

УДК 656.714 (045)

СХЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ ОПТИМАЛЬНОГО РОЗПОДІЛУ ЗАВАНТАЖУВАЛЬНО-РОЗВАНТАЖУВАЛЬНИХ МЕХАНІЗМІВ В АЕРОПОРТАХ

В. Ю. Іваннікова, канд. техн. наук

Національний авіаційний університет

vicg@bigmir.net

Запропоновано авторську комп'ютерну програму з використанням мови програмування C для розв'язання задачі оптимального розподілу засобів механізації на етапі поміж вантажними складами та повітряними суднами в аеропортах.

Ключові слова: аеропорт, засоби механізації, оптимальний розподіл, автоматизований розв'язок.

The developed with usage of the programming language C author software for solution of the problem of optimal mechanized means distribution between cargo warehouses and aircraft in airports is presented in the article.

Keywords: airport, mechanized means, optimal distribution, computer-aid solution.

Вступ

У схваленій розпорядженням Уряду Державній цільовій програмі розвитку аеропортів України на період до 2020 р. приведення інфраструктури авіаційного транспорту у відповідність з міжнародними вимогами, підвищення ефективності і якості роботи авіаційної транспортної системи визнано основною складовою стратегії нашої держави, спрямованої на забезпечення конкурентоспроможності України на світовому ринку. При цьому особлива увага приділяється авіаційним вантажним перевезенням, попит на які щорічно зростає у зв'язку з їх очевидними перевагами: великою швидкістю перевезення; широкою географією доставок; високою надійністю та безпекою доставки вантажів; постійним контролем за переміщенням вантажу.

Це потребує ефективної організації наземної системи обслуговування вантажних перевезень повітряним транспортом, оброблення вантажів та подальшої їх доставки кінцевому одержувачу, що неможливо без використання сучасних досягнень у сфері інформаційних технологій.

Однією з необхідних умов реалізації поставлених завдань є підвищення ефективності роботи вантажного комплексу аеропорту. При цьому велике значення має ефективне функціонування завантажувально-розвантажувальних систем, що визначається оптимальною кількістю засобів механізації, зокрема тих, які працюють на ділянці «вантажний склад — повітряне судно».

Показниками визначення оптимальної кількості механізмів різних типів, які формують парк, мають бути частота надходження вантажопотоків, їх різновиди й час виконання операцій з оброблення окремих типів вантажів, а для цього потрібно мати сучасну комп'ютерну програму, що дасть змогу керівництву аеропорту за лічені хвилини визначати оптимальний склад парку механізмів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Теоретичну та методологічну основу дослідження склали наукові праці вітчизняних та іноземних авторів з теорії комбінаторної та дискретної оптимізації: Х. Пападімітріу, К. Стайглица, С. С. Лебедева, [1]; по задачах розміщення: М. Р. Гері, Д. С. Джонсона [2]; по теорії методу гілок та границь: Н. З. Шора, В. С. Михайлевича, В. А. Трубина [3]; в області цивільної авіації — роботи Б. С. Балашова, Н. Н. Вороніна, А. Н. Родкіна, Г. М. Юна та інших учених [4].

Ці дослідники заклали основи вітчизняної економіки транспорту, раціонального управління пасажиро- та вантажопотоками.

Разом з тим, питання програмної реалізації методів оптимального розподілу засобів механізації вантажного комплексу аеропорту в їх роботах не розглядалися та залишаються відкритими.

Постановка задачі

Однією з основних математичних задач, яка використовується при доставці авіаційних вантажів є задача оптимального розподілу засобів

механізації та вантажів при їх обробленні, завантаженні-розвантаженні та транспортуванні на ділянці «вантажний склад — повітряне судно».

Математична модель цієї задачі формулюється як спеціальна задача дискретного програмування і полягає у визначенні необхідного числа конвеєрних ліній з певною кількістю технологічного обладнання всіх типів для завантаження повітряного судна заданими обсягами всіх категорій вантажів за встановлений час таким чином, щоб мінімізувати сумарні витрати коштів, які визначаються як сума капітальних та експлуатаційних витрат, пов'язаних із цими лініями.

Процес завантаження літака вантажами, що знаходяться на певній відстані від нього, можна навести у вигляді роботи деякої конвеєрної лінії, на якій розміщені одна чи декілька одиниць технологічного обладнання заданого типу і працюють вони у фіксованому порядку. Оскільки засоби механізації мають різну продуктивність, кожна така конвеєрна лінія буде характеризуватися вузьким місцем.

Описана модель має такий вигляд: знайти:

$$\min \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} + \sum_{i=1}^m b_i X_i \quad (1)$$

при обмеженнях:

$$\sum_{j=1}^n d_{ij} x_{ij} \leq T_i X_i, \quad i=1, \dots, m; \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = B_j, \quad j=1, \dots, n; \quad (3)$$

$$0 \leq x_{ij} \leq \min \{T_i / d_{ij}, B_j\} X_i; \\ i=1, \dots, m; \quad j=1, \dots, n; \quad (4)$$

$$X_i = 0 \vee 1, \quad i=1, \dots, m, \quad (5)$$

де $T_i = T$ для всіх $i=1, \dots, m$.

Наведені параметри в моделі задачі вибору оптимального розподілу завантажувально-розвантажувальних механізмів поміж вантажними складами та вантажним пероном в аеропорті мають таку суть: B_j — обсяг j -го типу вантажу; T — час, необхідний для завантаження транспортного засобу заданими обсягами вантажу; m — число конвеєрних ліній із усіма видами засобів механізації; n — види засобів механізації, які працюють на конвеєрній лінії; d_{ij} — вузьке місце під час функціонування i -ї конвеєрної лінії при доставці j -го типу вантажу; c_{ij} — сумарний простій i -ї конвеєрної лінії при доставці j -го

типу вантажу; b_i — вартість i -ї конвеєрної лінії; X_i та x_{ij} — керовані змінні: x_{ij} — невідома кількість j -го типу вантажу, закріпленого до i -ї конвеєрної лінії, і $X_i = 1$, якщо поточна лінія i , яка генерується, буде задіяна в процесі завантаження та/чи розвантаження, $X_i = 0$ — в іншому випадку.

Обмеження (2) забезпечить, те що час функціонування кожної задіяної конвеєрної лінії не більший, ніж час, заданий для завантаження транспортного засобу. Однак, після визначення оптимального розв'язання задачі (1) — (5), час функціонування кожної задіяної конвеєрної лінії уточняється таким чином.

Нехай визначено оптимальний розв'язок задачі (1) — (5), і нехай вектор $X = (X_i; i=1, \dots, m)$ та матриця $x = \|x_{ij}\|$ представляють оптимальні значення змінних X_i та x_{ij} відповідно.

Якщо обмеження (2) для $i=i_0$ виконується як рівність, то час функціонування конвеєрної лінії i_0 дорівнює $T_{i_0} = T$, якщо ці обмеження виконуються як строга нерівність, то час функціонування цієї лінії дорівнює

$$\sum_{j=1}^n d_{i_0 j} x_{i_0 j}.$$

Обмеження (3) забезпечить, те що задані обсяги всіх типів вантажів будуть повністю завантажені у транспортний засіб за допомогою задіяних конвеєрних ліній.

Обмеження (4) записане для того, щоб забезпечити прив'язку обсягів вантажів до кожної задіяної конвеєрної лінії.

Алгоритмічний метод для розв'язування початкової задачі проектування окремих конвеєрних ліній для кожного типу вантажу можна виокласти за допомогою спеціального перебірного алгоритму, який відсікає численні неперспективні розв'язки задачі [4].

Після того як визначено m конвеєрних ліній, визначається їх оптимальна кількість для здійснення процесу завантаження транспортного засобу, шляхом розв'язування задачі (1) — (5) за допомогою методу типу гілок та границь, які на практиці зарекомендували себе найкраще для розв'язування подібних задач [4].

Завершальним кроком у структурно-логічній схемі досліджень методів оптимального розподілу засобів механізації у вантажному комплексі аеропорту є розроблення комп'ютерної програми для реалізації запропонованих моделей та алгоритмів задач.

Схема автоматизованого розв'язання задачі

Алгоритм розв'язання задачі оптимального розподілу механізмів в аеропорті реалізовано на програмному рівні з використанням процедурної імперативної мови програмування С.

Основне призначення інформаційної технології — визначення оптимального складу та кількості конвеєрних ліній, які працюють під час виконання завантажувально-розвантажувальних робіт у підсистемі «вантажний склад — повітряне судно» вантажного комплексу аеропорту.

Конвеєрна лінія — це технологічна вантажно-транспортна схема, основною функцією якої є організація операцій над об'єктами, а увесь процес впливу поділяється на послідовність окремих стадій з метою підвищення продуктивності, шляхом одночасного незалежного виконання операцій над декількома об'єктами, що проходять різні стадії. Характерною ознакою конвеєрної лінії є неперервність її роботи.

Проведеними дослідженнями у головних аеропортах України було встановлено, що віртуальні конвеєрні лінії «вантажний склад — повітряне судно» включають у себе такі механізми: дизельні та електричні вилочні навантажувачі, дизельні тягачі, автомобілі з підймальним кузовом та перенавантажувачі авіаційних палет і контейнерів (рис. 1).

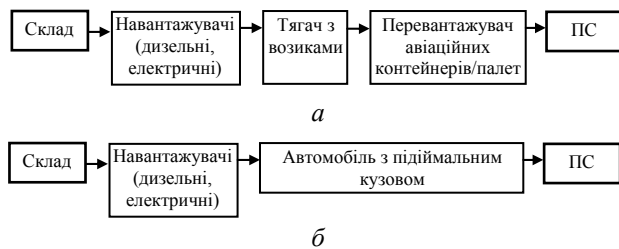


Рис. 1. Склад конвеєрних ліній «вантажний склад — повітряне судно»:

а — обробка контейнеризованого вантажу;

б — обробка вантажу, який перевозиться поштучно

Усі ці механізми суттєво відрізняються один від одного за своїм технологічним компонуванням, швидкістю переміщення вантажу, вантажопідйомністю та продуктивністю. Склад парку механізмів визначається характером вантажопотоку, який обслуговується.

Для контейнеризованого вантажу застосовують конвеєрні лінії, що складаються із трьох одиниць обладнання [вилочні навантажувачі (дизельні чи електричні); дизельний тягач з возиками (один, два чи три); перенавантажувачі авіаційних палет та контейнерів], а для вантажу, який перевозиться поштучно — із двох одиниць [вилочні навантажувачі (дизельні чи електричні); автомобілі з підймальним кузовом].

Розроблена комп'ютерна програма включає в себе п'ять функцій: **GENCL**, **REXTR**, **MAIN (void)**, **PRINT**, **MYALLOC** (рис. 2).

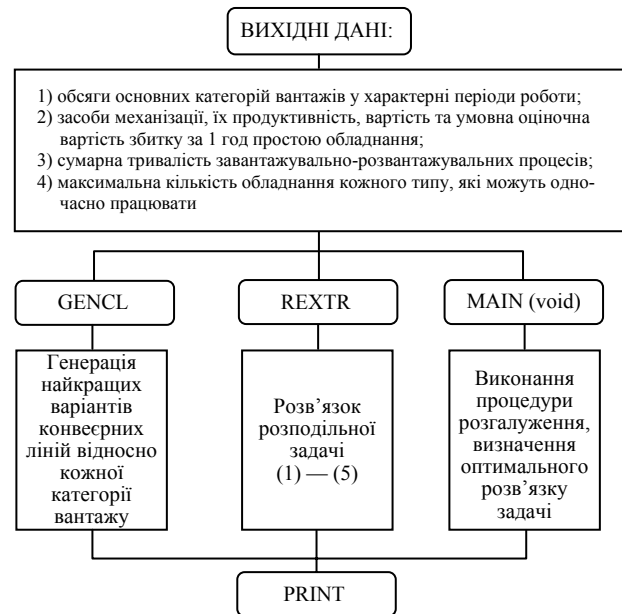


Рис. 2. Структура авторської комп'ютерної програм для розрахунку оптимального розподілу завантажувально-розвантажувальних механізмів в аеропортах

Вихідними даними для розроблення інформаційної технології були:

1) категорії вантажів, які перевозяться через аеропорт та їх обсяги в характерні періоди роботи (максимальний та мінімальний місячний обсяг у період спостереження; максимальний та мінімальний добовий обсяг у період спостереження; максимальний та мінімальний прогнозований місячний обсяг);

2) основні засоби механізації, які працюють на віртуальній конвеєрній лінії «вантажний склад — повітряне судно», їх продуктивність, вартість та умовна оціночна вартість збитку за 1 год простою обладнання;

3) сумарна тривалість виконання завантажувально-розвантажувальних робіт у вантажному комплексі протягом найзавантаженішого місяця, дня;

4) максимальна кількість одиниць обладнання кожного типу, які можуть одночасно працювати на конвеєрній лінії.

За допомогою функції **GENCL** проектуються найкращі варіанти можливих конвеєрних ліній, відносно кожної категорії вантажу, шляхом розв'язання задачі генерації цих ліній [4].

Вихідними параметрами для описаної функції є:

- кількість категорій вантажів та число типів засобів механізації;
- максимальна кількість одиниць механізмів;

- обсяги вантажопотоків кожної категорії;
- продуктивність кожного засобу механізації для всіх категорій вантажу.

У результаті виконання цієї функції визначаються:

- кількість конвеєрних ліній m ;
- число одиниць засобів перонної механізації на кожній конвеєрній лінії;
- «вузьке місце» (обладнання з найменшою продуктивністю) для кожної конвеєрної лінії;
- питома вартість простою та ринкова вартість усіх конвеєрних ліній.

Визначення нижньої $F(lower)$ та верхньої $F(upper)$ оцінок [4], а також виконання процедури розгалуження здійснюється за допомогою функції **MAIN (void)**.

Вихідними даними для цієї функції є:

- кількість конвеєрних ліній та їх вартість;
- «вузьке місце» для кожної конвеєрної лінії;
- кількість категорій вантажопотоків і їх обсяги;
- час здійснення завантажувально-розвантажувальних робіт.

Спочатку шляхом розв'язування двоїстої задачі [4] визначається $F(lower)$, після чого формулюється розподільча задача, розв'язавши яку, можна знайти деякий допустимий розв'язок вихідної задачі оптимального розподілу засобів механізації [4], при якому значенням цільової функції є $F(upper)$. Розв'язок розподільної задачі (1) — (5) визначається за допомогою виконання функції **REXTR**, вихідними даними для якої слугують:

- кількість категорій вантажопотоків та їх обсяги;
- питома вартість простою конвеєрних ліній;
- час виконання завантажувально-розвантажувальних робіт.

У результаті виконання функції **REXTR** визначаються:

- вибрані конвеєрні лінії, які будуть задіяні в завантажувально-розвантажувальних процесах вантажного комплексу аеропорту;
- обсяги вантажів, які оброблюються кожною із цих ліній;
- додаткова інформація про виконання обмежень розподільної задачі як рівності чи як строгої нерівності, на базі якої визначається $F(upper)$.

Далі за допомогою функції **MAIN (void)** здійснюється виконання процедури розгалуження. На виході створеної інформаційної технології отримуємо розв'язок задачі оптимального розподілу механізмів.

Результати роботи створеної комп'ютерної технології друкуються в табличній формі, за допомогою функції **PRINT**.

Описання вихідних даних та виділення пам'яті реалізується за допомогою функції **MYALLOC**. Функціонування розробленої інформаційної технології здійснюється в середовищі **VISUAL STUDIO**. Для виконання функцій **GENCL**, **REXTR**, **MAIN (void)**, **PRINT**, **MYALLOC** потрібно створити новий проект у **VISUAL STUDIO**, вибрати режим **Debug** чи **Release** та запустити отриманий модуль на виконання.

Висновки

На основі проведених досліджень розроблено комп'ютерну програму з використанням мови програмування **C** для автоматизованого розв'язання задачі оптимального розподілу завантажувально-розвантажувальних механізмів в аеропортах, зокрема в їх вантажних комплексах.

Розроблена інформаційна технологія забезпечує «зручність» доступу до інформації та простоту в користуванні. Авторська програма здатна адаптуватися до реальних виробничих умов з можливістю оперативного внесення змін у процесі проектування складу парку залежно від наявної техніки, обсягів вантажопотоку, тривалості виконання робіт.

Застосування розробленої схеми автоматизованого розв'язання описаної задачі забезпечить формування ефективної, квазіоптимальної структури парку механізмів у завантажувально-розвантажувальних системах аеропорту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пападимитриу Х. Комбинаторная оптимизация. Алгоритмы и сложность / Х. Пападимитриу, К. Стайглиц. — М. : Мир, 1985. — 510 с.
2. Гери М. Р. Вычислительные машины и трудноразрешимые задачи / М. Р. Гери, Д. С. Джонсон. — М. : Мир, 1985. — 416 с.
3. Михайлевич В. С. Оптимизационные задачи производственно-транспортного планирования: модели, методы, алгоритмы / В. С. Михайлевич, В. А. Трубин, Н. З. Шор. — М. : Наука, 1986. — 264 с.
4. Юн Г. М. Алгоритмы розв'язання задачі оптимального розподілу механізмів при виконанні завантажувально-розвантажувальних процесів в аеропортах / Г. М. Юн, В. Ю. Гирич // Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту Міністерства транспорту та зв'язку України: Серія «Транспортні системи і технології». — 2010. — № 17. — С. 129–135.

Стаття надійшла до редакції 26.11.2012.