

УДК 658:656.7

DOI 10.33251/2707-8620-2019-1-84-90

САГУН Андрій Олексійович,
старший викладач кафедри менеджменту,
економіки та туризму,
Львівська академія
Національного авіаційного університету
ORCID:0000-0001-8037-4990

САГУН Єлизавета Сергіївна,
аспірант,
Львівська академія
Національного авіаційного університету
ORCID:0000-0003-4837-4688

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗАВАНТАЖЕННЯ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН

Стаття присвячена дослідженню технологічних особливостей процесу завантаження та вирішенню проблеми оптимізації завантаження повітряного судна. Наведено відмінності пасажирських та вантажних перевезень, послідовність процесу завантаження та особливості процесу відбору та пакування вантажу. Проведено аналіз технологічного процесу завантаження, який вказує на необхідність пошуку оптимізаційних рішень, що включають комбінацію сучасних методів оптимізації завантаження, евристики та математичного програмування.

***Ключові слова:** повітряне судно, ULD (засоби пакування), вантажні перевезення, хендлінговий процес, оптимізація процесу завантаження.*

Постановка проблеми. З кожним конкретним перевезенням, авіаперевізник, який є відповідальним за транспортування вантажу стикається з декількома проблемами одночасно. Першочерговим завданням є збільшення оборотності повітряного судна. Наступним завданням є вирішення проблеми, пов'язаної з насиченістю ринку надання послуг з перевезення вантажу, яка призводить до зменшення коефіцієнту завантаження. Таким чином, авіакомпанії змушені зменшувати свої витрати на хендлінгове обслуговування, витрати на паливо та інше з метою збереження своїх позицій на ринку. Такі складні умови зумовлюють проведення аналізу своєї діяльності, включаючи саме перегляд технологічних аспектів організації процесу завантаження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Наразі існує велика різноманітність досліджень, пов'язаних із проблемами організації процесу завантаження, послідовності завантаження, контейнерного двовимірного, тривимірного пакування та організації розміщення вантажу [2; 4; 6; 7].

Актуальність. Повітряні вантажні перевезення є наразі одним з найефективніших способів доставки різноманітних вантажів у світі. Забезпечення швидкісною доставкою товарів та виробів гарантує швидке транспортування товарів, та є особливо цінним для вантажу, який є чутливим до температурних умов. Процес завантаження відіграє суттєву роль у операційній діяльності авіакомпанії та впливає на всі операційні процеси та відносини між компанією, іншими організаціями та іншим зацікавленими особами.

Метою статті є аналіз особливостей технологічного процесу завантаження повітряного судна та пошук альтернатив та напрямів дослідження способів завантаження.

Виклад основного матеріалу. Вантажні авіаперевізники пропонують комплекс досить простого та базового сервісу, який полягає у транспортуванні вантажу між різними

аеропортами за визначеними цінами та є дуже схожим на сервіс, який надають пасажирські авіакомпанії. Проте індустрія вантажних перевезень є більш неоднозначною. У таблиці 1, наводиться різниця між транспортуванням пасажирів та вантажу.

Окрім вантажовідправника та авіаперевізника є ще один учасник у процесі перевезення – експедитор. Зазвичай він приймає участь на етапі транспортування вантажу від безпосередньо вантажовідправника до аеропорту відправлення та від аеропорту призначення до вантажоодержувача. Відповідно, експедитори є інколи найпрямими споживачами послуги авіаційного перевезення на відміну від початкових вантажовідправників. Ринок експедиторів є навіть більш насиченим ніж ринок авіаційних перевезень, тому, це надає перевагу більшим за об'ємом діяльності експедиторам на ринку таких послуг.

Повітряні вантажні перевезення потребують додаткового хендлінгового обслуговування. По перше, вантаж має бути транспортований за допомогою конвеєра або вилочного автозавантажувача всередині терміналу. Окрім цього, він має бути запакований у контейнери ULD, закріплений мотузками та відправлений далі по маршруту. Пакувальний етап є особливо важким у випадку, якщо вантаж є неоднорідним.

Таблиця 1

Відмінності між аспектами у пасажирських та вантажних перевезеннях

Пасажирські перевезення	Вантажні перевезення
Споживачем є пасажир	Експедитор є посередником між авіакомпанією та споживачем
Класична бізнес модель, продаж місць на рейси за розкладом	Диверсифіковані бізнес моделі включаючи експрес, вантажні та комбіновані перевезення
Одне місце, один пасажир	Комплексні 3D вимоги з ваги, об'єму, та хендлінгового обслуговування
Активний, пасажирі слідкують за своїм рейсом, посадкою та контактують з персоналом у разі виникнення проблем	Пасивний, всі завантаження/розвантаження мають виконуватися персоналом компанії, нікого не буде проінформовано у разі залишку вантажу
Двосторонні потоки, більшість пасажирів повернуться до точки відправлення свого маршруту	Одно направлені потоки, вантажний потік дуже незбалансований та рідко повертається до точки свого початкового відправлення

Проблема оптимізації завантаження для інших типів перевезень є значно легшою у вирішенні. Вантажі, які транспортуються експрес перевізниками або пасажирськими перевезеннями здебільшого малі за розмірами, не мають великих обмежень за транспортуванням та не заважають перевезенню інших вантажів. Чартерні перевізники часто займаються перевезеннями одинарних об'ємних речей або однорідних палетів, наприклад гуманітарної допомоги у вигляді медикаментів [7].

Особливості процесу завантаження. Повітряні вантажні перевезення забезпечують суспільство широким спектром послуг на прямих «from point to point» та проміжних маршрутах. Схематично це виглядає як взаємодія вантажовідправник – експедитор – наземний транспорт («фідерні послуги перевезення») – авіаперевізник – вантажоотримувач. Головним завданням вантажовідправника є відправлення продукту або предмету вантажу до будь-якого місця, керуючись найнижчими цінами та відповідним рівнем послуг. Експедитор виконує роль проміжного між вантажовідправником та авіаперевізником. Наземний фідерний транспорт забезпечує наземне транспортування до та після авіа перельоту. Авіаперевізник надає перелік таких послуг як: отримання, зберігання, трансфер, завантаження та вивантаження вантажу, розподіл його та управління місткістю вантажного відсіку. Вантажоотримувач отримує вантаж. Рисунок 1 демонструє схему технологічного процесу перевезення вантажу.

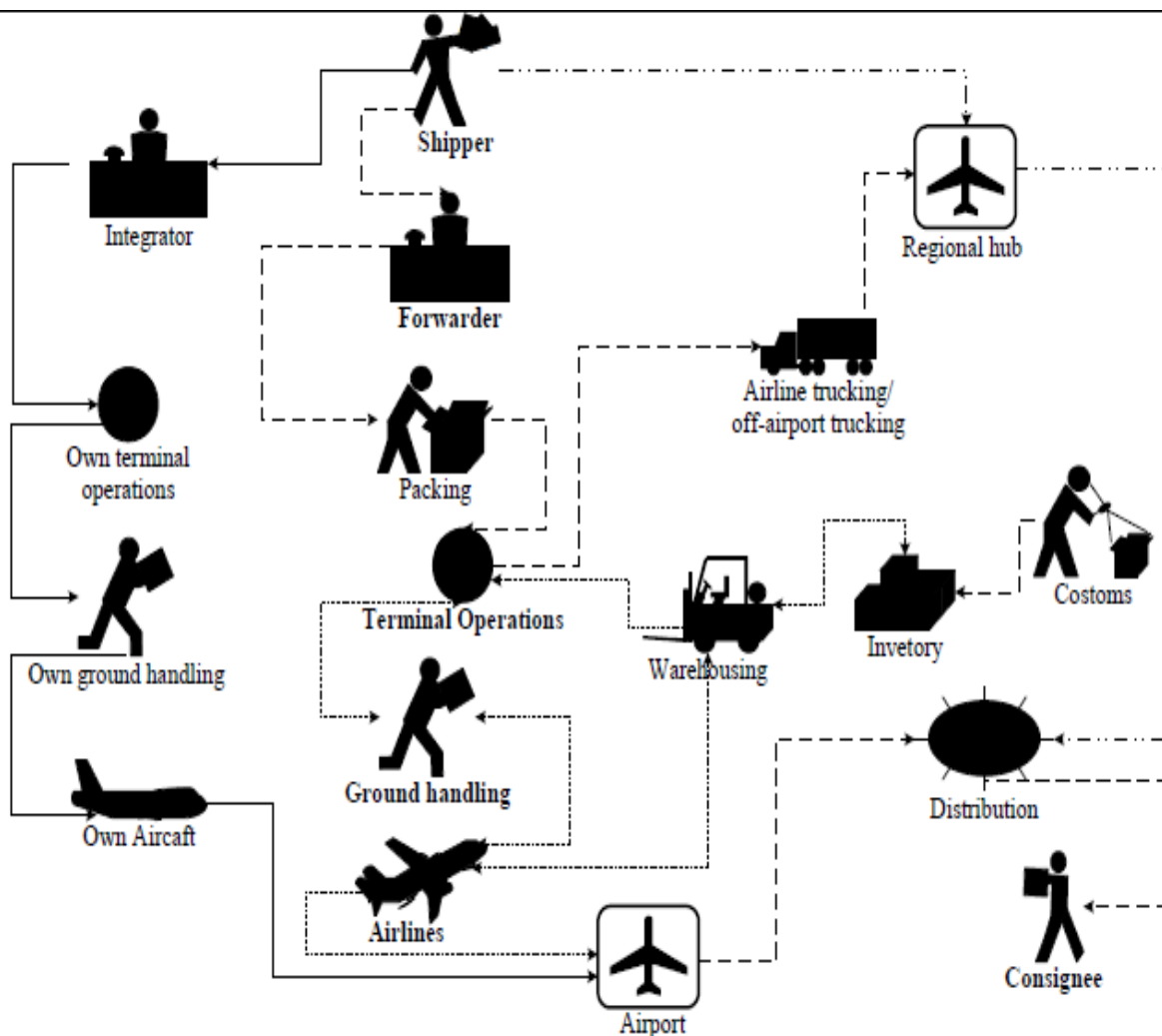


Рис. 1 Схема технологічного процесу перевезення вантажу

З метою впорядкування хендлінгового процесу, вантаж зазвичай пакують у палети або контейнери, які називають засобами палетної обробки (unit load devices) – ULD (Рис. 2, Рис. 3).

Більшість авторів визначають ULD як комплекс компонентів, які складаються з палету вкритого сіткою, мета якого забезпечити стандартизовані розміри для окремих частин вантажу для швидкого завантаження та вивантаження. Процес завантаження палетів відрізняється та залежить від їх вмісту та кількості. Всередині палету коробки вкладені штабелями та з'єднані таким чином, щоб уникнути нестабільності та крихкості вантажу. Вагові обмеження всередині контейнери ULD дають змогу їх завантажувати належним чином [5]. Всередині повітряного судна палети або контейнери ULD розміщують у визначених позиціях та кріплять мотузками до підлоги. Оскільки фюзеляж повітряного судна має круглий поперечний зріз, існують типи ULD різноманітних форм з метою раціонального використання внутрішнього простору ПС. Рис. 3 демонструє декілька часто використовуваних типів ULD [1]. Більшість повітряних суден потребує визначених типів ULD для специфічних положень для завантаження. Існують ULD загального призначення, такі як плоскі алюмінієві палети та контейнери різного формату, та ULD спеціального призначення, для транспортування авто, коней або заморожених продуктів. Для перевезення більших за розмірами вантажів надають перевагу палетам, оскільки вони можуть бути простіше запаковані ніж контейнери, та їх контури можна вільно перемістити. Популярним є пакування в палети предметів, які нависають з метою повного завантаження нижнього

вантажного відсіку повітряного судна у ширину. Проте, звісно, кожний палет повинен бути вкритий сіткою та мотузками після його складання, що потребує додаткових зусиль з боку співробітників хендлінгу. З іншого боку, контейнери мають визначені кордони та стінки, тому їх не потрібно прив'язувати. Відповідно, вони можуть бути завантажені тільки в таке положення, яке відповідає його контурам. Їх використовують переважно для менших вантажів або багажу.



**Рис. 2 Палети типу РМС з імітацією контуру головного вантажного відсіку (зверху).
Контейнер типу АКЕ до нижнього вантажного відсіку (знизу).**

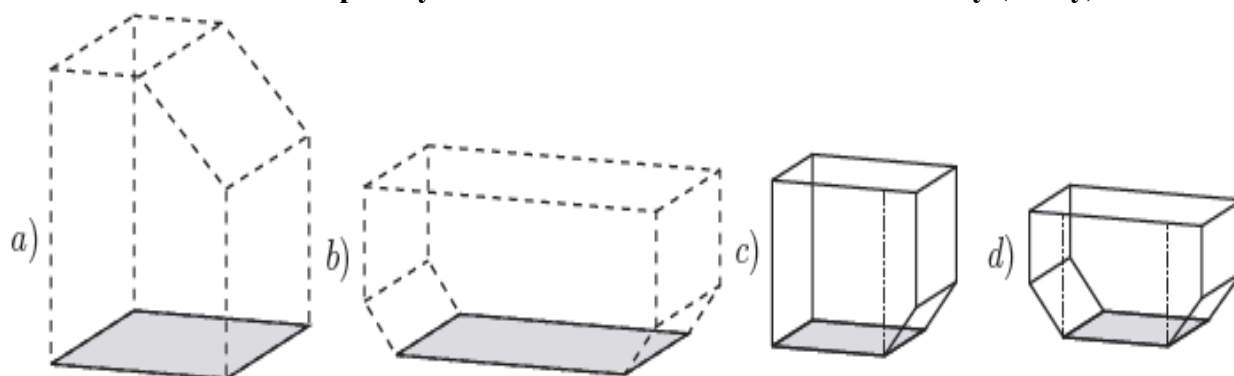


Рис. 3 Приклад засобів пакетування у натуральних пропорціях.

Пунктирні лінії позначають допустимі кордони заповнених палетів, а суцільні лінії позначають підлогу та стіни контейнеру.

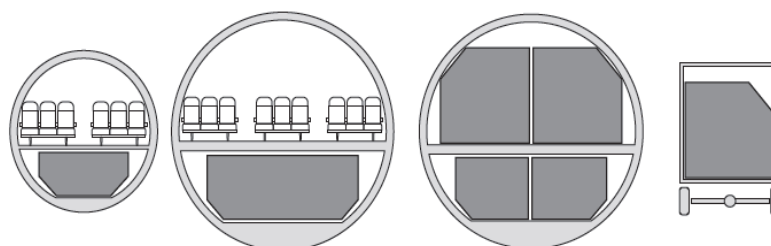


Рис. 4 Типові моделі вантажних відсіків у розрізі (зліва на право): нижній відсік вузько фюзеляжного повітряного судна (A320), нижній відсік широко фюзеляжного ПС (A350), основний та нижній вантажний відсік (MD11F), та вид зсередини кузову дорожньої вантажівки.

Процес завантаження повітряного судна це комплексний процес, який включає чотири окремі хендлінгові процеси: процес розділення вантажу, виключення вантажу, переміщення та розподіл вантажу. Ці процеси мають певні правила групування [2].

1. Виключення вантажу: у випадку, якщо загальна вага групи вантажу перевищує максимальний дозволений показник комерційного завантаження або загальний об'єм не відповідає кордонам контейнера, вантаж повинен бути виключений із переліку вантажу на конкретний рейс.

2. Розподіл вантажу: Завантаження до контейнерів або палетів ULD до ПС.

3. Переміщення: У той час, як відбувається розподіл вантажу, який слідує у найдовший за маршрутом пункт призначення повинен бути переміщений через групу вантажу із більш близьким пунктом призначення з метою уникнення блокування.

4. Розділення вантажу: Існує два різновиди розділу вантажу. Перший відбувається таким чином, що з метою переміщення деякі групи вантажу розділяють для перевезення такого вантажу у якомога більшій кількості. Другий різновид відбувається у випадку, коли великі групи предметів розподіляють у визначені за розмірами контейнери, які також розділяють на декілька груп.

Відбір та пакування. Процес відбору та пакування вантажу у терміналі є найбільш затратним трудовим процесом. Саме на даному етапі ULD наповнюють вантажем. Починають з одного або більше пустих ULD та списку предметів, які відносяться до одного транспортного сегменту. Вантаж потрібно запакувати у правильний та безпечний спосіб. Великі та надважкі предмети розміщують використовуючи виловний автозавантажувач. Менший за розміром вантаж зазвичай розміщують вручну.

По-перше, такого виду завдання є достатньо складними з декількох причин: Більшість засобів пакування готують заздалегідь, за декілька годин до відправлення рейсу. Таким чином, предмети, що знаходяться на пункті збору та пакування є набором вантажу, який вже прибув до терміналу для визначеного рейсу. Оскільки кількість такого вантажу може бути дуже великою, комбінувати вантаж у контейнер так, щоб він відповідав його габаритам та місткості є дуже складним завданням. Тим більше, що працівники, які цим займаються повинні впевнитись, що вагові обмеження для кожного контейнеру не перевищені та його зовнішні кордони враховані. Одинарні предмети, що перевищують показники за розмірами мають розміщуватись із нависанням, а інший контейнер, що розміщений суміжно з першим, повинен мати вільний простір з протилежної його сторони.

По-друге, вантаж повинен бути запакований та завантажений належним чином без нахилів, ковзання, або ударів. Така стабільність також потрібна протягом зльоту, польоту та посадки, коли повітряне судно нахилиється вбік або дуже прискорює свій рух. Щоб її забезпечити працівники використовують сітки та мотузки. Окрім цього, допоміжні підстилаючі матеріали такі як дерев'яні борти або пусті дерев'яні палети використовують для розділення точок завантаження вздовж поверхні відсіку, для фіксування вантажу, або навіть, з метою забезпечення поверхні для завантаження для подальших предметів.

По-третє, необхідно підкреслити, що процес завантаження піддається постійному тиску зі сторони часових обмежень. Кожне повітряне судно має визначений час відправлення та не буде здійснювати затримку у зв'язку з нестачею одного контейнера. Тому, рішення, які приймаються на етапі відбору та пакуванні вантажу не повинні переглядатись занадто часто.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Процес завантаження повітряного судна є складною багатокомпонентною процедурою яка потребує попередніх врахувань аспектів пакування, центрування та завантаження. Оптимізація технологічного процесу завантаження повітряного судна є вкрай важливою, оскільки безпосередньо впливає на швидкість виконання операцій комерційного обслуговування.

Є очевидною необхідність вдосконалення програмних рішень оптимізації в рамках процесів формування, пакування, завантаження та розвантаження вантажу, враховуючи

системні показники центрування та завантаження. Нагальним завданням дослідження є розробка нових методів оптимізації завантаження повітряного судна, які мають комбінувати визначені евристичними методами конфігурації завантаження з методами математичного програмування.

Список використаних джерел

1. Brandt, F. (2017). The Air Cargo Load Planning Problem. Dissertation. University of Karlsruhe (KIT).
2. Feng, L., Tian, C., Zhang, H., & Kelley, W. (2010). Rule-based Optimization Approach for Airline Load Planning. *Procedia Computer Science*, (1) 1, 1455-1463.
3. Kellerer, H., Pferschy, U., & Pisinger, D. (2004). *Knapsack Problems*. Springer Verlag, 1st edition, Berlin, Heidelberg.
4. Limbourg, S., Schyns, M., & Laporte, G. (2011). Automatic Aircraft Cargo Load Planning. *Journal of the Operations Research Society*, (0), 1-13. doi: 10.1057/jors.2011.134
5. Mongeau, M., & Bes, C., (2003). Optimization of Aircraft Container Loading, *IEEE Transaction on Aerospace and Electronic Systems*, 39 (1), 140-150.
6. Paquay, C., Schyns, M., & Limbourg, S. (2011). Three dimensional Bin Packing Problem applied to air transport. *Colloque SIL*, December 15th-16th, 1-6.
7. Zhaoa, X., Bennella, B., Julia A.T., & Dowsland, K. (2016). A comparative review of 3D container loading algorithms. *International Transactions in Operational Research*, 23, 287-320. doi: 10.1111/itor.12094.

References

1. Brandt, F. (2017). The Air Cargo Load Planning Problem. Dissertation. University of Karlsruhe (KIT). [in Germany].
2. Feng, L., Tian, C., Zhang, H., & Kelley, W. (2010). Rule-based Optimization Approach for Airline Load Planning. *Procedia Computer Science*, (1) 1, 1455-1463. [in Holland].
3. Kellerer, H., Pferschy, U., & Pisinger, D. (2004). *Knapsack Problems*. Springer Verlag, 1st edition, Berlin, Heidelberg. [in Germany].
4. Limbourg, S., Schyns, M., & Laporte, G. (2011). Automatic Aircraft Cargo Load Planning. *Journal of the Operations Research Society*, (0), 1-13. doi: 10.1057/jors.2011.134. [in Belgium].
5. Mongeau, M., & Bes, C., (2003). Optimization of Aircraft Container Loading, *IEEE Transaction on Aerospace and Electronic Systems*, 39 (1), 140-150. [in Belgium].
6. Paquay, C., Schyns, M., & Limbourg, S. (2011). Three dimensional Bin Packing Problem applied to air transport. *Colloque SIL*, December 15th-16th, 1-6. [in Belgium].
7. Zhaoa, X., Bennella, B., Julia A.T., & Dowsland, K. (2016). A comparative review of 3D container loading algorithms. *International Transactions in Operational Research*, 23, 287-320. doi: 10.1111/itor.12094. [in Italy].

Andriy SAHUN, Senior lecturer in Flight Academy of National Aviation University, Kropivnitskiy, Ukraine;

SAHUN Yelyzaveta, Doctoral Student in Flight Academy of National Aviation University, Kropivnitskiy, Ukraine.

TECHNOLOGICAL PECULIARITIES OF AIRCRAFT LOADING PROCESS

Abstract. The article is devoted to specificities of an aircraft cargo loading process. The research defines differences between passenger and cargo transportations, order of the loading process and peculiarities of packing and cargo selection. Detail analysis of the loading process technological chain indicates a necessity of optimal decision's searching, that includes combination of current methods of load optimization, heuristics and mathematical programming.

Objective: To highlight some peculiar aspects in cargo loading technological process.

Methods: Mathematical programming, heuristics.

Results. Upgrading of program solutions in load optimization process.

Scientific novelty: combining of heuristics with previously studied methods of mathematical programming.

Practical significance: The high speed delivery of commodities guarantees the quick transportation service, that is valuable for a temperature sensitive cargo. Air cargo loading process plays a significant role in the air company's work and influences the all operations and relationship between air cargo companies, third party organizations and stakeholders.

The aim of the research is analyzing of peculiarities of aircraft loading process technological chain and searching for alternatives and various directions.

There is a substantial difference between cargo and passenger process aspects.

Air cargo transportations provide a wide range of "from point to point" service and transit route service. Schematically it is presented as an interaction between shipper – forwarder – ground transport ("load feeder service") – air company – consignee.

In order to order a handling process, cargo is usually packed into pallets or containers, which are called unit load devices – ULD.

Loading process is a complex process, that includes four separate handling processes: cargo separating, cargo excluding, removing and cargo distribution. These processes have finite grouping rules.

Cargo selection and packing process in terminal is the most expensive operation process. On this stage ULDs are filled with cargo.

In addition, it is worth to highlight that the loading process is constantly forced by the time constraints. Every aircraft has a definite time of departure and is not able to provide delays, caused by the lack of a single container. Therefore, decisions, which are made on cargo selecting and packing stage are shouldn't be reviewed too often.

Aircraft loading process is a complicate multi-component procedure that requires consideration of packing and load balancing aspects.

It is obvious that upgrading of program decisions within cargo forming, packing, loading and unloading processes is necessary.

Keywords: aircraft, ULD (Unit Load Devices), cargo transportation, handling process, loading process optimization.

*Одержано редакцією: 06.11.2019 р.
Прийнято до публікації: 11.11.2019 р.*