л. Л. Адаптація бізнес-моделі авіакомпанії до умов глобального конкурентного середовища. *Економічний аналіз*. Тернопіль, 2011. Вип. 8. Ч. 2. С. 233-237.

56. Литвиненко Л. Л. Литвиненко С.Л. Механізми адаптації авіакомпаній до глобальних ринків пасажирських та вантажних перевезень: монографія. К.: Видавничий дім «Кондор», 2017. 300 с.

57. Литвиненко С. Л. Інноваційна бізнес-модель вітчизняних вантажних авіакомпаній різних організаційно-правих форм та типів. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Вол. Даля*. Луганськ, 2012. № 6 (177). Ч.1. С. 299-304.

58. Литвиненко С. Л. Принципи використання основних рішень та програм при створенні інформаційних систем вітчизняних вантажних авіакомпаній. *Вісник соціально-економічних досліджень*. Одеса, 2011. Вип. 41. Ч. 2. С. 71-75.

59. Маликов О. Б. Склады и грузовые терминалы: справочник. Санкт-Петербург, 2005. 560 с.

60. Мозговая К. А. Математическое моделирование сверхлимитных продаж в управлении доходами авиакомпании: автореф. дис. ... канд. эконом. наук: 08.00.13. Санкт-Петербург, 2013. 23 с.

61. Мозговая К. А. Применение стратегии сверхлимитного бронирования в условиях существующей регламентации авиаперевозок. *Известия РГПУ им. Герцена*. Санкт-Петербург, 2013. № 154. С. 122-128.

62. Мозговая К. А. Исследование эффективности оптимизационного метода управления доходами авиакомпании с учетом виртуальной вместимости. *Вестник СПб ГУГА*. – Санкт-Петербург, 2012. 79-85.

63. Мокринська З. В. Нові моделі бізнесу для авіакомпаній. *Проблеми і перспективи розвитку підприємництва в Україні: VI міжн. наук.-практ. конф.* Київ, 2011. С. 153-154.

64. Мокринська З. В. Формування бізнес-моделі авіакомпанії : автореф. дис. ... канд. екон. наук: 08.00.04. Київ, 2011. 19 с.

65. Нагорный Є. В., Павленко А. В. Сферы применения вариантов интенсивной технологии грузодвижения в транспортных узлах. *Вестник ХНАДУ*. Харьков, 2003. Вып 22. С. 11-14.

66. Нагорний Є. В., Альошинський Є. С., Павленко О. В. Теоретичні основи для розробки уніфікованої технології вантажного руху в транспортних вузлах. *Автомобильный транспорт*. – Харків, 2002. Вып. 10. С. 17-20.
67. Нагорний Є. В., Альошинський Є. С., Павленко О. В. Методика вибору варіанта інтенсивної технології вантажоруху в транспортному вузлі з домінуючим сектором залізничного транспорту. *Автомобильный транспорт*. Харків, 2003. Вып. 12. С. 15-19.
68. Наумов В. С. Формування раціональної структури автопарку в умовах випадкових характеристик потоку замовлень на перевезення вантажів : автореф. дис... канд. техн. наук: 05.22.01. Харків, 2006. 22 с.
69. Наумов В. С. Анализ влияния параметров потока заявок на рациональную структуру автопарка. *Автомобильный транспорт*. Харків, 2005. Вып. 17. С. 70-74.
70. Наумов В. С. Оценка риска использования парка грузовых автомобилей. *Сб. науч. тр. Нац. горн. ун-та*. Днепропетровск, 2005. Вып. 21. С. 52-56.
71. Олещук О. В. Аналітичні та інформаційні моделі і методи ідентифікації рухомих об'єктів для систем управління вантажопотоками: дис... канд. техн. наук: 05.13.06. Одеса, 2007. 159 с.
72. Онищенко В. П. Сучасні організаційні форми та моделі міжнародного бізнесу. *Зовнішня торгівля: економіка, фінанси, право*. 2015. № 3. С. 20-31.
73. Павленко О. В. Розробка моделі функціонування логістичних ланцюгів транспортного вузла для вибору інтенсивних технологій вантажоруху: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.22.01. Харків, 2004. 20 с.
74. Панченко В. И. Прогнозирование рыночного спроса на грузовые перевозки воздушным транспортом региона с ограниченной сетью наземных сообщений: на примере Дальнего Востока РФ: автореф. дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05. Хабаровск, 2007. 22 с.
75. Панченко В. И. Анализ преимуществ грузовых авиаперевозок. *Управление в социальных и экономических системах*: сборник статей IV междунар. науч.-практ. конф. Пенза, 2006. С. 205-206.

76. Плешакова О. А. Повышение эффективности функционирования авиакомпании в условиях статистической неопределенности рынка авиауслуг: дис. ... канд. техн. наук : 05.02.22. Москва, 2004. 159 с.

77. Плешакова О. А. Математические модели организации производственной деятельности типовой авиакомпании. *Научный Вестник МГТУ ГА*. Москва, 2004. № 77 (4). С. 13–19.

78. Полозов-Яблонский А. А. Определение синергетического эффекта участия авиакомпании в альянсах: дис. ... канд экон. наук : 08.00.05. Москва, 2003. 173 с.

79. Полозов-Яблонский А. А. Методика расчета синергетического эффекта участия авиакомпаний в альянсах. *Научный вестник МГТУ ГА*. Москва, 2003. №58. С. 118-123.

80. Пономарьова Н. В. Прогнозування вантажопотоків на наземних видах транспорту у міжнародному сполученні : автореф. дис... канд. техн. наук: 05.22.01. Харків, 2007. 20 с.

81. Пономарьова Н. В. Застосування методів експертних оцінок при визначенні загальних витрат замовників транспортної послуги на перевезення вантажів у міжнародному сполученні. *Збірник наукових праць Національного гірничого університету*. Дніпропетровськ, 2006. Вип. 24. С.27-30.

82. Пономарьова Н. В. Аналіз методів прогнозування вантажопотоків у міжнародному сполученні на наземних видах транспорту. *Вестник ХНАДУ*. Харьков, 2005. Вып.30. С.75-78.

83. Пономарьова Н. В. Визначення раціонального виду сполучення при міжнародних перевезеннях вантажів. *Автомобильный транспорт*. Харьков, 2006. Вып.18. С.57-61.

84. Селезньова Н. О. Використання логістичної концепції при управлінні рухом матеріального потоку підприємства. *Маркетинг і менеджмент інновацій*. Суми, 2012. № 2. С. 157-165.

85. Скуратов К. С. Управление развитием авиакомпании в современный условиях: дис. ... канд. экон наук : 08.00.05. Москва, 2003. 156 с.

86. Солнцев М. А. Оценка рыночной привлекательности воздушной линии авиакомпании. *Маркетинг и маркетинговые исследования*. Москва, 2011. № 3. С. 228-241.

87. Солнцев М. А. Комплекс маркетинговых исследований для разработки нового бренда авиакомпании. *Маркетинг и маркетинговые исследования*. Москва, 2012. № 4. С. 310-327.

88. Солнцев М. А. Стратегия дифференциации комплекса услуг авиакомпании: автореф. дис. ... канд. эконом. наук: 08.00.05. Москва, 2013. 25 с.

89. Солнцев М. А. Особенности позиционирования авиакомпании в условиях углубления дифференциации продуктового предложения. *Маркетинг и маркетинговые исследования*. Москва, 2014. № 6. С. 450-459.

90. Трегубов П. Г. О концепции создания транспортной системы высокоскоростной доставки грузов пассажирскими авиарейсами на базе московского авиаузла. *Автоматизация и управление в технических системах*. Москва, 2014. № 2. С. 75-83.

91. Трегубов П. Г. Организация движения автомобилей-тягачей со сменными прицепами и полуприцепами. *Модели и методы управления процессами на транспорте, в промышленности и образовании*. Москва, 2013. С.57-64.

92. Трегубов П. Г. Статистика перевозок грузов на автомобильном транспорте. *Модели и методы управления процессами на транспорте, в промышленности и образовании*. Москва, 2013. С. 5-11.

93. Трегубов П. Г. Повышение эффективности управления системой ускоренных мультимодальных перевозок путем моделирования грузопотоков на основе управляемых сетей: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.01. Москва, 2015. 23 с.

94. Фролова Л. В. Механізми логістичного управління торговельним підприємством : монографія. Донецьк, 2005. 322 с.

95. Фролова Л. В. Логістичне управління торговельним підприємством: теорія та методологія : автореф. дис... д-ра екон. наук: 08.07.05. Донецьк, 2005. 38 с.
96. Шкода Т. Н. Формування стратегій підвищення конкурентоспроможності авіапідприємств: автореф. дис. ... канд. економ. наук: 08.06.01. Київ, 2006. 22 с.
97. Шраменко Н. Ю. Методологический подход к синхронизации технологических процессов терминальной системы доставки грузов. *Вісник СевНТУ. Сер.: Машиноприладобудування та транспорт.* 2013. Вип. 142. С. 104-107.
98. Шраменко Н. Ю. Модель вибору раціональної вантажності автомобілів при організації перевезень дрібнопартійних вантажів. *Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета.* Харків, 2015. Вып. 68. С. 113-117.
99. Шраменко Н. Ю. Повышение эффективности функционирования терминальной системы в условиях ресурсосбережения. *Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета.* 2013. Вып. 60. С. 22-26.
100. Шраменко Н. Ю. Вплив технологічних параметрів процесу функціонування транспортно-складського комплексу на собівартість переробки вантажу. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий.* 2015. № 5(3). С. 43-47.
101. Шраменко Н. Ю. Методологія оцінювання синергетичного ефекту при термінальній системі доставки. *Актуальні проблеми економіки.* 2016. № 8. С. 439-444.
102. Юденко Є. В. Еволюція бізнес-моделей авіаперевізників на ринку вантажних перевезень. *Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту. Сер. : Економіка і управління.* 2014. Вип. 29. С. 170-181.
103. Abdelghany, A. and Abdelghany, K. (2009). *Modelling applications in the airline industry.* Ashgate Publishing Limited.

104. Alderighi, M., Cento, A., Nijkamp, P. and Rietveld, P. (2007). Assessment of hub-and-spoke and point-to-point airline network configurations. *Transport reviews*. 27, 5, 529-549.
105. Alumur, S. and Kara, B.Y. (2008). Network hub location problem: The state of the art. *European Journal of Operations Research*, 190, 1-21.
106. Ashford, N. J., Mumayiz, S., & Wright, P. H. (2011). Airport engineering: planning, design, and development of 21st century airports, Wiley.
107. Barnhart, C. and Cohn, A. (2004). Airline schedule planning: accomplishments and opportunities. *Manufacturing and service operations management*. 6, 1, 3 – 22.
108. Bondy, J.A. and Murty, U.S.R. (2008). *Graph Theory*. Springer, Berlin Heidelberg, 2008.
109. Boonekamp, T. (2014). Network quality and catchment area analysis in the air cargo industry. *SEO Economic Research*. Amsterdam.
110. Burghouwt, G. (2007). Airline Network Development in Europe and Its Implications for Airport Planning, Ashgate Studies in Aviation Economics & Management, Ashgate Publishing, Farnham.
111. Burghouwt, G., Redondi, R. (2013). Connectivity in Air Transport Networks: An Assessment of Models and Applications. *Journal of Transport Economics and Policy (JTEP)*, 47, 1, 35-53(19).
112. Chi, J. and Koo, W. (2009). Carriers' pricing behavior in the United States airline industry. *Transportation Research Part. E*, 45, 710-724.
113. Chu, S.-C., Leung, L.C., Hui, Van Y., & Cheung, W. (2013). 4th Party Cyber Logistics for Air Cargo, Springer.
114. Cherng-Chwan, H., Guo-Chou, S. (2011). Analyzing air cargo flows of international routes: an empirical study of Taiwan Taoyuan International Airport. *Journal of Transport Geography*, №19, 738–744.
115. Curtis, G. Cobham, D. (2008). Business Information Systems: Analysis, Design and Practice. Edinburgh Gate: Pearson Education Limited.

116. Derigs, U.; Friederichs, St. And Schäfer, S. (2009). A new approach for air cargo network planning. *Transportation Science*, 43, 3, 370 – 380.
117. Ferguson, M.E., Garrow, L.A., and Newman, J.P. (2012). Application of discrete choice models to choice-based revenue management problems: A cautionary note. *Journal of Revenue and Pricing Management*, 11, 536-547.
118. Gallego G., Iyengar G., Phillips R., Dubey A. Managing flexible products on a network. (2004). CORC Technical Report TR-2004-01. Department of Industrial Engineering and Operations Research, Columbia University, New York.
119. Garrow, L.A. (2009). Discrete Choice Modelling and Air Travel Demand. Theory and Applications. Ashgate Publishing Limited, Farnham, 2009.
120. Gillen, D (2006). Airline business models and networks: regulation, competition and evolution in aviation markets. *Rev Netw Econ*, 5(4), 366–385.
121. Grygorak, M. Y., Shkvar, O. A (2011). Logistic approach for description of decisionmaking process. *Aviation*, 15, 1, 21–24.
122. Grubestic T. H., Matisziw T. C., Zook M. A. (2008). Global airline networks and nodal regions. *GeoJournal*, 71(1), 53–66.
123. Heinitz, F., Hirschberger, M., Werstat, C. (2013). The role of road transport in scheduled air cargo networks. *2nd Conference of Transportation Research Group of India (2nd CTRG), Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 104, 1198–1207.
124. Heinitz, F., Meincke, P. (2011) Systematizing Routing Options in a Global Air Cargo Network Model. *Airlines Magazine*, 49, 1-5.
125. Hotle, S. L., Castillo, M., Garrow, L. A., Higgins, M. J. (2015) The impact of advance purchase deadlines on airline consumers' search and purchase behaviors. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 82, 1-16.
126. Jacobs, T.L., Garrow, L.A., Lohatepanont, M., Koppelman, F.S., Coldren, G.M. and Purnomo, H. (2012). Airline planning and schedule development. Quantitative Problem Solving Methods in the Airline Industry: A Modeling Methodology Handbook. Part of the Fred Hillier International Series on Operations Research and Management, 169, 35-100.

127. Kimms, A (2006). Economies of scale in hub & spoke network design models: We have it all wrong, in Morlock, M.et al. (eds.), *Perspectives on Operations Research – Essays in honour of K. Neumann*, Gabler Publishing, Wiesbaden.
128. Lafaye, A. (2007). Integrators' air network a review of the domestic express european market. Dissertation, Cranfield University, Cranfield.
129. Lurkin, V., Garrow, L. A., Higgins, M. J., Newman, J. P., Schyns, M. (2017). Accounting for price endogeneity in airline itinerary choice models: An application to Continental U.S. markets. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 100, 228-246.
130. Matsumoto, H., Veldhuis, J., de Wit, J., Burghouwt, G. (2008). Network performance, hub connectivity potential, and competitive position of primary airports in Asia/Pacific region. Air Transport Research Society Conference, June 2008, Athens.
131. Newman, M.E.J.; Barabási, A.–L.; Watts, D. J., eds. (2006). *The Structure and Dynamics of Networks*, Princeton University Press, Princeton and Oxford.
132. Newman, M.E.J. (2010). *Networks – An Introduction*, Oxford University Press, Oxford.
133. O'Kelly M.E. (2014). Air freight hubs in the FedEx system: analysis of fuel use. *J Air Trans Manag*, 36, 1–12.
134. Opsahla, T.; Agneessensb, F.; Skvoretz, J. (2010). Node centrality in weighted networks: Generalizing degree and shortest paths. *Social Networks*, 32, 3, 245–251.
135. Porter, M.E., Kramer, M. R. (2011). The Big Idea: Creating Shared Value. *Harvard Business Review*. Jan.-Feb 2011.
136. Post, J.E., Preston, L.E., Sachs, S. (2002). *Redefining the Corporation: Stakeholder Management and Organizational Wealth*. Stanford University Press.
137. Rushton, A. Croucher, P., & Baker, P. (2010). *The handbook of logistics and distribution management: understanding the supply chain*, Kogan Page.
138. Rześny-Cieplińska, J. Wach-Kloskowska, M. (2017). RFS as an Unconventional Method of Cargo Shipment by Air Transport. *Logistics and Transport*, 33, 1, 37-46.

139. Schön, C. (2006). Market-oriented airline service design, in K.–H. Waldmann and U.M. Stocker (eds.). *Operations Research Proceedings*, 362-366.
140. Schön, C. (2008). Optimal Service Design, Habilitation at the School of Economics and Business Engineering, University of Karlsruhe.
141. Scholz, A.B.; von Cossel, J. (2011). Assessing the importance of hub airports for cargo carriers and its implications for a sustainable airport management. *Research in Transportation Business & Management*, doi:10.1016/j.rtbm.2011.06.002.
142. Stair, R. Reynolds, G. (2010). Fundamentals of information systems. Boston: Course Technology.
143. Talluri, K. (2009). A Finite Population Revenue Management Model and a Risk-Ratio Procedure for the Joint Estimation of Population Size Parameters. *Working paper*, 2 February 2009.
144. van Ryzin, G. and Vulcano, G. (2008). Simulation-based optimization of virtual nesting controls for network revenue management. *Operations Research*, 56, 4, 865–880.
145. Voitsehovskiy, V. (2016). Modeling cargo traffic of air carrier on air route network in the real time mode. *Modern Science – Moderní věda*, 2, 52–58.
146. Voitsehovskiy, V. (2016). 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»*, 11, 18, 34–41.
147. Vowles, T. M. (2006) Airfare pricing determinants in hub-to-hub markets. *Journal of Transport Geography*, 14, 1, 15-22.
148. Zeni, R. (2003). The value of analyst interaction with revenue management systems. *Journal of Revenue and Pricing Management*, 2(1), 37–46.
149. Аэрофлот. Офіційний сайт авіакомпанії «Аерофлот». URL : <http://www.aeroflot.com/cms/new/12260/> (дата звернення 23.10.2017).
150. Аэрофлот. Офіційний сайт авіакомпанії «Аерофлот». URL : <http://www.aeroflot.com/cms/new/20173/> (дата звернення 23.10.2017).
151. Багимов А.В. Классификация различных типов потоков и правовых связей в логистических системах доставки грузов. URL : <http://www.lscm.ru/index.php/ru/po-godam/item/527/> (дата звернення 17.05.2017).

152. Божанов П. Логистизация автомобильных перевозок грузов: от зарождения до интеграции в производственные процессы. URL : http://www.belisa.org.by/kcfinder/upload/files/Art1_i40.pdf / (дата звернення 10.05.2017).

153. Грузовые авиаперевозки становятся рынком продавца. URL : <https://aircargonews.ru/2018/03/09/gruzovye-aviaperevozki-stanovyatsya-rynkom-prodavca.html> (дата звернення 12.04.2018).

154. Иванникова В. Ю., Яновский П. А., Гирич С. Ю. Моделирование объемов грузовых перевозок в аэропорту. *Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Комп'ютерні технології в міському та регіональному господарстві»* 2015. 23–28 лист. URL : Режим доступу: <http://ojs.kname.edu.ua/index.php/area/article/view/534> (дата звернення 10.04.2018).

155. Конотопский В. Ю. Влияние синхронизации локальных грузопотоков на эффективность кольцевого движения транспортных средств. URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-sinhronizatsii-lokalnyh-gruzopotokov-na-effektivnost-koltsevogo-dvizheniya-transportnyh-sredstv/> (дата звернення 23.09.2017).

156. Корень А. Стратегический подход к развитию региональных авиаперевозок в Российской Федерации. Часть 2. Российский и международные подходы к развитию региональных авиаперевозок. URL : : <https://www.aex.ru/docs/8/2013/10/3/1891/> (дата звернення 23.09.2017).

157. Кротов К. В. Направления развития концепции управления цепями поставок . URL : http://gsom.spbu.ru/files/upload/niim/publishing/2010/wp_krotov.pdf/ (дата звернення 15.09.2017).

158. Кузьмина М. А. Кононенко В. Н., Миронова Ю. П., Надирян С. Л. Тенденции развития терминальных технологий доставки грузов . URL : <https://ntk.kubstu.ru/file/1305> (дата звернення 10.09.2017).

159. Логистические процессы и морские магистрали II в Азербайджане, Армении, Грузии, Казахстане, Кыргызстане, Молдове, Таджикистане, Туркменистане, Узбекистане, Украине. Мастер-план «LOGMOS». URL :

[http://www.traceca-org.org/fileadmin/fm-dam/TAREP /65ta/Master_Plan/Master_Plan_Main_Document_ru.pdf/](http://www.traceca-org.org/fileadmin/fm-dam/TAREP /65ta/Master_Plan/Master_Plan_Main_Document_ru.pdf) (дата звернення 15.04.2017).

160. Маселко Т. Логістична концепція управління підприємством . URL : http://nltu.edu.ua/nv/Archive/2005/15_1/247_Maselko_15_1.pdf / (дата звернення 10.03.2017).

161. Підсумки діяльності авіаційної галузі України за 2016 рік . URL : <http://avia.gov.ua/wp-content/uploads/2017/04/Pidsumky-roboty-2016.pdf>

162. Попов С. А., Фомина Л. Л. От теории стейкхолдеров – к реализации концепции общих ценностей . URL : <https://creativeconomy.ru/lib/7959> (дата звернення 04.09.2017).

163. Попова Т. Л. Мелентьев Д. Ю. Управління транспортною логістикою підприємства у сфері ЗЕД на основі концепції управління окремими ланками процесу транспортування на макрорівні. URL : <http://dspace.nbuiv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/34554/19-Попова.pdf?sequence=1/> (дата звернення 10.03.2017).

164. Приватне акціонерне товариство «Авіакомпанія «Аеросвіт». Регулярна інформація. URL: <https://smida.gov.ua/db/emitent/report/year/show/122213> (дата звернення 17.03.2017).

165. Приватне акціонерне товариство «Авіакомпанія «Міжнародні Авіалінії України». Річна фінансова звітність емітента за 2014 рік. URL : <https://smida.gov.ua/db/emitent/report/year/xml/show/53681> (дата звернення 04.12.2017).

166. Приватне акціонерне товариство «Авіакомпанія «Міжнародні Авіалінії України». Річна фінансова звітність емітента за 2015 рік. URL : <https://smida.gov.ua/db/emitent/report/year/xml/show/73645> (дата звернення 04.12.2017 р).

167. Приватне акціонерне товариство «Авіакомпанія «Міжнародні Авіалінії України». Річна фінансова звітність емітента за 2016 рік. URL : <https://smida.gov.ua/db/emitent/year/xml/showform/98863/165/templ> (дата звернення 04.12.2017).

168. Приватне акціонерне товариство «Авіакомпанія «Міжнародні Авіалінії України». Річна фінансова звітність емітента за 2017 рік. URL :

<https://smida.gov.ua/db/emitent/year/xml/showform/115761/165/templ> (дата звернення 28.04.2018).

169. Русских Н. В. Косарев О. Й.. Формирование глобальной электронной среды в отрасли воздушных грузовых перевозок URL : <http://www.bizeducation.ru/library/log/trans/10/air.htm> / (дата звернення 19.03.2017).

170. Статистичні дані в галузі авіатранспорту. Підсумки діяльності авіаційної галузі України за 2017 рік. URL : <https://mtu.gov.ua/content/statistichni-dani-v-galuzi-aviatransportu.html>/ (дата звернення 10.02.2018).

171. Тюріна Н. М. Маркетинг-логістична концепція управління підприємством / URL : http://journals.khnu.km.ua/vestnik/pdf/ekon/2011_2_1/043-046.pdf / (дата звернення 07.03.2017).

172. Щербаков В. В., Дандина. А. Ю. Общетеоретические и прикладные аспекты реализации принципа клиентоориентированности бизнеса в маркетинговой логистике. URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/obscheteoreticheskie-i-prikladnye-aspekty-realizatsii-printsipa-klientoorientirovannosti-biznesa-v-marketingovoy-logistike/> (дата звернення 04.03.2017).

173. A model for airline passenger and cargo flight scheduling. URL : <https://pdfs.semanticscholar.org/d4b1/b50f028a679ababfb99ca474af585ccb515d.pdf> (дата звернення 07.05.2017).

174. Airline strategies and business models 2016 Airline Planning Workshop. Boeing . URL : https://www.aci-na.org/sites/default/files/03-airline_strategies_and_bus_models.pdf (дата звернення 19.05.2017). – Назва з екрана.

175. Air Transport Yearly Monitor. ICAO (2015). URL : https://www.icao.int/sustainability/Documents/Yearly%20Monitor/yearly_monitor_2015.pdf (дата звернення 10.02.2018).

176. Air Transport Yearly Monitor. ICAO (2016). URL : https://www.icao.int/sustainability/Documents/Yearly%20Monitor/YearlyMonitor_2016.pdf (дата звернення 10.02.2018).

177. Air Transport Monthly Monitor. ICAO (March 2018) . URL: https://www.icao.int/sustainability/Documents/MonthlyMonitor-2018/MonthlyMonitor_March2018.pdf (дата звернення 12.04.2018).

178. Annual Analyses of the EU Air Transport Market 2016. Final Report . URL : https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/2016_eu_air_transport_industry_analyses_report.pdf (дата звернення 20.08.2017).

179. Aviation Benefits 2017. ICAO . URL : <https://www.icao.int/sustainability/Documents/AVIATION-BENEFITS-2017-web.pdf> (дата звернення 10.01.2018).

180. Current market outlook 2013–2032. Boeing. URL : http://speednews.com/documentaccess/103536_смо2013.pdf (дата звернення 06.01.2018).

181. Current market outlook 2014–2033. Boeing. URL : http://www.gnieob.com/resources/boeingdotcom/commercial/about-our-market/assets/downloads/Boeing_Current_Market_Outlook_2014.pdf (дата звернення 06.01.2018).

182. Current market outlook 2015–2034. Boeing [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.boeing.com/resources/boeingdotcom/commercial/about-our-market/assets/downloads/Boeing_Current_Market_Outlook_2015.pdf (дата звернення 08.01.2018).

183. Current market outlook 2016–2035. Boeing. URL : http://www.boeing.com/resources/boeingdotcom/commercial/about-our-market/assets/downloads/смо_print_2016_final.pdf (дата звернення 10.01.2018).

184. Current market outlook 2017–2036. Boeing . URL : <http://www.boeing.com/resources/boeingdotcom/commercial/market/current-market-outlook-2017/assets/downloads/смо-2018-3-20.pdf> (дата звернення 13.01.2018).

185. World Air Cargo Forecast 2018–2037. Boeing. URL : https://www.boeing.com/resources/boeingdotcom/commercial/about-our-market/cargo-market-detail-wacf/download-report/assets/pdfs/2018_WACF.pdf (дата звернення 13.08.2018).

186. Economic performance of the airline industry. URL : <http://www.iata.org/publications/economics/Reports/Industry-Econ-Performance/IATA-Economic-Performance-of-the-Industry-end-year-2016-report.pdf> (дата звернення 20.03.2017).

187. ICAO. World Results and Analyses for the Full Year 2016. URL : https://www.icao.int/sustainability/Documents/Yearly%20Monitor/YearlyMonitor_2016.pdf/ (дата звернення 13.06.2017).

188. IATA. Офіційний сайт Міжнародної асоціації повітряного транспорту. Розділ «Billing and Settlement Plan». URL : <http://www.iata.org/services/finance/bsp/Pages/index.aspx> / (дата звернення 15.03.2017).
189. IATA Annual Review 2013. URL : <https://www.iata.org/about/Documents/iata-annual-review-2013-en.pdf> (дата звернення 19.05.2017).
190. IATA Annual Review 2014. URL : <https://www.iata.org/about/Documents/iata-annual-review-2014.pdf> (дата звернення 18.05.2017).
191. IATA Annual Review 2015. URL : <https://www.iata.org/about/Documents/iata-annual-review-2015.pdf> (дата звернення 19.05.2017).
192. IATA Annual Review 2016. URL : <https://www.iata.org/about/Documents/iata-annual-review-2016.pdf/> (дата звернення 19.05.2017).
193. IATA Annual Review 2017. URL : <https://www.iata.org/publications/Documents/iata-annual-review-2017.pdf/> (дата звернення 19.02.2018).
194. IATA Cargo Strategy 2015-2020. URL : <http://www.sipotra.it/wp-content/uploads/2017/02/Cargo-Strategy.pdf> (дата звернення 18.01.2018).
195. IATA Cargo Strategy 2018 . URL : <http://www.iata.org/whatwedo/cargo/Documents/cargo-strategy.pdf> (дата звернення 20.01.2018).
196. ITF Transport Outlook 2017. URL : https://www.ttm.nl/wp-content/uploads/2017/01/itf_study.pdf (дата звернення 25.03.2017 р).
197. Friedrich, H.: Simulation of logistics in food retailing for freight transportation analysis, PhD thesis at the Institute for Economic Policy Research (IWW). URL : <http://digbib.ubka.uni-karlsruhe.de/volltexte/1000020602>. (дата звернення 25.03.2017).
198. World Air Transport Statistics 2015. IATA. URL : <http://www.cadenadesuministro.es/wp-content/uploads/2015/09/Estadisticas-sobre-el-2014-de-traffic-aereo-de-la-IATA.pdf> (дата звернення 19.08.2017).
199. World Air Transport Statistics 2017. IATA. URL : <http://www.iata.org/pressroom/media-kit/Documents/WATS-2017-mediakit-summary.pdf/> (дата звернення 19.01.2018).
200. Worldwide air freight traffic from 2004 to 2018. URL : <https://www.statista.com/statistics/564668/worldwide-air-cargo-traffic/> (дата звернення 16.03.2018).

ДОДАТКИ

Додаток А

Акти впровадження результатів науково-дослідної роботи

ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор з продажу
ПАТ «Авіакомпанія
«Міжнародні Авіалінії України»
_____ А.Е. Маттіє
« 16 » _____ 2018 р.

ДОВІДКА ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ результатів науково-дослідної роботи

Цю довідку складено про те, що результати наукових досліджень за темою дисертаційної роботи *Войцеховського Віктора Сергійовича* використані в практичній діяльності ПАТ «Авіакомпанія «Міжнародні Авіалінії України».

Найменування впровадженого результату	Форма впровадження
Двоетапна модель управління вантажопотоком мережевого перевізника	Використовується в діяльності авіакомпанії при управлінні вантажопотоком мережевого авіаперевізника та дозволяє оперативно враховувати невизначеності інформації та ризики зменшення попиту на послуги перевізника
Підхід до управління вантажопотоками на мережі авіаліній	Використовуються в діяльності авіакомпанії для забезпечення максимальної дохідності при максимальному завантаженні на рейсах: додаткового управління вантажопотоком, а також гармонійного використання усієї мережі у відповідності до інструментів управління вантажопотоками

Підтверджуємо, що вище перераховані наукові результати є ефективними з точки зору практичного застосування.

Голова Департаменту
З продажу в Україні
ПАТ «Авіакомпанія
«Міжнародні Авіалінії України»
_____ А.В. Зеленкова
« 17 » _____ 2018 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Генеральний директор
 FF Cargo Services Ukraine LTD
 О.М.Пенкаускас
 «14» травня 2018 р.

ДОВІДКА ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ
 результатів дисертаційного дослідження

Цю довідку акт складено про те, що результати наукових досліджень за темою дисертаційної роботи *Войцеховського Віктора Сергійовича* використані в практичній діяльності FF Cargo Services Ukraine.

Найменування впровадженого результату	Форма впровадження
Метод формування інтегрованих систем доставки вантажів на засадах логістики	Застосовуються при визначенні стратегічних та тактичних завдань перевізників, а також при взаємодії з агентами з продажу вантажів в межах забезпечення взаємозв'язків всіх складових логістичного ланцюга авіап перевезень вантажів авіакомпанією на мережі авіаліній
Науково-методичні засади прогнозування вантажопотоків на мережі авіаліній	Використовується у практичній діяльності агентів з продажу вантажів, що дозволяє синхронізувати взаємодію авіакомпанії та агента з продажу вантажів

Підтверджуємо, що вище перераховані наукові результати, висвітлені в дисертаційній роботі В.С. Войцеховського.

Керівник відділу по роботі з клієнтами
 FF Cargo Services Ukraine LTD.

В.М.Казимирович
 В.М.Казимирович
 «14» травня 2018 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи
Національного
авіаційного університету


« 20 »  2018 р.



ДОВІДКА ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ результатів науково-дослідної роботи

Ми, що нижче підписалися, декан Факультету економіки та бізнес-адміністрування НАУ Петровська С.В., завідувач кафедри логістики Григорак М.Ю., склали цей акт про те, що результати наукового дослідження за темою дисертаційної роботи Войцеховського Віктора Сергійовича використовуються в навчальному процесі Національного авіаційного університету, факультету економіки та бізнес-адміністрування, на кафедрі логістики.

Найменування впровадженого результату	Форма впровадження і досягнутий практичний ефект
1. Двоетапна модель управління вантажопотоком мережевого перевізника. 2. Метод формування інтегрованих систем доставки вантажів на засадах логістики. 3. Підхід до управління вантажопотоками на мережі авіаліній. 4. Класифікація вантажопотоків мережевого авіаперевізника.	Матеріали дисертаційної роботи впроваджені у вигляді конспекту лекцій, а також були реалізовані у навчальній програмі дисциплін «Транспортна логістика» при розробці тестових завдань для студентів за спеціальністю 073 «Менеджмент», спеціалізації «Логістика». Впровадження зазначених матеріалів дозволило розширити та доповнити тематику навчальних дисциплін з урахуванням сучасних тенденцій при організації управління вантажопотоками мережевих авіаперевізників.

Декан ФЕБА

Завідувач кафедри логістики




С.В. Петровська

М.Ю. Григорак

Додаток Б

Показники роботи авіакомпанії «Міжнародні авіалінії України»

Таблиця Б.1.

**Балансові показники роботи авіакомпанії «Міжнародні авіалінії України»
за 2013-2017 рр., тис. грн.**

Показник	Всього, за роками				
	2013	2014	2015	2016	2017
Актив					
I. Необоротні активи	369838	300381	484932	1343310	1763348
Нематеріальні активи	67393	71517	86142	113616	219674
Основні засоби	218863	194034	280490	555211	745786
Довгострокові фінансові інвестиції	13711	14900	79643	207033	231422
Довгострокова дебіторська заборгованість	3325	5733	8001	8793	0
Відстрочені податкові активи	64050	9847	11910	11464	0
Гудвіл	0	0	0	0	0
Інші необоротні активи	2496	4350	6240	447193	566169
II. Оборотні активи	543464	1149284	2174724	2291175	2458862
Виробничі запаси	72265	86782	143964	257710	349741
Дебіторська заборгованість за продукцію, товари, роботи, послуги	263483	539564	952206	1203102	1388998
Дебіторська заборгованість за розрахунками: за виданими авансами з бюджетом	71797 69764	71989 37289	184347 144442	396778 43636	272777 57249
Інша поточна дебіторська заборгованість	6721	6494	8132	9396	44436
Гроші та їх еквіваленти	24854	210485	328792	305432	260938
Готівка	278	847	2548	4146	4445
Рахунки в банках	24317	179091	276306	279493	206866
Витрати майбутніх періодів	30043	24582	35090	54580	70970
Інші оборотні активи	4537	172099	377751	19541	13753
III. Необоротні активи, утримувані для продажу, та групи вибуття	0	0	0	0	0
Баланс	913302	1449665	2659663	3634485	4222210

Показник	Всього, за роками				
	2013	2014	2015	2016	2017
Пасив					
I. Власний капітал	-414581	-2132334	-2590380	-2085916	-2542521
Зареєстрований (пайовий) капітал	103034	103034	103034	103034	103034
Капітал у дооцінках	30914	30914	31654	148233	148233
Додатковий капітал	21950	21950	21950	21950	41047
Нерозподілений прибуток (непокритий збиток)	-570479	-2288232	-2747018	-2359133	-2834835
II. Довгострокові зобов'язання і забезпечення	478608	614249	1016274	766525	550902
Відстрочені податкові та пенсійні зобов'язання, довгострокові кредити банків	351091	487343	0	0	0
Інші довгострокові зобов'язання	69193	29215	791211	285126	76652
Довгострокові забезпечення	58324	97691	224648	481399	474250
Довгострокові забезпечення витрат персоналу	47564	58986	104195	156393	8449
Цільове фінансування	0	0	415	0	0
III. Поточні зобов'язання і забезпечення	849275	2967750	4233769	4953876	6213829
Короткострокові кредити банків	21594	0	0	0	0
Векселі видані	0	0	657880	523182	269887
Поточна кредиторська заборгованість:					
за довгостроковими зобов'язаннями	54652	442011	1387560	549299	607838
за товари, роботи, послуги	401575	1964573	1085701	2050927	3577762
за розрахунками з бюджетом	39	2533	12499	21240	22594
за розрахунками зі страхування	7670	6897	11289	6389	8886
за розрахунками з оплати праці	22729	29273	55954	93013	97481
за одержаними авансами	89697	70829	137378	178872	176355
за розрахунками з учасниками із внутрішніх розрахунків	6	8	10	12	14
	1450	1361	543	543	543
Доходи майбутніх періодів	222908	403352	821458	1140305	1143240
Інші поточні зобов'язання	26955	46913	63497	390094	129408
IV. Зобов'язання, пов'язані з необоротними активами, утримуваними для продажу, та групами вибуття	0	0	0	0	0
V. Чиста вартість активів недержавного пенсійного фонду	0	0	0	0	0
Баланс	913302	1449665	2659663	3634485	4222210

**Фінансові показники роботи авіакомпанії «Міжнародні авіалінії України»
за 2013-2017 рр., тис. грн.**

Показник	Всього, за роками				
	2013	2014	2015	2016	2017
Чистий дохід від реалізації продукції (товарів, робіт, послуг)	5936989	6829184	13133875	17829440	22102836
Собівартість реалізованої продукції (товарів, робіт, послуг)	5251542	7077156	11706649	15948806	20403703
Валовий прибуток	685447	-247972	1427226	1880634	1699133
Інші операційні доходи	167075	155947	293378	414058	441896
Адміністративні витрати	100092	141156	177946	248864	270243
Витрати на збут	556483	713010	1328813	1946868	2409091
Інші операційні витрати	130784	99119	204055	67754	99786
Фінансовий результат від операційної діяльності	85700	-1065847	9790	31206	0
Дохід від участі в капіталі	5697	1188	64743	127390	12718
Інші фінансові доходи	4137	1879	59629	803011	118785
Інші доходи	1955	480	2094	21627	346889
Фінансові витрати	81200	131521	203383	110997	93159
Інші витрати	194	469672	439859	509616	39196
Фінансовий результат до оподаткування	16071	-1663493	-506986	362621	-293044
Витрати (дохід) з податку на прибуток	3027	-54260	2063	25264	-11464
Чистий фінансовий результат	19098	-1717753	-504923	387885	-304508

Додаток В

Список наукових публікацій автора 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. Voitsehovskiy 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. Voitsehovskiy 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*. Сєвєродонецьк, 2015. № 2 (219). С. 78–82.

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

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 мережєвих авіаперевізнєків.*

10. Войцеховський В. С. Модель планування перевезення вантажів на мережі авіаліній перевізнєка. *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 управління на жєлезнодорожном транспортє: матеріали 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 розвитку транспортних систем в євразійському регіоні*: матеріали III міжнарод. інтернет 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. *Політ-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. Підходи к моделюванню потоків авіаперевозок грузів на мережі авіаліній. *Sisteme de transport și logistică*: матеріали міжнар. конф. (м. Кишиневу, Республіка Молдова, 27–30 жовтня 2015 р.). Кишиневу, 2015. С. 173–180.

19. Войцеховський В. С. Механізм логістичного управління вантажопотоком на мережі авіаліній авіакомпанії. *Проблеми підготовки професійних кадрів по логістике в умовах глобальної конкурентної середовища* : матеріали XIII міжнарод. науч.-практ. конф. (м. Київ, 5-7 жовтня 2015 г.). Київ, 2015. С. 33-35.

20. Войцеховський В. С., Григорак М. Ю., Габрієлова Т. Ю. Передумови управління залученням вантажопотоків мережним авіаперевізником. *Проблеми розвитку транспорту і логістики*: матеріали VII міжнар. наук.-практ. конф. (м. Одеса, 26–28 квітня 2017 р.). Одеса–Северодонецьк. 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.

Додаток Г

Вихідні дані до нелінійної динамічної моделі планування транспортних потоків

Таблиця Г.1.

Перевезення на тиждень та ціна дол. США/кг по напрямкам для різних видів контрактів

Варіанти контрактів				AB		AC		AD		AE		BA		CA		DA		EA		BC		BD	
	t_c	t_b	t_e	t	\$/kg	t	\$/kg	t	\$/kg	t	\$/kg	t	\$/kg	t	\$/kg	t	\$/kg	t	\$/kg	t	\$/kg	t	\$/kg
1	1	3	3	0,96	5,632	2,29	7,386	0,58	3,95	0,1	3,57	1,09	4,8	2,41	4,99	0,51	7,41	0	0	0	0	0	0
2	1	3	5	0,91	3,44	1,93	4,542	0,88	2,43	0,18	2,18	0,74	2,99	1,65	3,1	0,97	4,56	0,205	3,573	0	0	0,14	4,55
3	1	3	8	0,01	2,281	0,08	3,011	0	0	0	0	0,11	1,97	0,24	2,06	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1	3	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	1	5	7	0,15	2,337	0,35	3,095	0	0	0	1,46	0,22	2,04	0,48	2,12	0	0	0	0	0	0	0	0
7	1	5	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	1	5	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	1	8	8	0,05	2,338	0,11	3,112	0	0	0	0	0,11	2,09	0,2	2,2	0	0	0	0	0	0	0	0
10	1	8	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	1	8	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	1	8	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	1	14	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	1	14	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	1	14	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	1	14	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	3	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	3	5	7	0,34	2,459	0,74	3,257	0,18	1,73	0,06	1,53	0,33	2,15	0,73	2,24	0,15	3,26	0	0	0	0	0	0
19	3	5	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	3	5	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Продовж. табл. Г.1

21	3	7	7	0,28	2,637	0,68	3,477	0,21	1,8	0,1	1,56	0,37	2,28	0,72	2,41	0,21	3,38	0	0	0	0	0	0
22	3	7	9	0,61	2,051	1,25	2,719	0,67	1,43	0,16	1,26	0,45	1,81	0,93	1,91	0,76	2,69	0,179	2,12	0	0	0,14	2,72
23	3	7	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	3	7	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	3	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	3	10	12	0,67	3,715	1,49	4,889	0,23	2,69	0,03	2,45	0,6	3,24	1,43	3,32	0,21	5,04	0	0	0	0	0	0
27	3	10	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	3	10	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	3	16	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	3	16	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	3	16	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	3	16	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,03	1,08	0	0	0	0	0	0	0	0
33	6	8	8	0,74	2,685	1,5	3,574	0,39	1,95	0,09	1,74	0,53	2,41	1,1	2,53	0,35	3,67	0,02	2,839	0	0	0	0
34	6	8	10	0	0	0,16	5,281	0	0	0	0	0,22	3,49	0,6	3,59	0	0	0	0	0	0	0	0
35	6	8	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,03	2,19	0	0	0	0	0	0	0	0
36	6	8	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	6	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	6	10	12	1,25	4,08	2,65	5,376	1,11	2,93	0,2	2,67	0,95	3,58	2,19	3,67	1,26	5,49	0,243	4,335	0	0	0,26	5,46
39	6	10	15	0	0	0	0	0	0	0,01	2,55	0,05	2,64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	6	10	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	6	13	13	1,09	4,178	2,49	5,467	0,71	2,99	0,02	2,82	1,12	3,5	2,54	3,61	0,59	5,66	0,091	4,347	0	0	0	0
42	6	13	15	0,79	3,641	1,75	4,781	0,84	2,52	0,15	2,29	0,72	3,12	1,52	3,27	0,89	4,75	0,126	3,752	0	0	0,05	4,75
43	6	13	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	6	13	24	0,02	1,747	0,06	2,307	0	0	0	0	0,06	1,51	0,16	1,56	0	0	0	0	0	0	0	0

Продовж. табл. Г.1

45	6	19	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
46	6	19	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47	6	19	24	0,09	1,071	0,17	1,431	0	0	0	0	0,06	0,98	0,21	0,97	0	0	0	0
48	6	19	30	0,08	1,051	0,16	1,398	0	0	0	0	0,06	0,94	0,22	0,9	0	0	0	0
49	12	14	14	0,42	5,903	1,16	7,763	0,39	3,99	0,16	3,51	0,7	5,11	1,17	5,45	0,31	7,48	0	0
50	12	14	16	0,4	3,757	0,94	4,954	0,28	2,6	0,09	2,3	0,5	3,22	0,98	3,41	0,24	4,88	0	0
51	12	14	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	12	14	25	0,18	2,062	0,39	2,732	0,04	1,51	0,01	1,35	0,16	1,81	0,41	1,82	0,05	2,8	0	0
53	12	16	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
54	12	16	18	0,54	2,091	1,14	2,766	0,54	1,47	0,12	1,31	0,47	1,79	1,01	1,87	0,59	2,76	0,186	2,113
55	12	16	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56	12	16	27	0,28	1,739	0,56	2,309	0,18	1,29	0,03	1,16	0,2	1,54	0,51	1,53	0,23	2,39	0,031	1,892
57	12	19	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
58	12	19	21	0,06	2,03	0,1	2,711	0	0	0	0	0,06	1,85	0,33	1,84	0	0	0	0
59	12	19	24	0,46	1,384	0,92	1,848	0,37	1,04	0,08	0,93	0,29	1,27	0,7	1,27	0,47	1,93	0,157	1,478
60	12	19	30	0,33	1,363	0,66	1,815	0,29	1,02	0,06	0,92	0,21	1,23	0,54	1,2	0,37	1,88	0,091	1,502
61	12	25	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02	2,94	0	0	0	0	0	0
62	12	25	27	0,67	2,252	1,39	2,985	0,32	1,69	0,02	1,58	0,5	1,99	1,56	1,85	0,43	3,13	0	0
63	12	25	30	0,14	1,03	0,29	1,365	0	0	0	0	0,12	0,91	0,44	0,83	0	0	0	0
64	12	25	36	0,28	0,802	0,56	1,064	0,33	0,58	0,06	0,54	0,18	0,72	0,44	0,69	0,4	1,08	0,111	0,884

Продовж. табл. Г.1

Варіанти контрактів			BE		CB		DB		EB		CD		CE		DC		EC		DE		ED	
			t	\$/kg	t	\$/kg	t	\$/kg	t	\$/kg	t	\$/kg	t	\$/kg	t	\$/kg	t	\$/kg	t	\$/kg	t	\$/kg
1	1	3 3	0,06	7,47	0	0	0,05	13	0,26	12,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	3 5	0,36	4,59	0	0	0,07	7,96	0,22	7,85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	3 8	0	0	0	0	0	0	0,02	5,17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1	3 14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1	5 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	1	5 7	0	0	0	0	0	0	0,06	5,28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	1	5 10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	1	5 16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	1	8 8	0	0	0	0	0	0	0,04	5,35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	1	8 10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	1	8 13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	1	8 19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	1	14 14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	1	14 16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	1	14 19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	1	14 25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	3	5 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	3	5 7	0	3,29	0	0	0,02	5,69	0,1	5,57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	3	5 10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	3	5 16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Закінч. табл. Г.1

45	6	19	19		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
46	6	19	21		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
47	6	19	24		0	0	0	0	0,02	2,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
48	6	19	30		0	0	0	0	0	2,53	0,01	2,5	0	0	0	0	0	0	0			
49	12	14	14		0	0	0	0	0,02	13,3	0,19	13,3	0	0	0	0	0	0	0			
50	12	14	16		0	4,93	0	0	0,02	8,59	0,13	8,45	0	0	0	0	0	0	0			
51	12	14	19		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
52	12	14	25		0	0	0	0	0,01	4,84	0,04	4,78	0	0	0	0	0	0	0			
53	12	16	16		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
54	12	16	18		0,26	2,74	0	0	0,04	4,83	0,14	4,71	0	0	0	0	0	0	0			
55	12	16	21		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
56	12	16	27		0,09	2,4	0	0	0,02	4,11	0,06	4,07	0	0	0	0	0	0	0			
57	12	19	19		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
58	12	19	21		0	0	0	0	0	0	0,02	4,73	0	0	0	0	0	0	0			
59	12	19	24		0,19	1,94	0	0	0,03	3,3	0,1	3,23	0	0	0	0	0	0	0			
60	12	19	30		0,15	1,9	0	0	0,03	3,23	0,06	3,24	0	1,57	0	0	0	0	0			
61	12	25	25		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
62	12	25	27		0,12	3,18	0	0	0,04	5,36	0,11	5,46	0	0	0	0	0	0	0			
63	12	25	30		0	0	0	0	0	2,47	0,02	2,51	0	0	0	0	0	0	0			
64	12	25	36		0,17	1,09	0,07	0,89	0,02	1,87	0,05	1,93	0,06	0,85	0	0	0,11	1,46	0,01	1,14	0	0

Таблиця Г.2.

**Вільний тоннаж авіаліній та відсоток його використання по місяцям
планування**

Місяць	A-B		A-C		A-D		A-E		B-A		C-A		D-A		E-A	
	t/week	%	t/week	%	t/week	%	t/week	%	t/week	%	t/week	%	t/week	%	t/week	%
1	2,5	0%	4,3	0%	1,6	0%	0,7	0%	2,5	0%	4,3	0%	1,6	0%	0,7	0%
2	2,5	0%	4,3	0%	1,6	0%	0,7	0%	2,5	0%	4,3	0%	1,6	0%	0,7	0%
3	2,5	100%	4,3	100%	1,6	100%	0,7	100%	2,5	100%	4,3	100%	1,6	100%	0,7	100%
4	1,9	65%	3,1	65%	1,2	85%	0,6	90%	1,9	71%	3,1	61%	1,2	86%	0,6	74%
5	1,9	100%	3,1	100%	1,2	100%	0,6	100%	1,9	100%	3,1	100%	1,2	100%	0,6	100%
6	1,9	37%	3,1	38%	1,2	15%	0,6	10%	1,9	35%	3,1	47%	1,2	14%	0,6	30%
7	1,9	100%	3,1	100%	1,2	100%	0,6	100%	1,9	100%	3,1	100%	1,2	100%	0,6	100%
8	1,9	100%	3,1	100%	1,2	100%	0,6	100%	1,9	100%	3,1	100%	1,2	100%	0,6	100%
9	1,9	43%	3,1	46%	1,2	67%	0,6	73%	1,9	57%	3,1	50%	1,2	67%	0,6	58%
10	2,5	100%	4,3	100%	1,6	100%	0,7	100%	2,5	100%	4,3	100%	1,6	100%	0,7	100%
11	2,5	99%	4,3	96%	1,6	100%	0,7	100%	2,5	91%	4,3	86%	1,6	100%	0,7	96%
12	2,5	99%	4,3	96%	1,6	100%	0,7	100%	2,5	91%	4,3	86%	1,6	100%	0,7	96%
13	2,5	100%	4,3	100%	1,6	100%	0,7	100%	2,5	100%	4,3	100%	1,6	100%	0,7	100%
14	2,5	100%	4,3	100%	1,6	100%	0,7	100%	2,5	100%	4,3	100%	1,6	100%	0,7	100%
15	2,5	75%	4,3	73%	1,6	76%	0,7	77%	2,5	72%	4,3	73%	1,6	79%	0,7	73%
16	1,9	100%	3,1	100%	1,2	100%	0,6	100%	1,9	100%	3,1	100%	1,2	100%	0,6	100%
17	1,9	70%	3,1	70%	1,2	77%	0,6	85%	1,9	73%	3,1	68%	1,2	78%	0,6	78%
18	1,9	70%	3,1	70%	1,2	77%	0,6	85%	1,9	73%	3,1	68%	1,2	78%	0,6	78%
19	1,9	100%	3,1	100%	1,2	100%	0,6	100%	1,9	100%	3,1	100%	1,2	100%	0,6	100%
20	1,9	100%	3,1	100%	1,2	100%	0,6	100%	1,9	100%	3,1	100%	1,2	100%	0,6	100%
21	1,9	100%	3,1	100%	1,2	100%	0,6	100%	1,9	100%	3,1	100%	1,2	100%	0,6	100%
22	2,5	73%	4,3	70%	1,6	75%	0,7	86%	2,5	74%	4,3	65%	1,6	75%	0,7	83%
23	2,5	73%	4,3	70%	1,6	75%	0,7	86%	2,5	74%	4,3	65%	1,6	75%	0,7	83%
24	2,5	73%	4,3	70%	1,6	75%	0,7	86%	2,5	74%	4,3	65%	1,6	75%	0,7	83%
25	2,5	100%	4,3	100%	1,6	100%	0,7	100%	2,5	100%	4,3	100%	1,6	100%	0,7	100%
26	2,5	91%	4,3	91%	1,6	98%	0,7	99%	2,5	94%	4,3	90%	1,6	96%	0,7	94%
27	2,5	91%	4,3	91%	1,6	98%	0,7	99%	2,5	94%	4,3	90%	1,6	96%	0,7	94%
28	1,9	57%	3,1	63%	1,2	86%	0,6	73%	1,9	75%	3,1	57%	1,2	69%	0,6	76%
29	1,9	57%	3,1	63%	1,2	86%	0,6	73%	1,9	75%	3,1	57%	1,2	69%	0,6	76%
30	1,9	57%	3,1	63%	1,2	86%	0,6	73%	1,9	75%	3,1	57%	1,2	69%	0,6	76%
31	1,9	22%	3,1	26%	1,2	50%	0,6	39%	1,9	36%	3,1	18%	1,2	36%	0,6	45%
32	1,9	22%	3,1	26%	1,2	50%	0,6	39%	1,9	36%	3,1	18%	1,2	36%	0,6	45%
33	1,9	22%	3,1	26%	1,2	50%	0,6	39%	1,9	36%	3,1	18%	1,2	36%	0,6	45%
34	2,5	17%	4,3	19%	1,6	37%	0,7	33%	2,5	28%	4,3	13%	1,6	27%	0,7	39%
35	2,5	17%	4,3	19%	1,6	37%	0,7	33%	2,5	28%	4,3	13%	1,6	27%	0,7	39%
36	2,5	17%	4,3	19%	1,6	37%	0,7	33%	2,5	28%	4,3	13%	1,6	27%	0,7	39%

Додаток Д

Програма реалізації демонстраційної роботи математичної моделі

Код MATLAB готує вхід PSG для задачі оптимізації

```
%% 0. Clear command window and workspace
clc; clear

%% 1. Load problem data
disp(' ');
disp(' Part 1. Load and prepare problem data')

path='.';

[Tonag,ALines]=xlsread('model_3','Tonag');
[QQ,Pairs]=xlsread('model_3','QuadCoef');
[TbTe,tctx]=xlsread('model_3','Monthes');

K=size(TbTe,1);      % contracts variants
P=size(Pairs,2)/2;   % transportation directions
J=size(Tonag,2);     % direct connections capacities
T=size(Tonag,1);     % number of weeks in plan

%--- We consider fixed set of airlines AB,AC,AD,AE and back
Pairs=Pairs(1:2:end); % because duplications
dfix=QQ(:,1:2:end);  % function d(c)=dfix+dvar*c
dvar=QQ(:,2:2:end);  % dvar(K,P), dfix(K,P)

%--- Convert TbTe(K) from monthes into weeks % year - 52 weeks
mnwk=[5  4  4  5  4  4  5  4  4  5  4  4]; %
monthes length in weeks:
mnwk3=[mnwk, mnwk, mnwk];
% for 3 years
w(1)=mnwk3(1);
for i=2:size(mnwk3,2); w(i)=w(i-1)+mnwk3(i); end

for i=1:K; % in weeks
    tb(i)=w(TbTe(i,1)-1)+1;
    te(i)=w(TbTe(i,2));
end

%% 2. Generate PSG matrices
disp(' Part 2. Generate PSG matrices')
ch9=char(9);
count=0;

%--- constraints (2)

i=0; ic=0; colnames={}; rownames={}; elvalues=1;
```

```

for k=1:K; for p=1:P;
    if dfix(k,p)>0, ic=ic+1; rname=['d_',Pairs{p},'_k',int2str(k)];
ubounds(ic)=dfix(k,p);
    i=i+1; rownames{i}=rname;
colnames{i}=['c_',Pairs{p},'_k',int2str(k)]; elvalues(i)=-dvar(k,p);
    i=i+1; rownames{i}=rname;
colnames{i}=['y_',Pairs{p},'_k',int2str(k)]; elvalues(i)=1;
    end
end; end
[colnames,SparseMatrix]=Mmatrix2VarSparse(colnames,rownames,elvalues
);
count=count+1; iargstruc_arr(count) =
object_pack('pmatrix_dc_pk',colnames,SparseMatrix);
count=count+1; iargstruc_arr(count) =
object_pack('vector_ubound_pk','Value',ubounds');

clear ubounds

%--- constraints (3)

i=0; colnames={}; rownames={}; elvalues=1;
for k=1:K; for p=1:P;
    if dfix(k,p)<=0, continue; end
    for t=tb(k):te(k)
        rname=['bal_',Pairs{p},'_k',int2str(k),'_t',int2str(t)];
        i=i+1; rownames{i}=rname;
colnames{i}=['y_',Pairs{p},'_k',int2str(k)]; elvalues(i)=-1;
        for j=1:J;
            if strncmp(Pairs(p),ALines(j),1) &&
(strncmp(Pairs{p}(2:2),ALines{j}(3:3),1) ||
strncmp('A',ALines{j}(3:3),1))
                i=i+1; rownames{i}=rname;
colnames{i}=['x_',ALines{j},'_t',int2str(t),'_',Pairs{p},'_k',int2st
r(k)]; elvalues(i)=1;
            end
        end
    end
end; end
[colnames,SparseMatrix]=Mmatrix2VarSparse(colnames,rownames,elvalues
);
count=count+1; iargstruc_arr(count) =
object_pack('pmatrix_init_pk',colnames,SparseMatrix);

%--- constraints (4) for star case ABCDE

i=0; colnames={}; rownames={}; elvalues=1;
for k=1:K; for p=1:P;
    if dfix(k,p)<=0, continue; end
    if strncmp('A',Pairs{p},1) || strcmp('A',Pairs{p}(2:2)), continue;
end
    for t=tb(k):te(k)
        rname=['bal_',Pairs{p},'_k',int2str(k),'_t',int2str(t)];

```

```

        i=i+1; rownames{i}=rname;
colnames{i}=['y_',Pairs{p},'_k',int2str(k)]; elvalues(i)=-1;
    for j=1:J;
        if strcmp('A',ALines{j}(1:1))&&
strcmp(Pairs{p}(2:2),ALines{j}(3:3))
            i=i+1; rownames{i}=rname;
colnames{i}=['x_',ALines{j},'_t',int2str(t),'_',Pairs{p},'_k',int2st
r(k)]; elvalues(i)=1;
        end
    end
end; end
[colnames,SparseMatrix]=Mmatrix2VarSparse(colnames,rownames,elvalues
);
count=count+1; iargstruc_arr(count) =
object_pack('pmatrix_balance_pk',colnames,SparseMatrix);

%--- constraints (5) for every airlines by t

i=0; ic=0; colnames={}; rownames={}; elvalues=1;
for t=1:T; for j=1:J; rname=['Ton_',ALines{j},'_t',int2str(t)];
ic=ic+1; ubounds(ic)=Tonag(t,j); i0=i;
    for k=1:K; for p=1:P;
        if dfix(k,p)<=0, continue; end
        if t<tb(k) || te(k)<t, continue; end
        if strncmp(Pairs{p},ALines{j},1) &&
strcmp(Pairs{p}(2:2),ALines{j}(3:3),1) ...
            || strncmp(Pairs{p},ALines{j},1) &&
strcmp('A',ALines{j}(3:3),1) ...
            || strcmp('A',ALines{j}(1:1))&&
strcmp(Pairs{p}(2:2),ALines{j}(3:3))
            i=i+1; rownames{i}=rname; elvalues(i)=1;

colnames{i}=['x_',ALines{j},'_t',int2str(t),'_',Pairs{p},'_k',int2st
r(k)];
        end
    end; end
    if i==i0, ic=ic-1; end % no elements in row
end; end
[colnames,SparseMatrix]=Mmatrix2VarSparse(colnames,rownames,elvalues
);
count=count+1; iargstruc_arr(count) =
object_pack('pmatrix_tonag_jt',colnames,SparseMatrix);
count=count+1; iargstruc_arr(count) =
object_pack('vector_ubound_jt','Value',ubounds);

%----- for objective c*(dfix+dvar*c) ----- because
y_kp=dfix+dvar*c_kp ----

i=0; colnames={}; rownames={}; elvalues=1; df=1;
for k=1:K; for p=1:P;
    if dfix(k,p)>0, dt=te(k)-tb(k)+1;

```

```

        i=i+1; colnames{i}=['c_',Pairs{p},'_k',int2str(k)];
elvalues(i)=dvar(k,p)*dt; df(i)=dfix(k,p)*dt;
    end
end; end
rownames=colnames;
[colnames,SparseMatrix]=Mmatrix2VarSparse(colnames,rownames,elvalues
);
count=count+1; iargstruc_arr(count) =
object_pack('pmatrix_quadratic_cdvarc',colnames,SparseMatrix);

count=count+1; iargstruc_arr(count) =
object_pack('matrix_linear_dfixc',colnames,df);

clear rname rownames colnames elvalues SparseMatrix df ubounds

%% 3. Form problem_statement
disp(' Part 3. Form problem statement')

problem_statement=...
    ['problem_MultiTransport, maximize', char(10),...
    'objective: quadratic=0', char(10),...
    ' linear(matrix_linear_dfixc)', char(10),...
    ' quadratic(pmatrix_quadratic_cdvarc)', char(10),...
    'Constraint: = vector_ubound_pk', char(10),...
    ' linearmulti(pmatrix_dc_pk)', char(10),...
    'Constraint: = 0', char(10),...
    ' linearmulti(pmatrix_init_pk)', char(10),...
    'Constraint: = 0', char(10),...
    ' linearmulti(pmatrix_balance_pk)', char(10),...
    'Constraint: <= vector_ubound_jt', char(10),...
    ' linearmulti(pmatrix_tonag_jt)', char(10),...
    'Box: >= 0', char(10),...
    'Solver: vangrb' ]; %

%% 4. Export problem to txt format
disp(' Part 4. Export problem to txt format')

mpsg_problem_exporttotext(problem_statement, iargstruc_arr, path);

%% 5. Solve problem
disp(' Part 5. Solve problem ')

tic
[solution, outargstruc] = mpsg_solver(problem_statement,
iargstruc_arr);
toc %prints the elapsed time since tic was used.

%% 6. Report

```

Код MATLAB готує відображення результатів

```

%% 0. Clear command window and workspace
clc; clear

%% 1. Load problem data
disp(' Part 1. Load and prepare problem data')

path='';

[Tonag,ALines]=xlsread('model_3','Tonag');
[QQ,Pairs]=xlsread('model_3','QuadCoef');
[TbTe,tctx]=xlsread('model_3','Monthes');

K=size(TbTe,1);      % contracts variants
P=size(Pairs,2)/2;   % transportation directions
J=size(Tonag,2);     % direct connections capacities
T=size(Tonag,1);     % number of weeks in plan

%--- We consider fixed set of airlines AB,AC,AD,AE and back
Pairs=Pairs(1:2:end); % because duplications

dattt=importdata([path,'point_problem_multitransport_0.txt']);

PK=P*K;
c_pk=reshape(dattt.data(1:PK),P,K)';
c_pk_names=reshape(dattt.textdata(2:PK+1,1),P,K)';

y_pk=reshape(dattt.data(PK+1:PK+PK),P,K)';
y_pk_names=reshape(dattt.textdata(PK+2:PK+PK+1,1),P,K)';

for k=1:K; for p=1:P;
    if y_pk(k,p)<1e-4; yc_pk(k,p*2-1:p*2)=0;
    else; yc_pk(k,p*2-1)=y_pk(k,p); yc_pk(k,p*2)=c_pk(k,p);
    end
end; end

[status, message] = xlswrite('model_3',yc_pk,'Rez1','F6');

dattt=importdata([path,'vector_slack_constraint_4_0.txt']);

ln=size(dattt.data,1);
T1=ln/J; dT=T-T1;

free_ton= -reshape(dattt.data,J,T1)';

dattt=importdata([path,'vector_constraint_4_0.txt']);
used_ton= reshape(dattt.data,J,T1)';

ton=used_ton+free_ton;

for t=1:T; for j=1:J;
    tu(t,j*2-1)=Tonag(t,j);
    if t>dT && used_ton(t-dT,j)>1e-4; tu(t,j*2)= used_ton(t-
dT,j)/Tonag(t,j);

```

```

else; tu(t,j*2)=0;
end
end; end

%[status, message] = xlswrite('model_3',tu,'Rez2','E6');

%--- Let us convert into monthes because weeks inside month are
equal ----
% year - 52 weeks

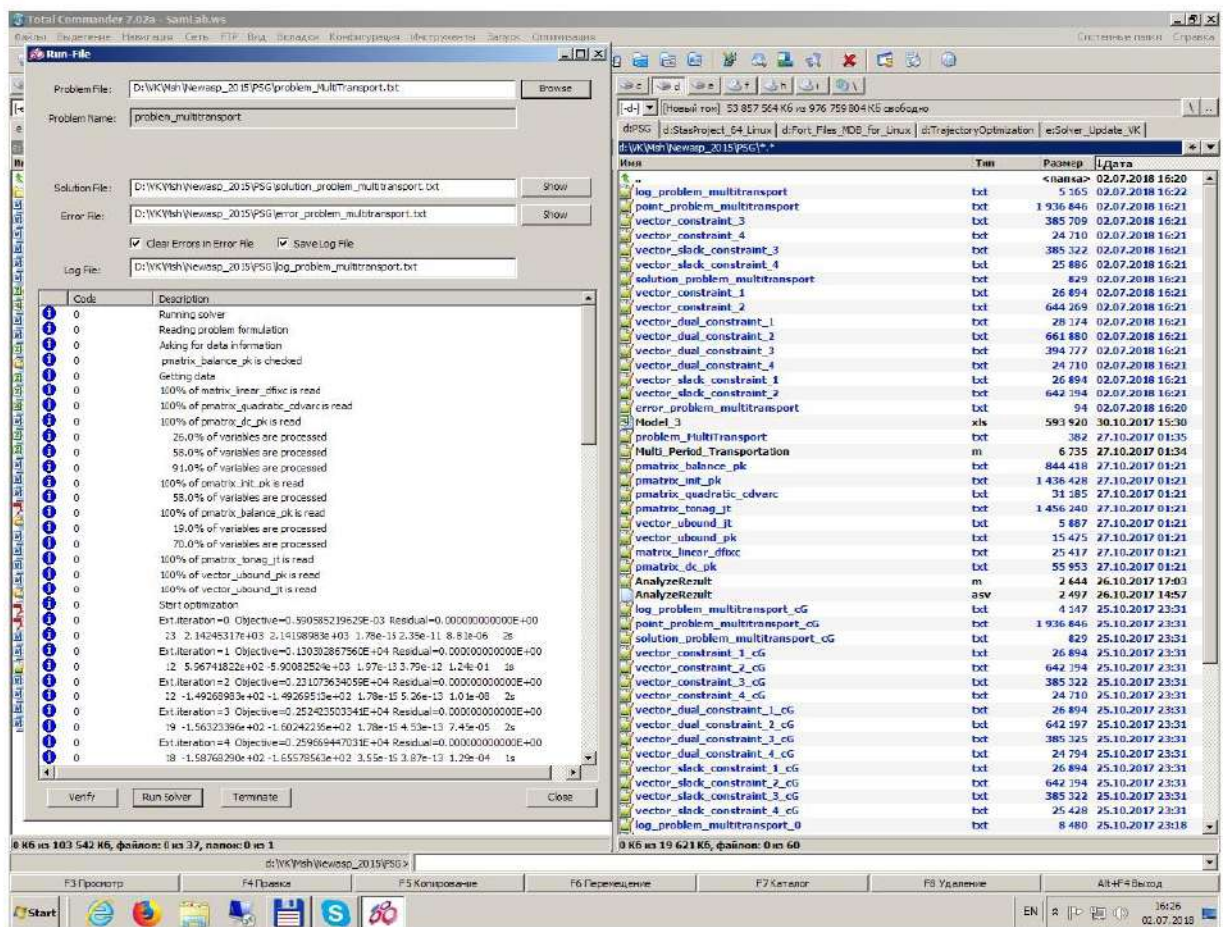
mnwk=[5 4 4 5 4 4 5 4 4 5 4 4]; %
monthes length in weeks:
mnwk3=[mnwk, mnwk, mnwk];
% for 3 years

t1=1; %tu_month(1,1:J)=tu(1,1:J);
for m=1:T; if t1>T, break; end
    tu_month(m,1:J*2)=tu(t1,1:J*2);
    t1=t1+mnwk3(m);
end

[status, message] = xlswrite('model_3',tu_month,'Rez2','E6');

```

Скрін запуску та роботи PSG



Рішення за моделлю

Problem: problem_multitransport, solution_status = optimal
 Timing: data_loading_time = 14.97, preprocessing_time = 1.01,
 solving_time = 124.87
 Variables: optimal_point = point_problem_multitransport
 Objective: objective = 4286.93491454 [8.989399066195E-05]
 Constraint: constraint_1 = vector_constraint_1
 Constraint: constraint_2 = vector_constraint_2
 Constraint: constraint_3 = vector_constraint_3
 Constraint: constraint_4 = vector_constraint_4
 Function: linear(matrix_linear_dfixc) = 1.661976729421E+05
 Function: quadratic(pmatrix_quadratic_cdvarc) = -1.619107380276E+05
 Function: linearmulti(pmatrix_dc_pk) = vector_constraint_1
 Function: linearmulti(pmatrix_init_pk) = vector_constraint_2
 Function: linearmulti(pmatrix_balance_pk) = vector_constraint_3
 Function: linearmulti(pmatrix_tonag_jt) = vector_constraint_4

Фрагмент пошуку оптимального значення

Component_name	Value
c_ab_k1	5.632410522511e+000
c_ac_k1	7.385532095361e+000
c_ad_k1	3.945661021894e+000
c_ae_k1	3.566106503633e+000
c_ba_k1	4.801537560375e+000
c_ca_k1	4.992651617978e+000
c_da_k1	7.409513289064e+000
c_ea_k1	5.703703703706e+000
c_bc_k1	7.857142857143e+000
c_bd_k1	7.076023391789e+000
c_be_k1	7.474434154849e+000
c_cb_k1	5.55555555554e+000
c_db_k1	1.298135341701e+001
c_eb_k1	1.286120744479e+001
c_cd_k1	5.432098765433e+000
c_ce_k1	3.492063492057e+000
c_dc_k1	6.790123456789e+000
c_ec_k1	8.627450980412e+000
c_de_k1	6.111111111114e+000
c_ed_k1	5.55555555554e+000
c_ab_k2	3.440072089419e+000
c_ac_k2	4.542148209260e+000
c_ad_k2	2.427877538373e+000
c_ae_k2	2.184021617487e+000
c_ba_k2	2.991218812271e+000
c_ca_k2	3.098667117998e+000
c_da_k2	4.562316826659e+000
c_ea_k2	3.572557020003e+000
c_bc_k2	5.156249999999e+000
c_bd_k2	4.553179559191e+000
c_be_k2	4.589124595059e+000
c_cb_k2	3.645833333329e+000
c_db_k2	7.963937572569e+000

c_eb_k2 7.854027398396e+000
c_cd_k2 3.564814814819e+000
c_ce_k2 2.291666666660e+000
c_dc_k2 4.456018518514e+000
c_ec_k2 5.661764705882e+000
c_de_k2 4.010416666669e+000
c_ed_k2 3.645833333329e+000
c_ab_k3 2.281264861867e+000
c_ac_k3 3.011125438554e+000
c_ad_k3 1.527777777777e+000
c_ae_k3 1.374999999996e+000
c_ba_k3 1.973877531277e+000
c_ca_k3 2.056960007508e+000
c_da_k3 2.844827586206e+000
c_ea_k3 2.138888888888e+000
c_bc_k3 2.946428571428e+000
c_bd_k3 2.653508771929e+000
c_be_k3 2.820512820511e+000
c_cb_k3 2.083333333333e+000
c_db_k3 5.092592592565e+000
c_eb_k3 5.174735574950e+000
c_cd_k3 2.037037037036e+000
c_ce_k3 1.309523809523e+000
c_dc_k3 2.546296296296e+000
c_ec_k3 3.235294117647e+000
c_de_k3 2.291666666666e+000
c_ed_k3 2.083333333333e+000
c_ab_k4 2.291666666662e+000
c_ac_k4 3.055555555558e+000
c_ad_k4 1.527777777777e+000
c_ae_k4 1.374999999998e+000
c_ba_k4 2.115384615376e+000
c_ca_k4 2.206790123448e+000
c_da_k4 2.844827586207e+000
c_ea_k4 2.138888888883e+000
c_bc_k4 2.946428571428e+000
c_bd_k4 2.653508771934e+000
c_be_k4 2.820512820518e+000
c_cb_k4 2.083333333334e+000
c_db_k4 5.092592592572e+000
c_eb_k4 5.392156862736e+000
c_cd_k4 2.037037037035e+000
c_ce_k4 1.309523809524e+000
c_dc_k4 2.546296296297e+000
c_ec_k4 3.235294117647e+000
c_de_k4 2.291666666660e+000
c_ed_k4 2.083333333334e+000
c_ab_k5 2.777777777780e+000
c_ac_k5 3.703703703700e+000
c_ad_k5 1.851851851851e+000
c_ae_k5 1.666666666670e+000
c_ba_k5 2.564102564100e+000
c_ca_k5 2.674897119341e+000

c_da_k5	3.448275862069e+000
c_ea_k5	2.592592592593e+000
c_bc_k5	3.571428571428e+000
c_bd_k5	3.216374269005e+000
c_be_k5	3.418803418800e+000
c_cb_k5	2.525252525254e+000
c_db_k5	6.172839506176e+000
c_eb_k5	6.535947712410e+000
c_cd_k5	2.469135802466e+000
c_ce_k5	1.587301587300e+000
c_dc_k5	3.086419753089e+000
c_ec_k5	3.921568627453e+000
c_de_k5	2.777777777778e+000
c_ed_k5	2.525252525254e+000
c_ab_k6	2.337230790106e+000
c_ac_k6	3.095109971825e+000
c_ad_k6	1.620370370368e+000
c_ae_k6	1.458050938623e+000
c_ba_k6	2.035480733817e+000
c_ca_k6	2.119243439079e+000
c_da_k6	3.017241379310e+000
c_ea_k6	2.268518518516e+000
c_bc_k6	3.125000000000e+000
c_bd_k6	2.814327485381e+000
c_be_k6	2.991452991450e+000
c_cb_k6	2.209595959591e+000
c_db_k6	5.401234567510e+000
c_eb_k6	5.280901711928e+000
c_cd_k6	2.160493827166e+000
c_ce_k6	1.388888888889e+000
c_dc_k6	2.700617283944e+000
c_ec_k6	3.431372549022e+000
c_de_k6	2.430555555553e+000
c_ed_k6	2.209595959591e+000
c_ab_k7	2.083333333333e+000
c_ac_k7	2.777777777778e+000
c_ad_k7	1.388888888889e+000
c_ae_k7	1.249999999999e+000
c_ba_k7	1.923076923076e+000
c_ca_k7	2.006172839506e+000
c_da_k7	2.586206896552e+000
c_ea_k7	1.944444444444e+000
c_bc_k7	2.678571428571e+000
c_bd_k7	2.412280701754e+000
c_be_k7	2.564102564102e+000
c_cb_k7	1.893939393939e+000
c_db_k7	4.629629629626e+000
c_eb_k7	4.901960784311e+000
c_cd_k7	1.851851851851e+000
c_ce_k7	1.190476190476e+000
c_dc_k7	2.314814814815e+000
c_ec_k7	2.941176470588e+000
c_de_k7	2.083333333333e+000

c_ed_k7 1.893939393939e+000

.....

x_a-e_t140_de_k64	5.601174985022e-003
x_a-e_t141_de_k64	5.601174985022e-003
x_a-e_t142_de_k64	5.601174985022e-003
x_a-e_t143_de_k64	5.601174985022e-003
x_a-e_t144_de_k64	5.601174985022e-003
x_a-e_t145_de_k64	5.601174985022e-003
x_a-e_t146_de_k64	5.601174985022e-003
x_a-e_t147_de_k64	5.601174985022e-003
x_a-e_t148_de_k64	5.601174985022e-003
x_a-e_t149_de_k64	5.601174985022e-003
x_a-e_t150_de_k64	5.601174985022e-003
x_a-e_t151_de_k64	5.601174985022e-003
x_a-e_t152_de_k64	5.601174985022e-003
x_a-e_t153_de_k64	5.601174985022e-003
x_a-e_t154_de_k64	5.601174985022e-003
x_a-e_t155_de_k64	5.601174985022e-003
x_a-e_t156_de_k64	5.601174985022e-003
x_a-d_t105_ed_k64	1.062528016904e-011
x_a-d_t106_ed_k64	1.062528016904e-011
x_a-d_t107_ed_k64	1.062528016904e-011
x_a-d_t108_ed_k64	1.062528016904e-011
x_a-d_t109_ed_k64	1.062528016904e-011
x_a-d_t110_ed_k64	1.062528016904e-011
x_a-d_t111_ed_k64	1.062528016904e-011
x_a-d_t112_ed_k64	1.062528016904e-011
x_a-d_t113_ed_k64	1.062528016904e-011
x_a-d_t114_ed_k64	1.062528016904e-011
x_a-d_t115_ed_k64	1.062528016904e-011
x_a-d_t116_ed_k64	1.062528016904e-011
x_a-d_t117_ed_k64	1.062528016904e-011
x_a-d_t118_ed_k64	1.062528016904e-011
x_a-d_t119_ed_k64	1.062528016904e-011
x_a-d_t120_ed_k64	1.062528016904e-011
x_a-d_t121_ed_k64	1.062528016904e-011
x_a-d_t122_ed_k64	1.062528016904e-011
x_a-d_t123_ed_k64	1.062528016904e-011
x_a-d_t124_ed_k64	1.062528016904e-011
x_a-d_t125_ed_k64	1.062528016904e-011
x_a-d_t126_ed_k64	1.062528016904e-011
x_a-d_t127_ed_k64	1.062528016904e-011
x_a-d_t128_ed_k64	1.062528016904e-011
x_a-d_t129_ed_k64	1.062528016904e-011
x_a-d_t130_ed_k64	1.062528016904e-011
x_a-d_t131_ed_k64	1.062528016904e-011
x_a-d_t132_ed_k64	1.062528016904e-011
x_a-d_t133_ed_k64	1.062528016904e-011
x_a-d_t134_ed_k64	1.062528016904e-011
x_a-d_t135_ed_k64	1.062528016904e-011
x_a-d_t136_ed_k64	1.062528016904e-011
x_a-d_t137_ed_k64	1.062528016904e-011

```

x_a-d_t138_ed_k64 1.062528016904e-011
x_a-d_t139_ed_k64 1.062528016904e-011
x_a-d_t140_ed_k64 1.062528016904e-011
x_a-d_t141_ed_k64 1.062528016904e-011
x_a-d_t142_ed_k64 1.062528016904e-011
x_a-d_t143_ed_k64 1.062528016904e-011
x_a-d_t144_ed_k64 1.062528016904e-011
x_a-d_t145_ed_k64 1.062528016904e-011
x_a-d_t146_ed_k64 1.062528016904e-011
x_a-d_t147_ed_k64 1.062528016904e-011
x_a-d_t148_ed_k64 1.062528016904e-011
x_a-d_t149_ed_k64 1.062528016904e-011
x_a-d_t150_ed_k64 1.062528016904e-011
x_a-d_t151_ed_k64 1.062528016904e-011
x_a-d_t152_ed_k64 1.062528016904e-011
x_a-d_t153_ed_k64 1.062528016904e-011
x_a-d_t154_ed_k64 1.062528016904e-011
x_a-d_t155_ed_k64 1.062528016904e-011
x_a-d_t156_ed_k64 1.062528016904e-011

```

Running solver

Reading problem formulation

Asking for data information

pmatrix_balance_pk is checked

Getting data

100% of matrix_linear_dfixc is read

100% of pmatrix_quadratic_cdvarc is read

100% of pmatrix_dc_pk is read

22.0% of variables are processed

51.0% of variables are processed

80.0% of variables are processed

100% of pmatrix_init_pk is read

17.0% of variables are processed

96.0% of variables are processed

100% of pmatrix_balance_pk is read

38.0% of variables are processed

87.0% of variables are processed

100% of pmatrix_tonag_jt is read

100% of vector_ubound_pk is read

100% of vector_ubound_jt is read

Start optimization

Ext.iteration=0 Objective=0.590585219629E-03

Residual=0.000000000000E+00

20 -4.21490370e+03 -4.23144306e+03 9.44e-16 1.76e-11 3.14e-04

1s

Ext.iteration=1 Objective=0.100616424767E+04

Residual=0.000000000000E+00

Ext.iteration=3 Objective=0.304818676526E+04

Residual=0.000000000000E+00

Ext.iteration=4 Objective=0.333767380631E+04

Residual=0.000000000000E+00

```

    24  -6.76574029e+03  -6.76574029e+03  8.88e-16  1.67e-11  1.48e-11
2s
Ext.iteration=5  Objective=0.353471057400E+04
Residual=0.000000000000E+00
    22  -6.84664060e+03  -6.84664184e+03  8.88e-16  5.17e-14  2.36e-08
2s
Ext.iteration=6  Objective=0.367847563042E+04
Residual=0.000000000000E+00
    19  -6.92116702e+03  -6.92475636e+03  1.78e-15  4.75e-14  6.82e-05
1s
Ext.iteration=7  Objective=0.378633918302E+04
Residual=0.000000000000E+00
    17  -6.98309792e+03  -7.00888877e+03  1.78e-15  8.97e-14  4.90e-04
1s
Ext.iteration=8  Objective=0.386714814846E+04
Residual=0.000000000000E+00
    14  -6.97227924e+03  -7.32401140e+03  1.55e-13  3.52e-13  6.69e-03
1s
Ext.iteration=9  Objective=0.393304745241E+04
Residual=0.000000000000E+00
Ext.iteration=10  Objective=0.398734075122E+04
Residual=0.000000000000E+00
Ext.iteration=11  Objective=0.403345793812E+04
Residual=0.000000000000E+00
    24  -7.22941327e+03  -7.22941327e+03  1.78e-15  5.37e-14  8.07e-11
2s
Ext.iteration=12  Objective=0.407206492897E+04
Residual=0.000000000000E+00
    21  -7.28079020e+03  -7.28111625e+03  8.88e-16  2.50e-11  6.20e-06
2s
Ext.iteration=13  Objective=0.410478870516E+04
Residual=0.000000000000E+00
    19  -7.32262457e+03  -7.33635689e+03  9.16e-16  7.28e-12  2.61e-04
1s
Ext.iteration=14  Objective=0.413161167486E+04
Residual=0.000000000000E+00
    15  -7.31668633e+03  -7.53076535e+03  1.14e-15  1.32e-13  4.07e-03
1s
Ext.iteration=15  Objective=0.415416884898E+04
Residual=0.000000000000E+00
Ext.iteration=16  Objective=0.417363405074E+04
Residual=0.000000000000E+00
Ext.iteration=17  Objective=0.419031481424E+04
Residual=0.000000000000E+00
    22  -7.48631074e+03  -7.48631614e+03  8.88e-16  4.54e-14  1.03e-07
2s
Ext.iteration=18  Objective=0.420476102064E+04
Residual=0.000000000000E+00
    19  -7.51664446e+03  -7.52166175e+03  8.88e-16  3.60e-11  9.54e-05
1s
Ext.iteration=19  Objective=0.421621567326E+04
Residual=0.000000000000E+00

```

```

17 -7.53036531e+03 -7.57521110e+03 3.55e-15 6.96e-14 8.53e-04
1s
Ext.iteration=20 Objective=0.422580117168E+04
Residual=0.000000000000E+00
15 -7.88404368e+03 -8.01460643e+03 1.20e-14 3.36e-10 2.48e-03
1s
Ext.iteration=21 Objective=0.424374066298E+04
Residual=0.000000000000E+00
14 -8.71506004e+03 -9.11003610e+03 1.02e-11 2.21e-10 7.51e-03
1s
Ext.iteration=22 Objective=0.426765493619E+04
Residual=0.000000000000E+00
13 -8.78810038e+03 -9.52875149e+03 4.62e-14 7.56e-13 1.41e-02
1s
Ext.iteration=23 Objective=0.427715339212E+04
Residual=0.000000000000E+00
Ext.iteration=24 Objective=0.428179795140E+04
Residual=0.000000000000E+00
Ext.iteration=25 Objective=0.428417683301E+04
Residual=0.000000000000E+00
Ext.iteration=26 Objective=0.428543210337E+04
Residual=0.000000000000E+00
22 -9.15661456e+03 -9.15661456e+03 1.78e-15 4.49e-10 6.17e-12
2s
Ext.iteration=27 Objective=0.428610750687E+04
Residual=0.000000000000E+00
22 -9.17114900e+03 -9.17114900e+03 8.88e-16 2.00e-10 1.53e-13
2s
Ext.iteration=28 Objective=0.428646887428E+04
Residual=0.000000000000E+00
21 -9.18144628e+03 -9.18144628e+03 8.88e-16 6.13e-11 5.04e-11
2s
Ext.iteration=29 Objective=0.428666988894E+04
Residual=0.000000000000E+00
20 -9.18897992e+03 -9.18898003e+03 4.12e-14 1.15e-10 2.08e-09
1s
Ext.iteration=30 Objective=0.428678287184E+04
Residual=0.000000000000E+00
20 -9.19452265e+03 -9.19452271e+03 1.24e-15 2.56e-13 1.03e-09
1s
20 -9.19861602e+03 -9.19861601e+03 5.24e-11 1.28e-10 2.92e-09
1s
Ext.iteration=32 Objective=0.428688363501E+04
Residual=0.000000000000E+00
19 -9.20150499e+03 -9.20169289e+03 1.17e-09 6.09e-12 3.64e-06
1s
Ext.iteration=33 Objective=0.428690478725E+04
Residual=0.000000000000E+00
17 -9.19898434e+03 -9.20542986e+03 1.73e-14 2.86e-10 1.22e-04
1s
Ext.iteration=34 Objective=0.428691708459E+04
Residual=0.000000000000E+00

```

```

    19  -9.20558612e+03 -9.20558713e+03  8.68e-10 2.98e-13  5.99e-08
1s
Ext.iteration=35  Objective=0.428692458214E+04
Residual=0.000000000000E+00
    17  -9.20327011e+03 -9.20817752e+03  1.95e-14 8.03e-11  9.32e-05
1s
Ext.iteration=36  Objective=0.428692904222E+04
Residual=0.000000000000E+00
    21  -9.20793154e+03 -9.20793051e+03  6.31e-10 2.88e-13  2.66e-10
2s
Ext.iteration=37  Objective=0.428693215661E+04
Residual=0.000000000000E+00
    20  -9.20892802e+03 -9.20892832e+03  9.38e-11 3.29e-13  6.97e-09
1s
Ext.iteration=38  Objective=0.428693340866E+04
Residual=0.000000000000E+00
    19  -9.20945002e+03 -9.20945852e+03  8.88e-16 3.57e-13  1.56e-07
1s
Ext.iteration=39  Objective=0.428693415404E+04
Residual=0.000000000000E+00
    18  -9.20956297e+03 -9.20997158e+03  1.14e-10 5.60e-11  7.77e-06
1s
Ext.iteration=40  Objective=0.428693459128E+04
Residual=0.000000000000E+00
    17  -1.13675981e+04 -1.13716783e+04  9.70e-11 5.73e-13  7.76e-05
1s
Ext.iteration=41  Objective=0.428693484826E+04
Residual=0.000000000000E+00
    13  -1.52049250e+04 -1.87794692e+04  3.36e-11 2.68e-10  6.79e-02
1s
Ext.iteration=42  Objective=0.428693484826E+04
Residual=0.000000000000E+00
    14  -1.11386828e+04 -1.16542021e+04  2.22e-15 1.26e-12  9.80e-03
1s
Ext.iteration=43  Objective=0.428693484826E+04
Residual=0.000000000000E+00
    17  -1.13645085e+04 -1.13736375e+04  2.27e-10 4.45e-10  1.74e-04
1s
Ext.iteration=44  Objective=0.428693488754E+04
Residual=0.000000000000E+00
    12  -1.07587348e+04 -1.27250495e+04  2.69e-15 1.47e-12  3.74e-02
1s
Ext.iteration=45  Objective=0.428693489045E+04
Residual=0.000000000000E+00
    21  -1.13714988e+04 -1.13714980e+04  2.21e-10 1.73e-11  6.15e-11
2s
Ext.iteration=46  Objective=0.428693489045E+04
Residual=0.000000000000E+00
    20  -1.13714981e+04 -1.13714980e+04  1.38e-10 8.82e-10  6.79e-09
2s
Ext.iteration=47  Objective=0.428693491280E+04
Residual=0.000000000000E+00

```

```

12 -1.06374372e+04 -1.29985291e+04 1.28e-12 1.63e-09 4.49e-02
1s
Ext.iteration=48 Objective=0.428693491280E+04
Residual=0.000000000000E+00
Ext.iteration=49 Objective=0.428693491280E+04
Residual=0.000000000000E+00
23 -1.13713482e+04 -1.13713530e+04 2.89e-15 1.16e-12 3.17e-11
2s
Ext.iteration=50 Objective=0.428693491280E+04
Residual=0.000000000000E+00
18 -1.13668438e+04 -1.13728724e+04 2.89e-15 5.82e-13 1.15e-04
2s
Ext.iteration=51 Objective=0.428693491387E+04
Residual=0.000000000000E+00
14 -1.10864098e+04 -1.16088984e+04 1.78e-15 4.48e-11 9.93e-03
1s
Ext.iteration=52 Objective=0.428693491387E+04
Residual=0.000000000000E+00
10 -1.00830946e+04 -2.01955549e+04 3.64e-07 7.03e-10 1.92e-01
1s
Ext.iteration=53 Objective=0.428693491387E+04
Residual=0.000000000000E+00
22 -1.13713096e+04 -1.13713091e+04 8.48e-11 7.61e-13 3.63e-10
2s
Ext.iteration=54 Objective=0.428693491434E+04
Residual=0.000000000000E+00
17 -1.13532246e+04 -1.13800287e+04 1.17e-15 7.84e-13 5.09e-04
1s
Ext.iteration=55 Objective=0.428693491454E+04
Residual=0.000000000000E+00
11 -1.04680093e+04 -1.37564713e+04 4.46e-13 9.68e-12 6.25e-02
1s
Ext.iteration=56 Objective=0.428693491454E+04
Residual=0.000000000000E+00
Optimization was stopped
Calculating resulting outputs. Writing solution.
Calculating resulting outputs. Writing solution.
Solver has normally finished. Solution was saved.

```

Додаток Е

Вихідні дані моделі управління вантажопотоком

Таблиця Е.1.

Фрагмент вихідних даних до моделі управління вантажопотоком

Маршрут	Кількість місць	Факт. Вага, кг	Дата відправки	Спл. вага	Тариф, дол. США	Інші збори	Виручка
JFK-KBP	1	1	02 січ 16	1	SERVICE		0
JFK-KBP	1	3	02 січ 16	3	SERVICE		0
JFK-KBP	1	1	02 січ 16	1	SERVICE		0
JFK-KBP	1	1	02 січ 16	1	SERVICE		0
KBP-PEK	32	13805	03 січ 16	13805	0,90		12 425
KBP-PEK	12	459	03 січ 16	500	1,00		500
JFK-KBP	6	1940	03 січ 16	1940	1,15	0,7	3 589
JFK-KBP	2	250	03 січ 16	377,6	1,35	0,7	685
PEK-KBP	1	136	04 січ 16	136	4,45	0,2	632
PEK-KBP	65	1170	04 січ 16	1327	3,50	0,2	4 879
KBP-PEK	21	199	05 січ 16	200	1,75		350
KBP-JFK	18	445	06 січ 16	500	1,40		700
KBP-PEK	23	543	06 січ 16	543	1,00		543
PEK-KBP	107	2505	06 січ 16	2505	3,50	0,2	9 269
KBP-JFK	1	10,2	07 січ 16	10,2	SERVICE		0
KBP-TBS	2	67	07 січ 16	67	1,50	5	106
JFK-KBP	1	167,8	07 січ 16	179	1,35	0,7	359
JFK-KBP	4	895	07 січ 16	1728	1,15	0,7	2 614
JFK-HEL	1	49	07 січ 16	49	2,20	0,7	142
JFK-KBP	1	1	07 січ 16	2	SERVICE	0,7	0
JFK-KBP	27	2200,9	07 січ 16	2201	1,15	0,7	4 072
PEK-KBP	1	52	07 січ 16	52	4,60	0,2	250
KBP-PEK	50	2543	08 січ 16	2543	0,90		2 289
KBP-PEK	32	13605	08 січ 16	13605	0,90		12 245
JFK-KBP	3	34	08 січ 16	34	SERVICE	0,7	0
JFK-KBP	1	1	08 січ 16	1	SERVICE	0,7	0
JFK-KBP	1	2	08 січ 16	8	SERVICE	0,7	0
JFK-KBP	1	28	08 січ 16	28	SERVICE	0,7	0
JFK-KBP	1	69	08 січ 16	69	SERVICE	0,7	0
PEK-KBP	78	1500	09 січ 16	2000	3,50	0,2	7 300
PEK-KBP	573	2480	09 січ 16	2480	3,50	0,2	9 176
PEK-KBP	664	3965	09 січ 16	3965	3,50	0,2	14 671
JFK-KBP	1	501,7	10 січ 16	502	1,20	0,7	954
JFK-TBS	13	425	10 січ 16	477	2,59	0,7	1 533
JFK-KBP	17	323	10 січ 16	323	3,00	0,7	1 195
PEK-KBP	766	4045	11 січ 16	4045	3,50	0,2	14 967
PEK-KBP	5	1535	11 січ 16	1535	3,50	0,2	5 680
PEK-KBP	100	1295	11 січ 16	1295	3,50	0,2	4 792
PEK-KBP	270	1445	11 січ 16	1445	3,50	0,2	5 347
PEK-KBP	57	1168	11 січ 16	1168	3,50	0,2	4 322
PEK-KBP	639	4200	11 січ 16	4200	3,50	0,2	15 540
KBP-PEK	29	1674	12 січ 16	1674	0,90		1 507
KBP-PEK	3	1928	12 січ 16	1928	0,90		1 735
KBP-PEK	1	5,18	12 січ 16	6	2,70		50

Маршрут	Кількість місць	Факт. Вага, кг	Дата відправки	Спл. вага	Тариф, дол. США	Інші збори	Виручка
KBP-JFK	1	10	13 січ 16	26	10,00		260
KBP-JFK	4	73	13 січ 16	73	2,10		153
KBP-ALA	1	7	14 січ 16	9	1,80		50
KBP-JFK	1	8	14 січ 16	12	10,00		120
JFK-KBP	2	744	14 січ 16	744	1,20	0,7	1 414
JFK-KBP	2	454	14 січ 16	474	1,35	0,7	958
JFK-KBP	5	180	14 січ 16	180	3,00	0,7	666
JFK-KBP	2	638	14 січ 16	638	1,20	0,7	1 212
JFK-KBP	109	900	14 січ 16	900	1,20	0,7	1 710
JFK-KBP	1	177	14 січ 16	177	1,35	0,7	363
JFK-KBP	1	315	14 січ 16	315	1,35	0,7	646
PEK-KBP	481	2741	14 січ 16	2930	3,50	0,2	10 803
PEK-KBP	58	1310	14 січ 16	1846	3,50	0,2	6 723
KBP-ALA	2	218	15 січ 16	218	1,20		262
KBP-ALA	3	103	15 січ 16	150,5	1,30		196
KBP-PEK	32	13605	15 січ 16	13605	0,90		12 245
KBP-JFK	6	74,5	16 січ 16	75	2,10	5	163
KBP-JFK	19	404	16 січ 16	567,5	1,40		795
JFK-TBS	9	253	16 січ 16	330	1,35	0,7	623
JFK-KBP	13	1016	16 січ 16	1306	1,15	0,7	2 213
JFK-KBP	22	537	16 січ 16	707	1,20	0,7	1 224
JFK-KBP	69	805	16 січ 16	805	1,20	0,7	1 530
JFK-KBP	1	1	16 січ 16	1	SERVICE	0,7	0
JFK-KBP	1	1	16 січ 16	2	SERVICE	0,7	0
PEK-KBP	35	1085	16 січ 16	1085	3,50	0,2	4 015
PEK-KBP	19	340	16 січ 16	340	4,05	0,2	1 445
KBP-JFK	8	40	18 січ 16	48	10,00		480
PEK-KBP	713	3473	18 січ 16	3473	3,50	0,2	12 850
PEK-KBP	729	4037	18 січ 16	4091,5	3,50	0,2	15 128
KBP-ALA	75	1011	19 січ 16	1011	0,70		708
KBP-ALA	7	182	19 січ 16	182	1,30		237
KBP-PEK	1	53	19 січ 16	53	2,30		122
KBP-TBS	1	43	19 січ 16	43	1,55		67
KBP-TBS	1	100	19 січ 16	100	3,00		300
KBP-JFK	10	1441	20 січ 16	1800	1,20		2 160
PEK-KBP	88	496	20 січ 16	929,5	3,70	0,2	3 538
PEK-KBP	674	4182	20 січ 16	4182	3,50	0,2	15 473
PEK-KBP	646	3405	20 січ 16	3405	3,50	0,2	12 599
PEK-KBP	12	51	20 січ 16	98	4,60	0,2	461
PEK-KBP	45	948	20 січ 16	948	3,70	0,2	3 697
PEK-KBP	6	70	20 січ 16	70	4,60	0,2	336
PEK-KBP	88	1788	20 січ 16	2053	3,50	0,2	7 543
KBP-JFK	1	23	21 січ 16	32	3,00		96
KBP-JFK	224	2070	21 січ 16	2070	1,20		2 484
KBP-JFK	1	1	21 січ 16	1	SERVICE		0
JFK-KBP	6	2680	21 січ 16	2680	1,80	0,7	6 700
JFK-KBP	7	1365	21 січ 16	1902	1,15	0,7	3 143
JFK-KBP	10	2448	21 січ 16	2448	1,15	0,7	4 529
JFK-KBP	1	135	21 січ 16	189	1,35	0,7	350

Маршрут	Кіл- сть місць	Факт. Вага, кг	Дата відправки	Спл. вага	Тариф, дол. США	Інші збори	Виручка
JFK-KBP	1	8	21 січ 16	38	SERVICE	0,7	0
KBP-PEK	1	100,7	22 січ 16	101	2,00		202
KBP-PEK	1	1350	22 січ 16	1350	0,90		1 215
KBP-PEK	23	1498	22 січ 16	1498	0,90		1 348
JFK-KBP	9	5553	22 січ 16	5553	1,10	0,7	9 995
JFK-KBP	6	88	22 січ 16	100	1,35	0,7	197
JFK-KBP	3	287	22 січ 16	418,5	1,35	0,7	766
JFK-KBP	1	1	22 січ 16	1	SERVICE	0,7	0
JFK-KBP	1	1	22 січ 16	1	SERVICE	0,7	0
JFK-KBP	1	161	22 січ 16	161	SERVICE	0,7	0
JFK-KBP	3	53	22 січ 16	53	2,20	0,7	154
JFK-KBP	6	1111	22 січ 16	1111	1,15	0,7	2 055
KBP-ALA	5	17	23 січ 16	25	MIN		25
PEK-KBP	83	1760	23 січ 16	1964	3,50	0,2	7 226
PEK-KBP	7	985	23 січ 16	1300,5	3,50	0,2	4 749
PEK-KBP	755	4070	23 січ 16	4070	3,50	0,2	15 059
PEK-KBP	764	3585	23 січ 16	3585	3,50	0,2	13 265
KBP-ALA	21	255	24 січ 16	255	1,20		306
JFK-KBP	4	44,9	24 січ 16	45	2,20	0,7	130
JFK-KBP	52	896	24 січ 16	896	1,88	0,7	2 312
JFK-KBP	34	914	24 січ 16	914	1,20	0,7	1 737
JFK-KBP	1	384	24 січ 16	384	1,35	0,7	787
JFK-KBP	2	798	24 січ 16	798	1,20	0,7	1 516
JFK-KBP	79	672	24 січ 16	672	1,20	0,7	1 277
JFK-SVO	3	16	24 січ 16	23	4,24	0,7	109
JFK-KBP	8	733	24 січ 16	733	1,20	0,7	1 393
JFK-KBP	15	2711	26 січ 16	4626	1,10	0,7	6 986
JFK-KBP	5	1193	26 січ 16	1387	1,15	0,7	2 430
JFK-KBP	2	567	26 січ 16	567	1,20	0,7	1 077
JFK-KBP	10	226	26 січ 16	226	3,00	0,7	836
KBP-ALA	5	82,9	28 січ 16	103,5	1,30		135
KBP-JFK	9	380	28 січ 16	380	1,70		646
KBP-JFK	8	133	28 січ 16	230	1,70		391
KBP-TBS	1	100	28 січ 16	100	3,00		300
KBP-TBS	69	770	28 січ 16	770	1,05		809
JFK-KBP	1	161	28 січ 16	161	1,35	0,7	330
JFK-KBP	4	826	28 січ 16	929	1,20	0,7	1 693
KBP-ALA	15	182	29 січ 16	182	1,30		237
KBP-ALA	1	22	29 січ 16	22	1,80		50
KBP-PEK	1	93,35	29 січ 16	100	2,00		200
JFK-KBP	1	191	29 січ 16	191	SERVICE		0
JFK-KBP	1	1	29 січ 16	5	SERVICE		0
JFK-KBP	2	98	29 січ 16	100	1,35	0,7	204
JFK-KBP	2	92,27	29 січ 16	357	1,35	0,7	547
PEK-KBP	829	3528	30 січ 16	3528	3,50	0,2	13 054
PEK-KBP	48	912	30 січ 16	912	3,70	0,2	3 557
PEK-KBP	673	2963	30 січ 16	3013,5	3,50	0,2	11 140
JFK-KBP	1	131	31 січ 16	286	1,35	0,7	478
JFK-KBP	18	325	31 січ 16	325	1,35	0,7	666
JFK-TBS	5	188	31 січ 16	228	2,59	0,7	722

Маршрут	Кіл-сть місць	Факт. Вага, кг	Дата відправки	Спл. вага	Тариф, дол. США	Інші збори	Виручка
JFK-KBP	14	1706	31 січ 16	1706	1,15	0,7	3 156
JFK-KBP	96	1102	31 січ 16	1102	1,15	0,7	2 039
JFK-KBP	3	318	02 лют 16	719	1,20	0,7	1 085
JFK-KBP	1	101	02 лют 16	101	1,35	0,7	207
JFK-KBP	5	1055	02 лют 16	1055	1,15	0,7	1 952
JFK-KBP	40	660	02 лют 16	660	3,13	0,7	2 528
JFK-LVO	1	190	02 лют 16	190	7,29	0,7	1 518
JFK-KBP	1	158	02 лют 16	158	SERVICE	0,7	0
JFK-KBP	13	197	02 лют 16	224	1,35	0,7	440
SOF-HAN	10	152	02 лют 16	152	0,41	0,42	126
KBP-JFK	8	40	03 лют 16	48	10,00		480
KBP-JFK	1	12	03 лют 16	12	10,00	5	125
KBP-ALA	4	55	04 лют 16	55	1,50		83
KBP-ALA	27	492	04 лют 16	500	1,10		550
KBP-ALA	23	736	04 лют 16	736	1,10		810
KBP-JFK	1	7	04 лют 16	8	10,00		80
KBP-JFK	23	229	04 лют 16	229	1,70		389
KBP-JFK	81	2860	04 лют 16	2860	1,20		3 432
JFK-KBP	53	914	04 лют 16	914	1,88	0,7	2 358
JFK-KBP	10	2542	04 лют 16	2542	1,15	0,7	4 703
JFK-KBP	9	204	04 лют 16	207	1,35	0,7	422
JFK-KBP	1	185	04 лют 16	185	1,35	0,7	379
JFK-OZH	25	325	04 лют 16	325	1,35	0,7	666
KBP-ALA	109	1535	05 лют 16	2093	1,00		2 093
KBP-ALA	3	144	05 лют 16	144	1,30		187
KBP-PEK	24	1324	05 лют 16	1324	0,90		1 192
KBP-TBS	1	105	05 лют 16	105	3,00		315
JFK-KBP	6	1209	05 лют 16	1209	1,15	0,7	2 237
JFK-KBP	3	883,2	05 лют 16	883,5	1,20	0,7	1 678
JFK-KBP	1	18	05 лют 16	18		0,7	93
JFK-KBP	6	1002	05 лют 16	1110	1,15	0,7	1 978
JFK-KBP	13	1451,5	05 лют 16	2506	1,15	0,7	3 898
JFK-KBP	1	1	05 лют 16	1	SERVICE	0,7	0
JFK-KBP	1	1	05 лют 16	1	SERVICE	0,7	0
JFK-KBP	2	1000	05 лют 16	1000	SERVICE	0,7	0
JFK-KBP	1	1	05 лют 16	5	SERVICE	0,7	0
JFK-KBP	1	183	05 лют 16	183	1,35	0,7	375
JFK-KBP	1	69	05 лют 16	69	SERVICE	0,7	0
KBP-JFK	10	712	06 лют 16	712	1,40		997
KBP-JFK	3	82	06 лют 16	82	2,10		172
KBP-ALA	1	4	07 лют 16	5	MIN		25
JFK-KBP	1	78	07 лют 16	100	1,35	0,7	190
JFK-KBP	1	5	07 лют 16	7		0,7	84
JFK-KBP	14	1620	07 лют 16	1620	1,15	0,7	2 997
JFK-TBS	22	606	07 лют 16	606	2,30	0,7	1 818
JFK-KBP	5	899	07 лют 16	899	1,20	0,7	1 708
JFK-KBP	81	722	07 лют 16	722	1,20	0,7	1 372
JFK-KBP	42	538	07 лют 16	538	1,20	0,7	1 022
JFK-KBP	1	2	07 лют 16	2	SERVICE	0,7	0
JFK-KBP	2	670	07 лют 16	670	1,20	0,7	1 273

Маршрут	Кількість місць	Факт. Вага, кг	Дата відправки	Спл. вага	Тариф, дол. США	Інші збори	Виручка
KBP-JFK	27	2970	08 лют 16	2970	1,20		3 564
KBP-PEK	3	23	09 лют 16	23	2,70		62
JFK-KBP	10	216	09 лют 16	216	3,00	0,7	799
JFK-KBP	5	2541	09 лют 16	2541	1,15	0,7	4 701
JFK-KBP	1	167	09 лют 16	248	1,35	0,7	452
JFK-KBP	2	708	09 лют 16	708	1,20	0,7	1 345
KBP-JFK	4	20	10 лют 16	24	10,00		240
KBP-JFK	27	2970	10 лют 16	2970	1,20		3 564
KBP-JFK	6	76,6	10 лют 16	77	2,10		162
KBP-TBS	1	245	10 лют 16	245	1,15		282
KBP-ALA	21	569	11 лют 16	569	1,10		626
KBP-ALA	7	360	11 лют 16	360	1,15		414
KBP-ALA	1	9	11 лют 16	9	MIN		25
KBP-JFK	27	2970	11 лют 16	2970	1,20		3 564
JFK-KBP	12	2000	11 лют 16	2000	1,15	0,7	3 700
JFK-KBP	1	63	11 лют 16	63	SERVICE		0
JFK-KBP	1	155	11 лют 16	155	1,35	0,7	318
JFK-KBP	1	11	11 лют 16	16,1		0,7	88
KBP-ALA	4	122	12 лют 16	122	1,30		159
KBP-PEK	2	1552	12 лют 16	1592	0,90		1 433
KBP-PEK	34	1766	12 лют 16	1766	0,70		1 236
KBP-PEK	1	9,1	12 лют 16	10	2,70		50
KBP-PEK	81	662	12 лют 16	662	SERVICE		0
KBP-PEK	32	13605	12 лют 16	13605	0,50		6 803
JFK-TBS	17	298	12 лют 16	300	2,59	0,7	986
JFK-KBP	2	1536	12 лют 16	1536	1,80	0,7	3 840
JFK-KBP	15	2940	12 лют 16	3113	1,10	0,7	5 482
KBP-ALA	5	128	13 лют 16	128	0,90		115
KBP-ALA	23	365	13 лют 16	365	1,15		420
KBP-JFK	3	568	13 лют 16	918,5	1,40		1 286
KBP-JFK	10	1836	13 лют 16	2100	1,20		2 520
KBP-PEK	25	469	14 лют 16	469	1,50		704
KBP-PEK	1	0,6	14 лют 16	1	2,70		50
KBP-TBS	1	12	14 лют 16	12	1,55		50
JFK-KBP	63	1086	14 лют 16	1086	1,10	0,7	1 955
JFK-KBP	1	3	14 лют 16	4		0,7	82
JFK-KBP	106	1275	14 лют 16	1275	1,15	0,7	2 359
JFK-TBS	4	42	14 лют 16	45	3,51	0,7	187
JFK-KBP	50	649	14 лют 16	649	1,20	0,7	1 233
JFK-KBP	10	1232	14 лют 16	1232	1,15	0,7	2 279
JFK-KBP	5	74,8	14 лют 16	100	1,35	0,7	187
JFK-KBP	2	133,8	14 лют 16	235	1,35	0,7	411
JFK-KBP	9	5430	14 лют 16	5430	1,10	0,7	9 774
KBP-JFK	5	105	15 лют 16	105	1,00		105
KBP-JFK	10	122	15 лют 16	122	1,00		122
KBP-PEK	1	13	16 лют 16	13	2,70		50
JFK-KBP	9	1506,8	16 лют 16	1507	1,15	0,7	2 788
JFK-KBP	1	2	16 лют 16	2	SERVICE		0
JFK-KBP	1	1	16 лют 16	1	SERVICE		0
JFK-KBP	1	20	16 лют 16	20	MIN	0,7	94

Маршрут	Кіл-сть місць	Факт. Вага, кг	Дата відправки	Спл. вага	Тариф, дол. США	Інші збори	Виручка
JFK-KBP	1	345	16 лют 16	345	1,35	0,7	707
KBP-JFK	29	649	17 лют 16	731,5	0,70		512
KBP-JFK	21	295	17 лют 16	295	1,70		502
KBP-TBS	1	105	17 лют 16	105	3,00		315
KBP-TBS	1	105	17 лют 16	105	3,00		315
PEK-KBP	187	1090	17 лют 16	1867,5	3,50	0,2	6 754
PEK-KBP	12	202	17 лют 16	202	4,30	0,2	909
KBP-ALA	2	16,4	18 лют 16	17	1,80		50
KBP-ALA	17	2451	18 лют 16	2596,5	1,00		2 597
JFK-KBP	8	764,74	18 лют 16	965	1,20	0,7	1 693
JFK-KBP	1	222	18 лют 16	259	1,35	0,7	505
JFK-KBP	1	5	18 лют 16	5	SERVICE		0
JFK-KBP	3	699	18 лют 16	699	1,20	0,7	1 328
JFK-KBP	10	230	18 лют 16	230	1,35	0,7	472
JFK-KBP	1	45	18 лют 16	45	SERVICE		0
JFK-HRK	1	272	18 лют 16	409	1,35	0,7	743
JFK-KBP	1	3	18 лют 16	11	MIN	0,7	82
JFK-KBP	2	344	18 лют 16	505	1,20	0,7	847
JFK-KBP	1	69	18 лют 16	69	SERVICE		0
JFK-KBP	2	180	18 лют 16	357	1,35	0,7	608
KBP-PEK	20	1123	19 лют 16	1123	0,90		1 011
KBP-PEK	1	235	19 лют 16	235	1,75		411
JFK-TBS	20	303	19 лют 16	340	1,35	0,7	671
JFK-KBP	1	282	19 лют 16	282	5,93	0,7	1 868
JFK-KBP	4	1366	19 лют 16	1366	1,15	0,7	2 527
JFK-KBP	5	106	19 лют 16	107	1,35	0,7	219
JFK-KBP	1	387	19 лют 16	454	1,35	0,7	884
KBP-ALA	9	238,6	20 лют 16	239	0,90		215
KBP-ALA	2	27,5	20 лют 16	32	0,90		29
KBP-ALA	2	226	21 лют 16	226	1,20		271
KBP-TBS	1	105	21 лют 16	105	1,30		137
KBP-TBS	182	1748	21 лют 16	1748	1,00		1 748
JFK-KBP	5	1936,86	21 лют 16	1937	1,15	0,7	3 583
JFK-KBP	10	410	21 лют 16	410	1,35	0,7	841
JFK-KBP	4	257,7	21 лют 16	2567	1,15	0,7	3 132
JFK-KBP	17	2122	21 лют 16	2122	1,15	0,7	3 926
JFK-KBP	4	41	21 лют 16	55,4	2,20	0,7	151
JFK-KBP	1	295	21 лют 16	295	1,35	0,7	605
JFK-KBP	17	308	21 лют 16	308	1,35	0,7	631
JFK-KBP	116	1324	21 лют 16	1324	1,15	0,7	2 449
JFK-KBP	4	7,3	21 лют 16	20,4	3,95	0,7	86
KBP-JFK	8	40	22 лют 16	48	10,00		480
PEK-KBP	793	3531	22 лют 16	3987	3,50	0,2	14 661
KBP-ALA	20	226	23 лют 16	384	1,15		442
KBP-ALA	18	211	23 лют 16	346	1,15		398
KBP-ALA	1	2,7	23 лют 16	5	1,80		50
KBP-TBS	1	246	23 лют 16	246	1,15		283
JFK-KBP	10	249	23 лют 16	249	3,00	0,7	921
JFK-KBP	1	302,99	23 лют 16	303	1,35	0,7	621
JFK-KBP	1	180	23 лют 16	180	5,93	0,7	1 193

Маршрут	Кіл-сть місць	Факт. Вага, кг	Дата відправки	Спл. вага	Тариф, дол. США	Інші збори	Виручка
JFK-KBP	1	35	23 лют 16	217	3,00	0,7	676
JFK-KBP	1	4	23 лют 16	14		0,7	83
JFK-KBP	25	415	23 лют 16	415	5,00	0,7	2 366
KBP-TBS	2	40	24 лют 16	40	1,55		62
PEK-KBP	1	116	24 лют 16	116	4,45	0,2	539
PEK-KBP	485	3042	24 лют 16	3042	3,50	0,2	11 255
PEK-KBP	38	336	24 лют 16	336	4,05	0,2	1 428
PEK-KBP	2	72	24 лют 16	100	4,45	0,2	459
KBP-ALA	14	109,5	25 лют 16	110	1,30		143
KBP-ALA	3	53,5	25 лют 16	53,5	1,50		80
KBP-ALA	3	161	25 лют 16	161	1,30		209
KBP-ALA	34	664	25 лют 16	664	1,10		730
KBP-ALA	2	155	25 лют 16	218	1,20		262
JFK-KBP	1	79	25 лют 16	155	1,35	0,7	265
JFK-KBP	1	26	25 лют 16	65	2,20	0,7	161
JFK-KBP	26	923	25 лют 16	923	1,20	0,7	1 754
JFK-KBP	1	230	25 лют 16	230	1,35	0,7	472
JFK-KBP	45	571,5	25 лют 16	901	1,20	0,7	1 481
JFK-KBP	11	3178	25 лют 16	3178	1,10	0,7	5 720
JFK-KBP	3	601	25 лют 16	601,5	1,20	0,7	1 143
JFK-KBP	62	1069	25 лют 16	1069	1,73	0,7	2 598
JFK-KBP	1	81,6	25 лют 16	105	1,35	0,7	199
PEK-KBP	16	374	25 лют 16	374	4,05	0,2	1 590
PEK-KBP	1	195	25 лют 16	195	4,45	0,2	907
KBP-PEK	8	280	26 лют 16	300	1,50		450
KBP-PEK	32	13605	26 лют 16	13605	0,50		6 803
KBP-TBS	7	34	26 лют 16	45	1,50		68
JFK-KBP	1	1,8	26 лют 16	2,4		0,7	81
JFK-TBS	23	394	26 лют 16	500	1,20	0,7	876
JFK-KBP	1	839	26 лют 16	940	1,20	0,7	1 715
JFK-KBP	36	2433,8	26 лют 16	3005,5	1,10	0,7	5 010
JFK-KBP	4	104	26 лют 16	104	1,35	0,7	213
JFK-KBP	1	1	26 лют 16	2	SERVICE		0
JFK-KBP	1	244	26 лют 16	244	1,35	0,7	500
KBP-ALA	1	125	27 лют 16	125	1,30		163
PEK-KBP	18	568	27 лют 16	568	3,70	0,2	2 215
PEK-KBP	571	2975	27 лют 16	3035,5	3,50	0,2	11 219
PEK-KBP	1	18	27 лют 16	45	4,60	0,2	211
PEK-KBP	1	160	27 лют 16	160	7,00	0,2	1 152
JFK-KBP	1	54	28 лют 16	54	2,20	0,7	157
JFK-KBP	2	35	28 лют 16	45	2,20	0,7	124
JFK-KBP	1	2	28 лют 16	2		0,7	81
JFK-KBP	2	44,5	28 лют 16	45	2,20	0,7	130
JFK-KBP	24	2456	28 лют 16	2456	1,15	0,7	4 544
JFK-KBP	2	58	28 лют 16	75	2,20	0,7	206
JFK-KBP	2	613	28 лют 16	613	1,20	0,7	1 165
JFK-KBP	17	185	28 лют 16	231	1,35	0,7	441
JFK-KBP	9	2563	28 лют 16	4365,8	1,10	0,7	6 596