

УДК 656.7.025 (045)

МОДЕЛЬ ПЛАНУВАННЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ В МЕРЕЖІ АВІАЛІНІЙ ПЕРЕВІЗНИКА**В. С. Войцеховський**

Національний авіаційний університет

просп. косм. Комарова, 1, м. Київ, 03058, Україна. E-mail: vctr.voitsehovskiy@gmail.com

Відзначено, що для найбільш ефективного використання можливостей перевезення вантажів в мережі авіаліній необхідно здійснювати прогнозування і планування таких перевезень. Реалізовано нелінійну багатопродуктову модель транспортних потоків, що може використовуватися при плануванні перевезення вантажів в мережі авіаліній перевізника з врахуванням невизначеності інформації та ризиків зменшення попиту на послуги перевізника. Запропонована модель має квадратичну цільову функцію та нелінійні обмеження, що з практичної точки зору розв'язання задачі при великій кількості обмежень та змінних може бути проблематичним, а отже запропоновано переформулювати таку задачу як двоетапну, що дозволило скористатися перевагами добре розвинених пакетів, що реалізують методи лінійного програмування. Встановлено, що для розв'язання задачі можна використати методи нелінійного програмування, що призначені для розв'язання неопуклих задач.

Ключові слова: моделювання, планування, перевезення вантажів, мережа авіаліній, перевізник.

МОДЕЛЬ ПЛАНИРОВАНИЯ ПЕРЕВОЗКИ ГРУЗОВ В СЕТИ АВИАЛИНИЙ ПЕРЕВОЗЧИКА**В. С. Войцеховский**

Национальный авиационный университет

просп. косм. Комарова, 1, г. Киев, 03058, Украина. E-mail: vctr.voitsehovskiy@gmail.com

Отмечено, что для наиболее эффективного использования возможностей перевозки грузов в сети авиалиний необходимо осуществлять прогнозирование и планирование таких перевозок. Реализовано нелинейную многопродуктовую модель транспортных потоков, которая может использоваться при планировании перевозки грузов в сети авиалиний перевозчика с учетом неопределенности информации и рисков уменьшения спроса на услуги перевозчика. Предложенная модель имеет квадратичную целевую функцию и нелинейные ограничения, с практической точки зрения решения задачи при большом количестве ограничений и переменных может быть проблематичным, а следовательно предложено переформулировать такую задачу как двухэтапную, что позволило воспользоваться преимуществами хорошо развитых пакетов, реализующих методы линейного программирования. Установлено, что для решения задачи можно использовать методы нелинейного программирования, предназначенные для решения невыпуклых задач.

Ключевые слова: моделирование, планирование, перевозка грузов, сеть авиалиний, перевозчик.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Перевезення вантажів є важливою складовою успішної діяльності авіакомпанії в умовах конкурентного середовища. Для найбільш ефективного використання можливостей перевезення вантажів в мережі авіаліній необхідно здійснювати прогнозування і планування таких перевезень. Інформаційною основою для здійснення планування є власний досвід авіакомпанії, досвід інших авіакомпаній, дослідження ринків авіаперевезень, вивчення попиту та пропозицій на ринку авіаперевезень. При цьому мають враховуватися прогнози щодо змін і тенденцій як в цілому на ринку авіаперевезень, так і на окремих напрямках.

У науковій праці Т. Якобс, Л. Гарроу, М. Логатепанотона та ін. [1] вивчається застосування прогнозування та дослідження операційних методів для вирішення задач планування авіакомпаній. Крім цього, автори детально описують застосування таких методів у авіакомпаній. Наукова праця М. Фергюсона, Л. Гарроу та Дж. Ньюмена [2] присвячена використанню дискретних моделей вибору завдань управління дохідністю авіакомпанії.

Загальні принципи щодо генерування та перерозподілу вантажопотоків приведені у [3]. Як зазначено у [4] вантаж, що перевозиться авіатранспортом розподіляється нерівномірно за аеропортами, а орієнтуючись передусім на хабові аеропорти, при чому, як проаналізовано авторами, у періоди спаду та зростання, вантажні доходи і вантажопотік непропор-

ційно скорочувалися та зростали, відповідно, в порівнянні з доходами та пасажиропотоками.

Наукова стаття А. Козуба [5] присвячена вивченню теоретичних основ конкурентоспроможності авіакомпанії, при чому автор основну увагу приділяє визначенню факторів попиту на вантажні авіаперевезення. Серед основних факторів А. Козубом відзначено географічну доступність, характер вантажу, а також конвергенції ринків експресперевезень та традиційних ринків вантажних авіаперевезень. У власній науковій праці [6] К. Мозгова досліджує управління доходами авіаперевізника та вирішує його шляхом організації надлімітованих продажів перевезень за економіко-математичними моделями. Наукові здобутки М. Солнцева, які систематизовано у [7] присвячені управлінню асортиментом послуг авіакомпанії із застосуванням стратегії диференціації.

М. Колесник у [8] досліджував стратегії щодо реалізації реструктуризації потенціалу авіаперевізника. Наукова праця Л. Литвиненко [9] була присвячена дослідженню адаптації бізнес-моделі авіакомпанії до умов глобального конкурентного середовища. Робота С. Литвиненка [10] присвячена реалізації інноваційної бізнес-моделі вітчизняних вантажних авіакомпаній різних організаційно-правих форм та типів.

Проте, не було виявлено наукових робіт, які б стосувалися моделювання перевезення вантажів на мережі авіаліній.

Мета роботи – реалізація нелінійної багатопродуктової моделі транспортних потоків на мережі авіаліній.

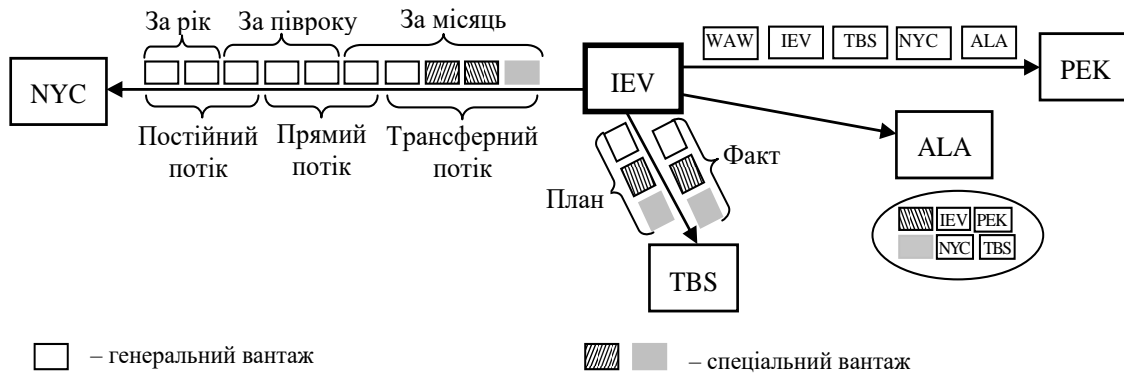
МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.

Важливість прогнозування і планування пов'язана з тим, що «тоннаж» (можливість перевезення) продається заздалегідь – умовно за 1 місяць, за 3 місяці, за 6 місяців і навіть зі рік до здійснення перевезення. Цей строк є глибиною продажу. Так само може відрізнятися тривалість потреби клієнта у перевезеннях – від одноразового перевезення до регулярних перевезень протягом року. Отже авіакомпанія має здійснювати прогнозування і планування на глибину до двох років. Звісно, що наведені міркування є абстрактними і для кожної конкретної авіакомпанії глибина прогнозування і планування відрізняються в залежності від умов, в яких авіакомпанія працює, від мережі її авіаліній, від інформації, яка їй доступна. Тоді як, прогнозування ґрунтується головним чином на зборі та обробці статистичної інформації, то планування може здійснюватися з використання економіко-математичних моделей, які мають використо-

увати вже оброблену статистичну інформацію та припущення щодо прогнозів. При цьому має бути враховано, що чим глибше прогноз, тим менш чіткими і визначеними є дані, отже планування має здійснюватися з врахування невизначеності і ризиків того, що очікувані об'єми попиту на перевезення і (або) ціни на перевезення будуть нижчими від запланованих. Сенса планування з врахуванням ризиків полягає у тому, що в разі настання ризиків втрати авіакомпанії будуть меншими, ніж у випадку використання планів, побудованих без врахування можливих ризиків.

На рис. 1 наведена схема розподілу вантажопотоків на частині мережі авіакомпанії. Вантажопотік можна умовно поділити:

- за часовими рамками – на той, що надходить за рік, за півроку, за місяць;
- за структурою – на постійний, прямий, трансферний;
- за категорією вантажу – спеціальний та генеральний.



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

Рисунок 1 – Схема розподілу вантажопотоків на частині мережі авіакомпанії

Автором запропонована модель, яка може використовуватися при плануванні перевезення вантажів на мережі авіаліній перевізника з врахуванням 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 в залежності від сезону та інших чинників, завантаженість рейсів також міняється протягом року. Перевезення вантажів є послугою, яка приносить авіакомпанії додатковий прибуток.

Оскільки авіакомпанія діюча, то на найближчий період, скажемо, один місяць, об'єми перевезень вже практично визначені і тоннаж проданий, а планування здійснюється вперед на період, наприклад, в один рік. Вважається, що на наступні місяці теж вже укладені певні угоди. При цьому чим далі в глиб від моменту планування, тим більше не проданий тоннаж і більше 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, розв'язуючи задачу, що ставиться, оскільки інформація постійно оновлюється, уточнюється і конкретизується.

За початок відліку часу протягом року візьмемо початок календарного року. Тоді будь-який момент часу t буде однозначно вказувати на певний календарний час і сезон в авіаперевезеннях. Момент року, в який здійснюються розрахунки за допомогою моделі по відповідно підготовленим та оновленим даним, позначимо $t_0 \geq 0$. Моменти року, в які ми припускаємо продавати тоннаж, будемо позначати $t_c > t_0$. Оскільки є глибина продажів, то момент початку перевезень будемо позначати $t_b > t_c$. Кожний контракт на перевезення має тривалість, отже введемо позначення моменту закінчення перевезення $t_e > t_c$.

Припускаємо, що авіакомпанія може побудувати,

а скоріше оцінити, функцію $d(\dots)$ своїх потенційних можливостей залучити потоки вантажів в залежності від ціни на перевезення c та від перелічених часових умов угод про перевезення $d(t_0, t_c, t_b, t_e, c)$. Тоді при плануванні авіакомпанія зможе не тільки вибирати об'єми перевезень з потенційно можливих, але й впливати на потенційні об'єми та оптимізувати ціни.

Більш детально, виходячи із загальних міркувань про властивості функції попиту, залежність функції $d(\dots)$ від перелічених параметрів має такий характер:

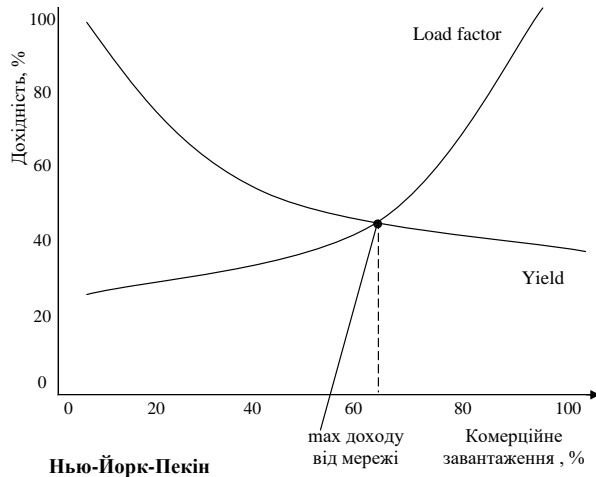
- із збільшенням ціни попит зменшується поки не досягне значення 0. При зменшенні ціни збільшується, але не вище деякого граничного значення;
- із збільшенням різниці $t_b - t_c$ функція $d(\dots)$ має зменшуватися, а для того, щоб вона залишалася постійною треба зменшувати ціну. Ця різниця дорівнює "завчасності" укладання угоди про перевезення і, можливо, оплати і визначає глибину продажу;

– із 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;

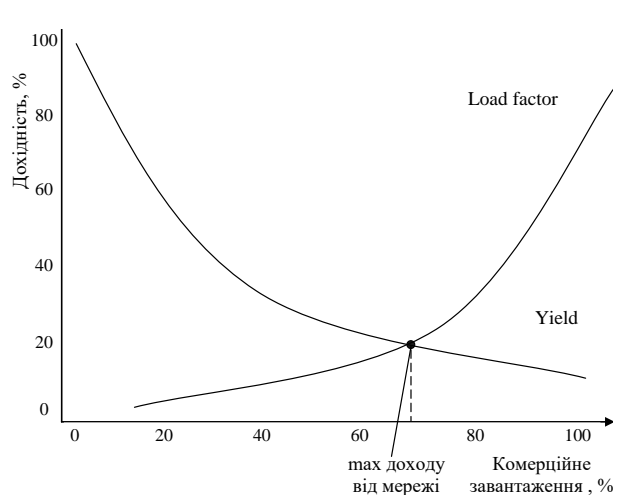
– функція $d(\dots)$ має залежати від моменту початку виконання перевезень t_b оскільки це пов'язано із сезонністю і зміною попиту на перевезення;

– 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. Із збільшенням цієї різниці збільшується невизначеність функції та можливе її відхилення від прогнозованих значень.

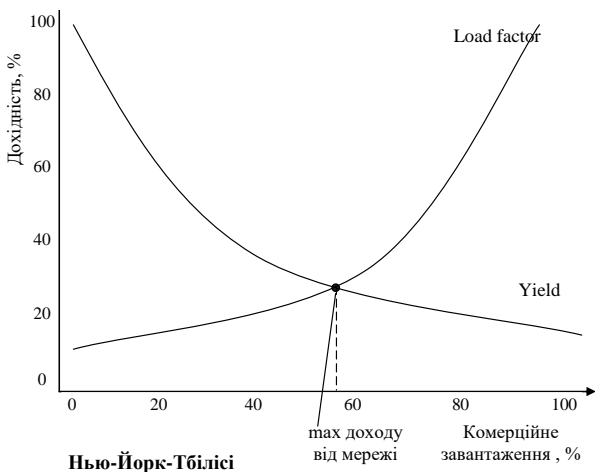
Загальний вигляд згаданих залежностей показаний на рис. 2.



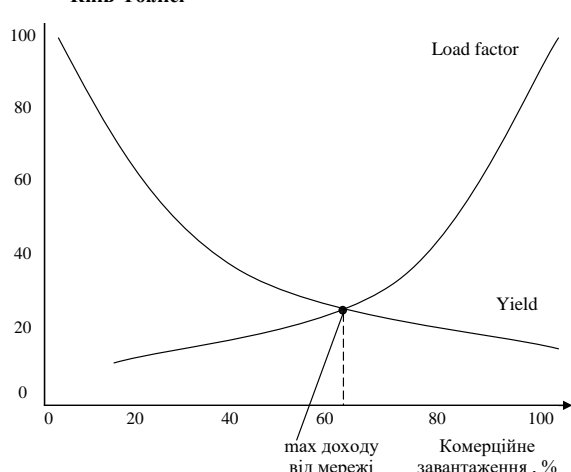
Нью-Йорк-Пекін



Київ-Тбілісі



Нью-Йорк-Тбілісі



Алмати-Тбілісі

Рисунок 2 – Загальний вигляд залежності між дохідністю та завантаженням на типових рейсах

Навіть якщо таку функцію вдасться побудувати, то використання її в моделі є проблематичним. Більш практично в таких випадках виконати дискре-

тизацію функції – розглянути декілька діапазонів зміни частини параметрів, в кожному із 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 по параметрам t_c, t_b, t_e , а вплив невизначеності виключити безпосередньо з $d(\dots)$, але врахувати як окрему функції $\delta(t_0, t_c)$. Вище згадувалось, що можна розглядати, наприклад, такі часові інтервали як один місяць, три місяці, півроку, рік. Можна виконати дискретизацію інтервалів між підписанням угод і початком виконання і строків виконання з різним часовим кроком. В будь-якому випадку ми отримаємо деяку множину варіантів угод, включно зі строками їх укладання, K і для кожного варіанту $k \in K$ буде визначена функція попиту $d^k(c)$ і зафіксовані 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 така функція має бути побудована для кожної пари аеропортів, між якими може бути перевезення вантажів, а ціни будуть змінними моделі, отримаємо необхідність мати набір функцій для пар аеропортів (s, r) та можливих угод перевезення K , кожна з яких буде мати свою змінну ціну $c_{sr}^k: d_{sr}^k(c_{sr}^k)$.

В задачах такого типу, як правило, дискретизується і весь період планування. Виходячи з наведеної формалізації сформулюємо задачу планування перевезення вантажів на мережі авіаліній перевізника.

Нами уточнено та удосконалено модель розроблену автором та приведену у [11], а отже цільова функція задачі полягає у максимізації сумарних надходжень від вантажних перевезень на мережі авіаліній за весь період планування:

$$\max_{c_{sr}^k, x_{jsrkt}} \sum_{t \in T} \sum_{s, r \in I} \sum_{k \in K_{sr}^t} c_{sr}^k \sum_{j \in J_{st}^b} x_{jsrkt} \quad (1)$$

при умовах:

$$\sum_{j \in J_{st}^b} x_{jsrkt} \leq d_{sr}^k(c_{sr}^k), \quad s, r \in I, \quad t = t_b^k, \quad k \in K, \quad (2)$$

$$\sum_{j \in J_{st}^b} x_{jsrkt} = \sum_{j \in J_{st}^b} x_{jsrkt_b^k}, \quad s, r \in I, \quad t \in [t_b^k + 1, t_e^k], \quad k \in K, \quad (3)$$

$$\sum_{j \in J_{st}^b} x_{jsrkt} = \sum_{j \in J_{st}^e} x_{jsrkt}, \quad i \in I \setminus \{s, r\}, \quad t \in [t_b^k, t_e^k], \quad k \in K, \quad (4)$$

$$\sum_{s, r \in I} \sum_{k \in K_{sr}^t} x_{jsrkt} \leq \bar{g}_{jt}, \quad j \in J_t, \quad t \in T, \quad (5)$$

$$x_{jsrkt} \geq 0, \quad j \in J_t, \quad k \in K_{sr}^t, \quad s, r \in I, \quad t \in T, \quad (6)$$

$$c_{sr}^k \geq 0, \quad s, r \in I, \quad k \in K. \quad (7)$$

Наведена модель (1)–(7) є нелінійною багатопродуктовою моделлю транспортних потоків. Окремі потоки – це перевезення по кожному напрямку s, r і угодах k . Обсяги перевезень обмежені попитом $d_{sr}^k(c_{sr}^k)$ та фізичними можливостями літаків \bar{g}_{jt} .
Більш детально:

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

(2) – 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), (4) – балансові мережеві умови, а саме:

(3) – це 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

(2), то в наступні періоди дії угоди повинен виконуватися такий самий обсяг;

(4) – 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 вже виписаних обмежень (2) – (4);

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

(6), (7) – змінні моделі не повинні бути від'ємними.

Формально в моделі для кожного напрямку перевезень s, r розглядається уся 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 із аеропорту s і доставку в аеропорт r . Але така формалізація зробила б модель громіздкою для сприймання. Проте при реалізації моделі у вигляді розрахункової програми цей момент доречно враховувати в залежності від розміру оптимізаційної задачі та об'єму вхідних даних.

Запропонована модель має квадратичну цільову функцію та нелінійні обмеження (2). З практичної точки зору розв'язання задачі (1)–(7) при великій кількості обмежень та змінних може бути проблематичним. Тому пропонується переформулювати таку задачу як двоетапну, що дозволить скористатися перевагами добре розвинених пакетів, що реалізують методи лінійного програмування. А саме, на першому етапі пропонується змінювати ціни c_{sr}^k , а на другому розв'язувати задачу (1)–(6) але вже при фіксованих цінах і відповідно при фіксованих обсягах $d_{sr}^k(c_{sr}^k)$. Тоді задача (1)–(6) стає задачею лінійного програмування, в якій змінними будуть тільки x_{jsrkt} і яка може бути гарантовано успішно розв'язана при великих розмірах. Оптимальне значення цільової функції при фіксованих c_{sr}^k позначимо як нову функції $F(\bar{c})$, де у векторі \bar{c} зібрані

усі ціни c_{sr}^k , що були змінними у початковій постановці задачі.

За цих умов задача першого етапу формулюється таким чином:

$$\max_{\bar{c} \geq 0} F(\bar{c}). \quad (8)$$

Для розв'язання задачі (8) можна використати методи нелінійного програмування, що 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 (8) потрібен градієнт функції $F(\bar{c})$, який може бути порахований через оптимальні значення прямих змінних лінійної задачі (1)–(6), оптимальні значення її двоїстих змінних та похідні $d_{sr}^k(\dots)$.

ВИСНОВКИ. В результаті проведених досліджень було встановлено, що для найбільш ефективного використання можливостей перевезення вантажів на мережі авіаліній необхідно застосовувати прогнозування і планування таких перевезень. Інформаційною основою для здійснення планування має стати власний досвід авіакомпанії, досвід інших авіакомпаній, дослідження ринків авіаперевезень, вивчення попиту та пропозицій на ринку авіаперевезень. Було реалізовано нелінійну багатопродуктову модель транспортних потоків, що може використовуватися при плануванні перевезення вантажів на мережі авіаліній перевізника з врахуванням невизначеності інформації та ризиків зменшення попиту на послуги перевізника. Таким чином, задача планування може ставитися і розв'язуватися в довільний момент року. Більш того, авіакомпанії доцільно регулярно оновлювати плани, розв'язуючи задачу, що ставиться, оскільки інформація постійно оновлюється, уточнюється і конкретизується. Цільова функція задачі полягає у максимізації сумарних надходжень від вантажних перевезень на мережі авіаліній за весь період планування. Встановлено, що для розв'язання задачі можна використати методи нелінійного програмування, що призначені для розв'язання неопуклих задач.

ЛІТЕРАТУРА

1. 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 S. Vol. 169. Eds. Ciencias. Barnhart and B. Smith. New York: Springer. pp. 35-100.

MODEL OF CARGO TRANSPORTATION PLANNING ON THE AIRLINE TRANSPORT NETWORK

V. Voitsehovskiy

National Aviation University

prosp. Cosm Komarova, 1, Kiev, 03058, Ukraine. E-mail: vctr.voitsehovskiy@gmail.com

Purpose. To realize nonlinear multiproduct model of traffic flows on the airlines network. **Methodology.** The system analysis methods and nonlinear programming methods that are designed to solve nonconvex problems have been used. **Results.** A nonlinear multiproduct model of traffic flows which can be used in planning the transportation of cargoes on the carrier's network of airlines, taking into account the uncertainty of information and the risks of reducing

2. 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: pp. 536-547.

3. Sung-Chi Chu. 4th Party Cyber Logistics for Air Cargo / Sung-Chi Chu, Leung, L.C., Yee Van Hui, Waiman Cheung, Springer US, 2nd ed., 2013, 164 p.

4. Ashford, Norman. Airport engineering : planning, design, and development of 21st century airports / Norman J. Ashford, Saleh Mumayiz, Paul H. Wright, 4th ed., 2011, 753 p.

5. Козуб А.Н. Проблемы развития российской аэропортовой инфраструктуры для международных грузовых авиаперевозок // Вестник Российского государственного торгово-экономического университета: научный журнал. – 2008. – № 6 (27). – С. 31–37.

6. Мозговая К.А. Применение практики сверхлимитного бронирования как стратегии управления доходами, с целью повышения эффективности процессов управления пассажирскими авиаперевозками // Экономическая кибернетика: научный журнал. – 2011. – № 23. – С. 172–178.

7. Солнцев М.А. Особенности позиционирования авиакомпании в условиях углубления дифференциации продуктового предложения // Маркетинг и маркетинговые исследования: научный журнал. – М.: Издательский дом «Гребенников», 2014. – № 6(114). – С. 450–459.

8. Колесник М.В. Институционально-маркетинговый подход к реструктуризации потенциала авиакомпании // Проблемы системного подхода в экономике: збірник наукових праць. – К.: Національний авіаційний університет, 2005. – Вип. 10. – С. 67–73.

9. Литвиненко Л.Л. Адаптація бізнес-моделі авіакомпанії до умов глобального конкурентного середовища // Економічний аналіз: збірник наукових праць. – Тернопіль: Вид-во Терноп. нац. економ. ун-ту «Економічна думка», 2011. – Вип. 8. – Ч. 2. – С. 233–237.

10. Литвиненко С.Л. Інноваційна бізнес-модель вітчизняних вантажних авіакомпаній різних організаційно-правих форм та типів // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Вол. Даля: науковий журнал. – Луганськ: СНУ ім. В. Даля, 2012. – № 6 (177). – Ч.1. – С. 299–304.

11. Voitsehovskiy V. Modeling cargo traffic of air carrier on air route network in the real time mode / Modern Science – Moderní věda. – 2016. – № 2. – pp. 52–58.

demand for carrier services has been implemented. The proposed model has a quadratic target function and nonlinear constraints which can be problematic from the practical point of view for solving a problem with a large number of constraints and variables, and therefore it is proposed to reformulate such a problem as a two-step, allowing to take advantage of well-developed packages that implement linear programming methods. **Originality.** When implementing the author's proposals the problem becomes a linear programming problem in which x_{jsrkt} will be the only variables and which can be guaranteed successfully solved for large sizes. **Practical value.** The planning problem can be put and solved at any time of the year by a specific air carrier. Moreover, the airlines will be able to regularly update plans, solving the set problem, since information is constantly updated, specified and concretized.

Key words: formal model of requirements, non-standard product, priorities of the selection criteria.

REFERENCES

- Jacobs, T.L., Garrow, L.A., Lohatepanont, M., Koppelman, F.S., Coldren, G.M., Purnomo, H. (2012), "Airline planning and schedule development", in Barnhart and B. Smith (Ed.), Quantitative Problem Solving Methods in the Airline Industry, International Series in Operations Research & Management Science 169, Springer Science+Business Media, New York, pp. 35-100.
- Ferguson, M.E., Garrow, L.A., 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, Palgrave Macmillan, Basingstoke, UK, pp. 536-547.
- Chu, S.-C., Leung, L.C., Hui, Van Y., Cheung, W. (2013), "4th Party Cyber Logistics for Air Cargo", Frederick S. Hillier (Ed.), Springer, Boston, MA.
- Ashford, N.J., Mumayiz, S., Wright, P.H. (2011), "Airport engineering: planning, design, and development of 21st century airports", Wiley.
- Kozub, A.N. (2008), "Problemy razvitiya rossiy-skoy aeroportovoy infrastruktury dlya mezhdunarodnykh gruzovykh aviaperevozok" [Problems of development of the Russian airport infrastructure for international cargo air transportation], Vestnik Rossijskogo gosudarstvennogo torgovo-ehkonomicheskogo universiteta, no. 6 (27), pp. 31-37.
- Mozgovaja, K.A. (2011), "Primenenie praktiki sverhlimitnogo bronirovaniya kak strategii upravleniya dohodami, s cel'yu povysheniya ehffektivnosti processov upravleniya passazhirskimi aviaperevozkami", [Applying the practice of over-limit booking as an income management strategy, in order to improve the efficiency of passenger air transport management processes], Ekonomicheskaya kibernetika: nauchnyy zhurnal, no. 23, pp. 172-178.
- Solncev, M.A. (2014) "Osobennosti pozicionirovaniya aviakompanii v usloviyah uglubleniya differenciacii produktovogo predlozheniya", Marketing i marketingovyie issledovaniya: nauchnyy zhurnal, no. 6(114), pp. 450-459.
- Kolesnyk, M.V. (2005) "Institutsionalno-marketingovyy podhod k restrukturizatsii potentsiala aviakompanii" [Institutional and marketing approach to airline restructuring], Problemy systemnoho pidkhotu v ekonomitsi: Zb. nauk. pr., no. 10, pp. 67-73.
- Lytvynenko, L.L. (2011), "Adaptatsiya biznesmodell aviakompaniyi do umov globalnogo konkurentnogo seredovischa" [Adaptation of business models of aviacompany to the minds of the global competitive medium], Ekonomichnyy analiz: Zb. nauk. pr., no. 8, pp. 233-237.
- Lytvynenko, S.L. (2012), "Innovatsiyna biznesmodel vItchiznyanih vantazhnykh aviakompaniy riznykh organizatsiy-no-pravnykh form ta tipiv [Innovative business model of domestic cargo airlines of various organizational forms and types], Visnyk Skhidnoukrainskoho Natsionalnoho Universytetu imeni Volodymyra Dalia, no. 6 (177), pp. 299-304.
- Voitsehovskiy, V. (2016) "Modeling cargo traffic of air carrier on air route network in the real time mode", Moderni veda, no. 2, pp. 52.

Стаття надійшла 28.06.2017.