

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
АЕРОКОСМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЙ АЕРОПОРТІВ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач випускової кафедри

\_\_\_\_\_ О.Тамаргазін

" \_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2021 р.

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

ЗА ОСВІТНО-ПРОФЕСІЙНОЮ ПРОГРАМОЮ  
«ТЕХНОЛОГІЇ РОБІТ ТА ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ АЕРОПОРТІВ»

Тема: Оптимізація технологій та засобів завантаження/розвантаження  
надважких транспортних літаків

Виконавець: здобувач вищої освіти групи ТА-205М

Коцюба Артем Олегович

(група, прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник: к.т.н., доцент Білякович Олег Миколайович

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Консультант розділу «Охорона праці»:

(підпис) (П.І.Б.)

\_\_\_\_\_ Гунченко О.М.

Консультант розділу

«Охорона навколишнього середовища»:

(підпис) (П.І.Б.)

\_\_\_\_\_ Бовсуновський Є.О.

Нормоконтролер:

(підпис) (П.І.Б.)

\_\_\_\_\_ Білякович О.М.

КИЇВ 2021

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи «Оптимізація технологій та засобів завантаження/розвантаження надважких транспортних літаків»: сторінок 102, ілюстрацій 21, таблиць 4, інформаційних джерел 64.

Об'єктом досліджень є методи та технології завантаження/розвантаження надважких транспортних літаків.

Метою роботи є оптимізація технологій та засобів завантаження/розвантаження надважких транспортних літаків.

Виходячи з мети кваліфікаційної роботи у пояснювальній записці сформульовано та вирішено наступні задачі:

1. Провести інформаційний пошук з тематики магістерської роботи з метою обґрунтування її актуальності.
2. Проаналізувати основні методи дослідження технологій та засобів завантаження/розвантаження надважких транспортних літаків.
3. Оптимізувати технології та засобів завантаження/розвантаження надважких транспортних літаків та розробити математичну модель ефективного завантаження/розвантаження ПС.
4. Розробка рекомендацій, що до поліпшення охорони праці та екологічної безпеки при проведенні процесу завантаження/розвантаження надважких транспортних літаків

АЕРОПОРТ, АВІАПЕРЕВІЗНИК, ЗАВАНТАЖУВАЛЬНО-РОЗВАНТАЖУВАЛЬНІ ПРОЦЕДУРИ, ВАНТАЖНИЙ ТЕРМІНАЛ, ВАНТАЖНІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ, ЦЕНТРУВАННЯ, ПОВІТРЯНЕ СУДНО, МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, АУТРИГЕРИ, АЛГОРИТМ ОПТИМІЗАЦІЇ.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ, ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ .....	7
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. Аналіз інформаційних джерел з тематики магістрської роботи.....	11
1.1 Огляд технологій завантаження повітряних суден.....	11
1.2 Засоби механізації та автоматизації для забезпечення процесів завантаження та розвантаження транспортних ПС.....	22
1.3 Перспективні напрямки щодо технологічних процесів завантаження та розвантаження транспортних ПС .....	38
Висновки по розділу .....	44
РОЗДІЛ 2. Методи і методики які використовувались під час написання магістерської роботи .....	46
2.1 Метод експертних оцінок при визначенні ефективності завантажувально-розвантажувальних процесів транспортних ПС .....	46
2.2 Метод статистичного аналізу в технологіях наземного обслуговування ПС.....	50
2.3 Математичне моделювання процесів оперативного обслуговування літаків.....	56
Висновки по розділу .....	62
РОЗДІЛ 3. Результати дослуджень за тематикою магістерської роботи.....	63
3.1 Постановка задачі дослідження.....	63
3.2 Евристичні методи завантаження вантажів .....	65
3.3 Алгоритм оптимізації.....	69
Висновки по розділу .....	75
РОЗДІЛ 4. Охорона праці .....	76
4.1 Законодавчі та нормативно-правові акти охорони праці.....	76
4.2 Перелік небезпечних і шкідливих виробничих чинників при технічній експлуатації Ан-70 .....	77
4.3 Інженерно-організаційні рішення по запобіганню можливого впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів на працюючого .....	78
4.4 Організаційні та інженерно-технічні рішення що покликані вберегти від небезпечних і шкідливих виробничих факторів, при завантаженні та	

розвантаженні ПС.....	81		
4.5 Розрахунок заземлення Ан-70 на стоянці при технічному обслуговуванні або заправці .....	82		
Висновки по розділу .....	86		
РОЗДІЛ 5. Охорона навколишнього середовища .....	87		
5.1 Екологічна небезпека діяльності .....	87		
5.2 Утилізація авіаційних компонентів у світі .....	89		
5.3 Методи утилізації аутригерів.....	92		
5.4 Заходи направлені на запобігання екологічному збитку .....	93		
5.5 Визначення екологічного збитку від витрат матеріалів, напівфабрикатів і виробів при виробництві системи аутригерів .....	94		
Висновки по розділу .....	95		
ВИСНОВКИ.....	96		
СПИСОК	БІБЛІОГРАФІЧНИХ	ПОСИЛАНЬ	
ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....			97

## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ**

ПС – Повітряне судно;

ПТ – Повітряний транспорт;

ДП – Державне підприємство;

ІСАО – Міжнародна організація цивільної авіації;

АіРЕО – Авіаційне і радіоелектронне обладнання;

АМГ – Авіаційне мастило гідравлічне;

АП – Авіаційні правила;

АХР – Авіаційні хімічні роботи;

БВК – Бортовий вантажний кран;

БП – Безпека польоту;

ВЧ – Високі частоти;

ГА – Гідравлічний апарат;

ГС – Гідравлічна система;

ГТД – Газотурбінний двигун;

ДР – Дипломна робота;

ДСУ – Допоміжна силова установка ;

ЗК – Запобіжний клапан;

ЗПС – Злітно-посадкова смуга;

ЛА – Літальний апарат;

ЛТХ – Льотно-технічні характеристики;

ПММ – Паливно-мастильні матеріали;

ПТ – Повітряний транспорт;

СУ – Силова установка;

ТО – Технічне обслуговування;

## ВСТУП

Повітряний транспорт (ПТ) – вид транспорту, який призначений для перевезення людей (пасажирів, десантників), тварин, різноманітних вантажів (контейнерів, цивільної / військової техніки, пошти), швидкопсувних продуктів харчування та ін. з певною метою (цивільна, військова, відпочинок). У якості такого транспорту використовуються літальні апарати (ЛА) легші (аеростати / повітряні кулі, дирижаблі, планери, дельто-, пароплани) або важчі (літаки, гелікоптери) за повітря.

Вищенаведений транспорт – найшвидший (швидкість сучасних літаків понад 900 км/год), надійний, зручний, але водночас – високовартісний. Все ж, коли негайно потрібно щось перевезти на досить значну відстань, то на допомогу найкраще покликати авіацію.

Саме з цих міркувань мною і була обрана тема дипломної роботи - Оптимізація технологій та засобів завантаження/розвантаження надважких транспортних літаків.

ПТ перебуває поза конкуренцією в подоланні великих водних і арктичних просторів, на далеких і наддалеких маршрутах, виконує найважливіші завдання інтернаціоналізації й глобалізації світового господарства. До останнього часу ПТ спеціалізувався переважно на перевезенні пасажирів, а серед перевезених вантажів переважали пошта, багаж, харчові швидкопсувні продукти. Однак ПТ усе більше виконує різні функції:

- наукові;
- природоохоронні;
- протипожежні;
- рятувальні;
- монтажні;
- поліцейські;
- перевезення коштовних та термінових вантажів.

Для стійкої роботи ПТ необхідна дуже складна інфраструктура. Тому сучасні аеропорти світового значення являють собою складні інженернотехнічні спорудження із сучасними видами устаткування.

Для вантажних авіап перевезень використовують літаки великої вантажопідйомності, для яких будують спеціальні термінали. Більшість транспортних авіакомпаній, які базуються на добре обладнаних аеропортах, використовують, перероблені у вантажні модифікації, пасажирські літаки, яким необхідні спеціальні завантажувачі, що обмежує діапазон аеропортів, які можуть їх прийняти. Тому і виникла потреба у транспортних літаках, у яких спрощене завантаження / розвантаження завдяки рампі для колісної техніки та вантажного крану.

Спеціальні транспортні літаки, володіють високою вантажопідйомністю, більшим обсягом вантажної кабіни, оснащені спеціальними системами і устаткуванням, що дозволяють забезпечити виконання завантаження - розвантаження вантажів і техніки з мінімальними витратами часу.

Особливість: дана категорія літаків є високопланами, у яких фюзеляж максимально наближений до поверхні аеродрому для полегшення вантажнорозвантажувальних робіт. Для завантаження у хвостовій частині фюзеляжу наявний люк, відхилена вниз частина якого є завантажувальною рампою.

Поява даних літаків дозволила здійснювати перевезення у повітрі за короткий термін великогабаритних вантажів значної маси. Але зростання об'ємів перевезених вантажів привело до необхідності створення допоміжних систем та програм для полегшення при здійсненні завантаження - розвантаження вантажів.

В останні роки на перший план виходить проблема паливної економічності й захисту навколишнього середовища. Важливою також проблемою ПТ залишається його завантаження. Для підвищення рентабельності авіаліній авіакомпанії посилюють конкурентну боротьбу, виконуючи нерегулярні комерційні рейси. Необхідно також розуміти, що ринок повітряних перевезень дуже чутливий до політичної й економічної нестабільності у країнах.

У даній дипломній роботі (ДР) розглянуті та запропоновані методи експертних оцінок при визначенні ефективності завантажувально-розвантажувальних процесів транспортних ПС, методи статистичного аналізу в технологіях наземного обслуговування ПС. Також було розроблено систему для полегшення процесів моделювання завантажувально-розвантажувальних процесів ПС.



# РОЗДІЛ 1

## АНАЛІЗ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ З ТЕМАТИКИ МАГІСТРЕРСЬКОЇ РОБОТИ

### 1.1. Огляд технологій завантаження транспортних повітряних суден

Сучасна авіація займає одну з головних ролей у світовій транспортній логістиці. Велика кількість вантажів перевозиться по повітрю по всій земній кулі, і з кожним днем відстань і обсяг перевезень тільки збільшується.

Авіаперевезення - найбільш швидкий спосіб перевезення вантажів на значні відстані. У той же час це самий затратний спосіб.

Повітряні вантажні перевезення сьогодні є одним з найефективніших способів доставки різних вантажів по всьому світу. Забезпечення швидкісною доставкою товарів та виробів гарантує швидке перевезення товарів, та є особливо цінним для вантажу, який є чутливим до температурних умов або потребує негайного транспортування. 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.

Зазвичай, авіаперевезення являє собою мультимодальне перевезення, що складається з забору вантажу від відправника, термінальної обробки в аеропорту відправлення, власне перельоту з вантажем, термінальної обробки в аеропорту прибуття, проходження митних процедур, доставки до одержувача. Деякі авіакомпанії здійснюють рейси між певними аеропортами, тому і поняття «рейс» може включати в себе кілька переміщень вантажу з проміжними посадками для дозаправки або відпочинку екіпажу. На різних маршрутах використовуються літаки різних типів, що веде за собою досить вагомі обмеження на габаритні і масові характеристики вантажу.

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, вантажоодержувача та авіаперевізника є ще один учасник у процесі перевезення – фрахтувальник. Зазвичай він приймає участь на етапі підписання контракту на перевезення між авіакомпанією оператором повітряного судна та замовником рейсу. Відповідно, фрахтувальник є безпосередніми учасниками послуги авіаційного перевезення на відміну від початкових вантажовідправників. Ринок фрахтувальників насичений навіть більше ніж ринок авіаційних перевезень, тому, це надає перевагу більшим за впливом діяльності фрахтувальним компаніям на ринку таких послуг.

Таблиця 1.1

### 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, пасажири 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 повернеться до точки відправлення свого маршруту	Одно направлені потоки, вантажний потік дуже незбалансований та рідко повертається до точки свого початкового відправлення



Рис. 1.1. Структура складського комплексу аеропорту

На рис. 1.2 зображена схема циклу перевезення авіавантажу. За якою видно, що вантаж проходить мінімум п'ять стадій циклу обробки від вантажовідправника до вантажоотпримувача [1].

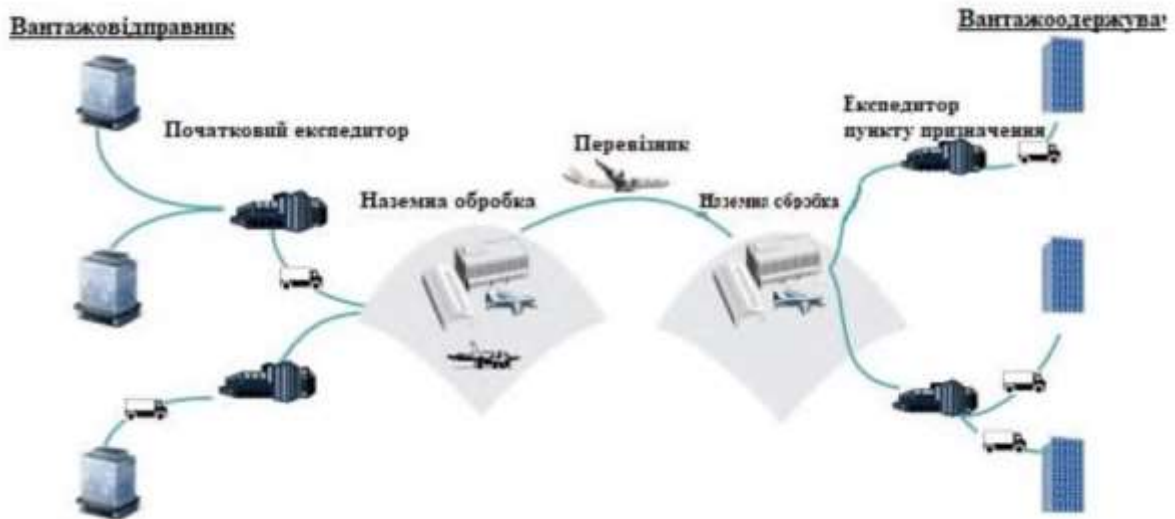


Рис.1.2. Цикл перевезення вантажу

Авіавантажі досить суттєво відрізняються за своїми фізичними і вартісними характеристиками. Пункт його відправки і доставки може перебувати у будь-якій точці світу, і в більшості випадків це товари, що пересилаються від продавця до покупця або від вантажовідправника до вантажоодержувача. Вантажем можуть бути як особисті речі, так і подарунки або благодійна допомога, зразки продукції або обладнання, або навіть тварини. Це може бути вантаж малого ризику (звичайні перевірнені вантажовідправники в порівняно спокійному регіоні) або вантаж високого ризику, наприклад підозріла відправка з невідомого джерела, що викликає сумніви або фігурує в розвідданих, вантаж проходить через цілий ряд структур з різними обов'язками, всередині яких експлуатанти повітряних суден, експрес перевізники, поштові оператори, зареєстровані транспортні агенти, вантажовідправники, вантажоодержувачі, транспортні компанії і агенти по наземній обробці [2]. Додаткова складність полягає в тому, що в різних країнах або регіонах, в яких вони знаходяться, ці структури називаються по різному.

Авіап перевезення поділяються на кілька типів, ось деякі з них:

1. Прості авіап перевезення, так само називають «генеральні перевезення» - припускають транспортування генерального вантажу у пункт призначення, а

замовником такої послуги є власник товарів, що перевозяться. Основна перевага генеральних перевезень - висока оперативність.

2. Попутні перевезення - це використання вільного транспорту, що прямує в потрібному напрямку. Перевага такого формату транспортування вантажів - низька вартість.

3. Човникові перевезення - в авіації даний формат прийнятий для транспортування пасажирів. Відмітна особливість човникових перевезень - повернення транспортного засобу в пункт відбуття без пасажирів на борту.

4. Збірні перевезення - це найбільш поширений формат транспортування штучних вантажів, при якому товари різних відправників консолідуються на складі і відправляються в міру накопичення їх оптимального обсягу. Відрізняються невисокою вартістю транспортування.

5. Збірні вантажі, прообразом поняття «збірний вантаж» були поштові відправлення, призначені для різних адресатів. Поштові вантажі консолідувалися в відділеннях зв'язку для подальшої доставки в певний пункт призначення. Доставка пошти відбувалася в міру накопичення необхідного для економного перевезення вантажів.

Послуги з авіаперевезення вантажів здійснюється двома основними способами:

- Шляхом включення вантажу в збірну партію авіавантажів (68%);
- Шляхом організації чартерного рейсу (32%).

Перший спосіб більш поширений. Він передбачає доставку одним літаком в одному напрямку дрібногабаритних товарів різних вантажовідправників. За рахунок цього даний спосіб для кожного окремо взятого вантажовідправника виходить дешевшим, в порівнянні з організацією чартерного рейсу.

Послуги з авіап перевезення вантажів чартером використовується в тих випадках, коли неможливо здійснити відправку вантажу регулярними рейсами. При цьому між власником вантажу, фрахтувальником і авіап перевізником укладається договір чартерного рейсу, в якому передбачаються всі деталі доставки вантажу. Цей спосіб авіап перевезення вантажів більш індивідуальний, і тому коштує дорожче [3].

Переваги авіап перевезення вантажів:

1. Оперативність. За рахунок відсутності в повітрі кордонів і допитливих митників, за рахунок випрямлення шляхів, коли транспорт з вантажем мчить в пункт призначення по прямій (а не рухається виключно по прокладених дорогах), доставка вантажів літаком здійснюється дуже швидко.

2. Частота авіарейсів. Так як вантажопотоки - це, можна сказати, кров економіки, кожен день в світі перевозять тисячі і тисячі тонн вантажів, в тому числі і за допомогою авіатранспорту. З цією метою відправка авіавантажів проводиться щодня, а іноді і по кілька разів на день.

3. Схоронність вантажів. Авіап перевезення вантажів - дуже безпечні з точки зору збереження вантажів. В аеропорту доступ до авіавантажами обмежений наземними службами безпеки. Під час польоту їм також нічого не загрожує.

4. Доставка у будь-яку точку планети. За допомогою авіаційного транспорту вантаж може бути доставлений будь-куди, в найвіддаленіше місце на Землі, аби там була злітно-посадкова смуга.

Проте, літак - це єдиний доступний транспортний засіб, який швидко долає величезні відстані за лічені години, за що багато замовників цінують авіаційні вантажоперевезення і готові платити за них порівняно високу ціну [4].

Поряд з перевагами, є такі недоліки як:

- Висока вартість;
- Необхідність дотримання всіх правил і норм перевезень;

- Залежність від погодних умов: шторми, сильний туман і грози можуть збільшити термін доставки, тому що рейси відкладаються на невизначений час.

Проте, літак - це єдиний доступний транспортний засіб, який швидко долає величезні відстані за лічені години, за що багато замовників цінують авіаційні вантажоперевезення і готові платити за них порівняно високу ціну [5].

Наразі перші місця в галузі вантажних перевезень повітряним транспортом займають США, які значно випереджають Німеччину, Японію, Францію, Великобританію. В Європі діє 22 спеціалізована вантажна авіакомпанія, В Північній Америці - 17, Південній Америці - 18. Найбільшою вантажний авіакомпанією світу є "Flying Tiger" (США), вантажообіг якої складає більше 4 млрд.т.км., з яких 2,5 - перевезення в міжнародному сполученні.

Також існують вузькоспеціалізовані вантажні компанії, які надають послуги перевезення небезпечних вантажів, великогабаритних вантажів, та вантажів які не зможе взяти на борт рядове повітряне судно (ПС) типу Boeing або Airbus. До прикладу компанії, які оперують найбільшими серійними літаками у світі – Ан-124, це компанії Antonov Airlines, Volga Dnepr, Maximus.

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 [6].

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 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 1.3 демонструє схему технологічного процесу перевезення вантажу

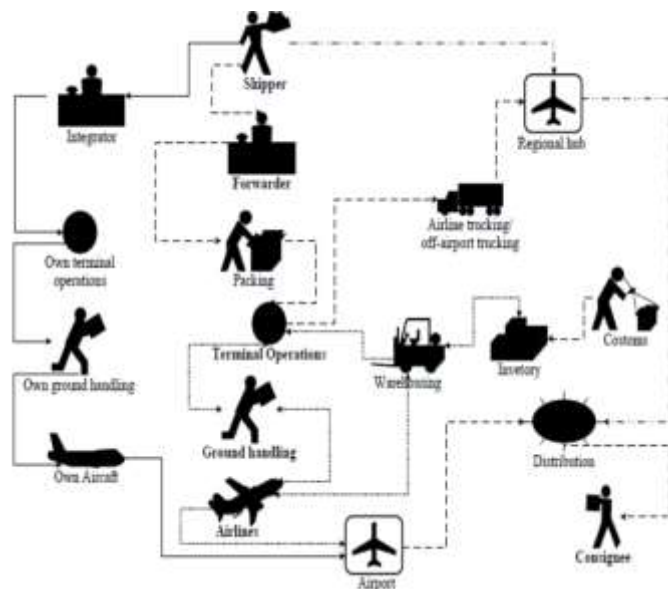


Рис. 1.3. Схема технологічного процесу перевезення вантажу [7]

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

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 [8].



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. 1.3 демонструє декілька часто використовуваних типів ULD [9].

Більшість повітряних суден потребує визначених типів ULD для специфічних положень для завантаження. Існують ULD загального призначення, такі як пласкі алюмінієві палети та контейнери різного формату, та ULD спеціального призначення, для транспортування авто, тварин або заморожених продуктів.

Транспортний літак може мати такі конструктивні особливості, які відрізняють його від пасажирських моделей (вони призначені, в першу чергу, для полегшення навантаження і розвантаження літака:

- Компонування «високоплан» (дозволяє розташувати вантаж максимально близько до землі).
- Посилене шасі з великою кількістю коліс.
- Люки в передній частині фюзеляжу («відкидний ніс») і в задній («відкидний хвіст»), іноді суміщений з рампою.
- Зменшені двері в кабіну.
- Відсутність ілюмінаторів.

Щоб перевезти великогабаритні вантажі, такі як дипломатичні контейнери, ротори, великі лопасті вітрогенераторів та інше, надають перевагу літакам з так званим відкидним носовим люком, для завантаження вантажу спереду, та задньою рампою для завантаження ззаду. До таких літаків відносяться Ан-22, Ан-124, Ан-225, С-5 Galaxy, Airbus Beluga та її модифікації. Беручи до уваги Ан-124 як варіант для перевезення можемо константувати наступне. Завдяки наявності переднього (відкидна носова частина) і заднього вантажних люків забезпечується можливість оперативно здійснювати завантаження і вивантаження нестандартних вантажів в обох напрямках. Герметична вантажна кабіна забезпечує перевезення вантажів

загальною масою до 150 тонн (на таких літаках як Ан-124-100М-150, Ан-225), парашутне десантування вантажів загальною масою до 100 т на платформах та спеціально підготовлених вантажів та техніки, що виключають застосування платформ. Об'єм вантажної кабіни в окремих перевищує 1500 м<sup>3</sup>. Будучи виконаною з титанового сплаву, підлога вантажної кабіни дозволяє завантаження всіх видів техніки та вантажів.

Вигода оперування літаком, який одночасно задовольняє вимогам цивільних і військових вантажоперевезень, полягає в тому, що конструкція літака початково призначена для вантажоперевезень, що здешевлює виробництво та експлуатацію в порівнянні з пасажирськими літаками.

Разом з тим, військові вимоги до конструкції літака — міцність, маневреність, тягооснащеність та ін. — можуть звести вищевказані економічні переваги нанівець, за винятком випадків цивільних вантажоперевезень у важких умовах, наприклад, при відсутності придатних злітно-посадкових смуг.

Для перевезення більших за обсягами 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 та технічного персоналу авіаперевізника.

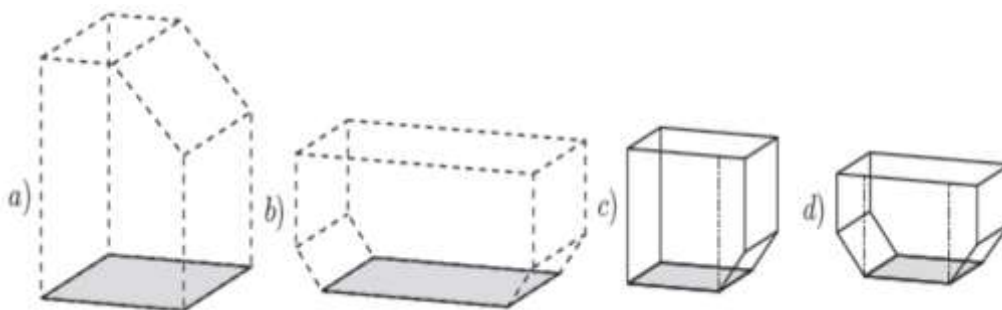


Рис. 1.4 Приклад засобів пакування у натуральних пропорціях. [10]

Процес завантаження повітряного судна це комплексний процес, який включає чотири окремі хендлінгові процеси: процес розділення вантажу, виключення

вантаж, переміщення та розподіл вантажу. Ці процеси мають певні правила групування [11].

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 поміщений 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 вилючний 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 нахиляється 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 пакування вантажу не повинні переглядатись занадто часто.

За оцінками Air Cargo Management group (ACMG), співвідношення обсягів перевезених вантажів традиційними перевізниками та інтеграторами становить 8:1. При цьому, 50%, всіх авіавантажів перевозиться у вантажних відсіках пасажирських повітряних суден, 25% вантажів перевозиться на вантажних повітряних судах, оперованих комбінованими перевізниками. Решта 25% вантажів перевозяться спеціалізованими вантажними авіакомпаніями авіакомпаніями: - інтеграторами.

## **1.2 – Засоби механізації та автоматизації для забезпечення процесів завантаження та розвантаження транспортних ПС**

Люди намагалися знайти способи літати з початку 20 століття. У 1912 році братам Райтс це нарешті вдалося. З тих пір авіація пережила значні масштаби розвитку. Коли люди почали подорожувати літаками, потреба для транспортування

вантажів відповідно збільшився і були засновані перші вантажно - транспортні компанії. Почали з'являтися компанії які спеціалізуються виключно на перевезенні вантажів, а не пасажирів. Таким прикладом слугує компанія FedEx, яка була заснована у США.

Одна з найважливіших частин авіаперевезень це безпека. Рівень безпеки в авіапідприємствах вказується числом авіаційних подій та аварій [12]. Зараз кількість інцидентів та аварій настільки мала, що авіапідприємствам доводиться аналізувати менші події або незначні показники замість реальних аварій, які трапляються рідко [13]. Ці події відслідковуються та аналізуються щодня.

Перевезення вантажу відрізняється від перевезення пасажирів, особливо відрізняються процедури обробки тих чи інших вантажів. Дії, які необхідно виконати під час технічного обслуговування пасажирських літаків, це, серед іншого, посадка пасажирів, завантаження та розвантаження багажу, завантаження та розвантаження вантажів, харчування та прибирання літаків. З іншого боку, діяльність, що виконується під час обробки вантажних літаків, може включати лише посадку на борт та завантаження та розвантаження вантажів.

У вантажоперевезеннях існує три способи перевезення вантажу. Перший спосіб перевезення вантажів - насипний. Навальні літаки поділяються на кілька сегментів, які завантажуються пакунками. Ці пакунки потрібно завантажувати один за іншим і захистити правильно закріпивши у літаку. Правильна процедура завантаження пакунків називається Т-укладанням. Т-укладання запобігає падінню пакунків і забезпечує рівномірний розподіл ваги в кожному сегменті літаків. Зразок завантаження Т-штабелем показаний на Рисунку 2.1.

Вантаж, завантажений в пристрої одиничного завантаження (ULD), являє собою другий спосіб транспортування вантажу повітряним шляхом. Існує два типи одиничних навантажень. Один з них - контейнер. Металевий контейнер може мати багато форм. Менші контейнери використовуються для завантаження на основну палубу вузькофюзеляжних літаків або навантаження на нижню палубу цих літаків. Контейнери більшого розміру використовуються для завантаження на основні та

нижні палуби широкофюзеляжних літаків. Деякі контейнери спеціально модифіковані для перевезення транспортних засобів або худоби.



Рис. 1.5. Приклад навалного пакування

Другий тип пристроїв одиничного завантаження - це піддон або палет. Вантаж завантажується на піддони, але окремі пакети повинні бути захищені від аварії сітками безпеки. Піддони не мають стінок як контейнери, тому вантаж не може спиратися на них. Функцію стінок забезпечують захисні сітки.

Стандартні типорозміри таких контейнерів визначені правилами ІАТА, їх розміри 3,4 м<sup>3</sup> до 8,95 м<sup>3</sup>. В індустрії авіаційних перевезень використовується близько 800000 таких контейнерів, а щорічна вартість їх обслуговування (включаючи втрати) становить 300 мільйонів доларів США.



Рис. 1.6. Палети типу РМС з імітацією контуру головного вантажного відсіку (зверху).

Контейнер типу АКЕ до нижнього вантажного відсіку (праворуч)

Усі ULD (контейнери, піддони та сітки) повинні бути сертифіковані відповідно до правил IATA. IATA опублікувала правила ULD, які містять усі правила будівництва, транспортування та використання пристроїв одиничного навантаження. Правила ULD також визначають спосіб маркування. Кожен ULD має своє унікальне позначення. Він складається з префікса (тип контейнера), унікального номера та суфіксу (код авіакомпанії) [14].

Останній спосіб транспортування вантажів повітряним транспортом - це використання спеціальних літаків для перевезення негабаритних і надзвичайно важких вантажів. Прикладом цього літака може бути Ан-124 Руслан або Ан-225 Мрія.

Літаки, які використовуються для розподілу вантажів у різні райони світу називаються фідерами у міжнародній термінології. Літаки, що використовуються для цього розподілу, переважно є типами ATR. Операції в міжнародних аеропортах вантажних компаній можна поділити на операції АМ (прибуття) та РМ (вильоти). Літаки ATR прибувають у вівторок, середу, четвер та п'ятницю. Вильоти відбуваються у понеділок, вівторок, середу та четвер.

Всі вищезазначені пункти дійсні для вантажів які перевозяться в однакових контейнерах та закріплені на так званій рухомій підлозі з коліщатками по яким і ведеться завантаження контейнерів в літак. Літаки які перевозять великогабаритні вантажі, застосовуються правила завантаження через передню або задню частину літака за допомогою кранів, лебідок, БПК та інших засобів які передбачені технічними засобами літака та аеропорту завантаження чи розвантаження згідно попередньо побудованих лодпланів.

Кожен вантаж повинен бути підготовлений перед завантаженням у літак. Ця підготовка включає рентгенівське випромінювання та зважування кожної партії вантажу. Після цього вантажі завантажуються в фургони і передаються на склад аеропортів. Після цього вантажі переносяться з фургонів на візки. Вага вантажів розраховується на основі різниці ваги брутто та ваги порожніх візків. Таблиця з такими вагами надсилається до офісу управління завантаженням, де складається план завантаження.

Будь-яке завантаження можна розпочинати лише відповідно до плану завантаження, створеного офісом служби завантаження. Завантаження залежно від кількості вантажу, його ваги, форми та необхідного обладнання може займати від години до доби.

Завантаження вантажу на літак є спеціалізованим аспектом логістики зі своїми унікальними проблемами та наслідками. Транспортування зі складу до літака, від літака до складу та подальшого розповсюдження - ключова сфера ланцюга поставок для глобального перевезення вантажів.

Великою відмінністю між логістикою аеропорту та виробництва є різниця у типах навантаження. Логістика аеропорту обробляє вантажі з високим ступенем стандартизації, такі як контейнери та пристрої для одиничного завантаження (ULD). Це дозволяє аеропортам оптимізувати своє обладнання для максимальної ефективності. З іншого боку, обробна промисловість зазвичай обробляє велику кількість розмірів, форм та ваги. Для цього потрібен набагато більш різноманітний флот.

Роблячи короткий висновок, можна константувати, що повітряні вантажні перевезення потребують додаткового хендлінгового обслуговування. Перш за все, вантаж має бути транспортований за допомогою конвеєра або вилючного автозавантажувача всередині терміналу. Окрім цього, він має бути безпечно та правильно запакований у контейнери ULD, закріплений по стандартам перевезення ICAO та відправлений далі по маршруту. Пакувальний етап є особливо важким у випадку, якщо вантаж є неоднорідним.

Літаки виконують різноманітні функції, не обмежуючись перевезенням вантажів. Боїнг 747, наприклад, можна налаштувати для виконання багатьох завдань, у тому числі як пасажирського лайнера або для виконання вантажних обов'язків. Налаштований для вантажних перевезень, він може вмістити вантаж об'ємом 26 000 квадратних футів. 26 000 квадратних футів - це приблизно еквівалент вантажу п'яти вантажівок. Якщо ви доставляєте більше цієї суми, має сенс переміщати вантаж літаками з більшим об'ємом грузової кабіни, але і вартість за такі перевезення значно зростає. Це особливо доцільно, якщо вантаж особливо



дорогий, тендітний або просто його потрібно перевезти як омога швидше. Авіап перевезення - найкраще рішення для всього цього, і це найшвидше рішення для доставки. Boeing 747 вміщує 35 піддонів розміром  $8 \times 10,5 \times 10$  футів та 14 контейнерів, які приблизно вдвічі менші. Але вантажний відсік літака гнучкий з точки зору перевезень для розміщення великих вантажів, таких як автомобілі. Для набагато більших вантажів можна націлитись на більш вузьконаправлені літаки, такі як Ан-124 або Ан-225. Вони ідеально підходять для доставки різних транспортних засобів, частин заводів, човнів та багато інших вантажів включаючи навіть літаки, які менші за розміром [15]. Звісно, на таких літаках можливо перевозити і вантажі на палетах та уніфікованих конейнерах, але і вартість за таке перевезення значно зросте у порівнянні з конкурентами, такими як Boeing 747.

Як і більшість логістичних операцій, завантаження вантажів починається з завантаження піддонів або уніфікованих контейнерів (ULD). Через розмір вантажних літаків ці піддони доступні у стандартних, 10 -футових та 20 -футових розмірах. Це дозволяє здійснювати авіап перевезення різних вантажів. Існують також спеціалізовані пристрої для завантаження, так звані (ULD). По суті, це алюмінієві коробки з профільними рамами, які дозволяють легко закріпити сітку. Вантаж завантажуються на навантажувачі чи інші підйомники перед підготовкою до відправлення. Більшість літаків завантажуються через люки збоку або ззаду літака. Деякі літаки, такі як Ан-124 також використовують носовий люк для великих вантажів. На сьогоднішній день, завантаження літаків не обов'язково проводиться за допомогою вилкових навантажувачів, більш сучасною альтернативою є завантажувач контерйнерів (container loader).



Рис. 1.7 Приклад завантаження контейнера у літак типу Airbus A-340 [16]

Це, по суті, гігантський ножичний підйомник, який завантажується контейнерами на складі і прямує до літака. Контейнерні навантажувачі в ідеалі роблять одну поїздку, щоб завантажити свій вантаж. Як правило, вони дуже великі і міцні. Незважаючи на традиційну гладкість злітно-посадкової смуги, більшість контейнерних навантажувачів здатні працювати навіть на нерівній навантажувальній поверхні. Незалежне гідравлічне управління дозволяє точно регулювати платформу, щоб вона могла ідеально поєднуватися з люком. Потрапивши всередину, гідравлічні підйомники можуть піднімати вантаж, а електричні ролики, встановлені в літаку, допомагають переміщати вантаж у різні райони вантажного відсіку. Статичні контейнерні навантажувачі зазвичай постачаються з транспортерами-навантажувачами. Вони по суті виконують роль підйомника між транспортером і літаком [17]. Подібно до бічного навантажувача, ці транспортери мають велике місце для піддонів та вантажу поряд з кабіною. Вони також мають великі ролики для полегшення перевезення вантажу.

Багато вузькофюзеляжних короткомагістральних літаків масово завантажуються насипними окремими предметами багажу та вантажу. У цьому випадку завантаження багажу визначається кількістю одиниць товару, із встановленими припущеннями про середню вагу одного мішка, що використовується відповідно до обмежень завантаження. Стандартні ваги багажу слід застосовувати обережно. Траплялися інциденти, коли стандартні ваги

серйозно занижували фактичну масу завантаженого багажу, що спричиняло як помилку в загальній масі літака, так і центр ваги поза затвердженим безпечним конвертом. щоб вони не рухалися в польоті [18].

Будь-який вантаж, який зміщується під час польоту, перемістить центр ваги літака і може спричинити труднощі в управлінні (у крайньому випадку-втрату контролю) та запобігти відкриттю багажних дверей після польоту. Вантажна сітка також може бути використана для поділу великих трюмів на секції. Насипне завантаження зазвичай здійснюється шляхом доставки предметів до літака у багажному складі буксированих причепів.

Щоб забезпечити правильне завантаження кожного відсіку для зберігання, причепи укомплектовані тільки багажем, призначеним лише для одного конкретного відсіку. Причеп вивантажується в трюм літака за допомогою конвеєрних стрічок і, нарешті, розміщується у вантажному відсіку вантажниками, що працюють у ньому. Зазвичай для масового завантаження багажу використовується система, за допомогою якої вантажні екіпажі повідомляються про те, що останній багаж для завантаження на конкретному рейсі надійшов за допомогою ідентифікаційної мітки «Кінцевий мішок» - тег застосовується до останнього зареєстрованого багажу, надісланого до літаків.

Вантажі літаків необхідно завантажувати відповідно до дуже специфічних балансів ваги, щоб тримати літак у повітрі. Після планування вантаж слід перевірити, як тільки він завантажиться, щоб переконатися, що вантажний лист вантажу та вантаж належним чином збігаються. Потім пілот отримує вантажний лист, щоб переконатися, що він знає все, що йому потрібно знати про свій вантаж. Навантажувачі зобов'язані розмістити всі замки на вантажних літаках у верхньому положенні, навіть якщо у приміщенні немає вантажу, щоб запобігти сипучому вантажу від ковзання через порожні позиції.

Процес розвантаження зазвичай починається через кілька хвилин після прибуття літака. Для розвантаження використовується кілька видів наземного опорного обладнання (GSE). Коли двигуни зупинено і маяк проти зіткнення вимкнений, навантажувач може підключити наземний блок живлення (GPU) або

літак деякий час може знаходитись під власним живленням від (APU). Навантажувальні ремені використовуються для вивантаження вантажів з літаків за стандартною схемою. Вантажі з вантажних стрічок переміщуються у візки (ті ж візки, які використовуються для передачі багажу) [19]. Ці візки переміщуються на склад, де проводиться сортування. Дуже важливо дотримуватися кількох правил безпеки під час розвантаження та підходу GSE до літака. Мінімальна відстань між вантажним візком і краєм вантажних дверей має бути більше 2 метрів. Інше важливе правило - це перевірка потенційних дефектів кожного обладнання наземної підтримки перед остаточним підходом літака. Деякі правила безпеки можуть включати, наприклад, правильне розташування конусів, гальмування коліс або обхід крил та двигунів.

У багатьох випадках при проектуванні техніки, великогабаритних агрегатів, консолідації збірних вантажів у контейнери, можливість і необхідність їх повітряного перевезення не враховується і не прораховується. Не секрет, що іноді, ідея повітряного способу доставки виникає при «палаючих терміни» і адаптація початкової придатності до маніпуляції об'єкта на землі до повітряної транспортуванні виявляється не тільки не сумісною з внутрішньою механізацією вантажної кабіни літака, а й неприйнятною до вимог безпеки галузі. Розуміння цих обставин клієнтом, готовність інженерної служби льотного загону до швидкої реакції вироблення рекомендацій і планів, в 99 випадках зі ста дозволяє знайти рішення, прийнятний компроміс, а саме перевезти такий вантаж за допомогою надважких транспортних літаків типу Ан-124 або Ан-225.

Наразі у світі існує декілька компаній, які мають у своєму флоті надважкі транспортні літаки типу Ан-124. Це компанії Antonov Airlines, Volga Dnepr і Maximus. За допомогою літаків даного типу, можна здійснити транспортні перевезення, які б здавалось здійснити неможливо.

Для успішної організації та обробки великогабаритних вантажів на літаках даного типу перевізники повинні мати все необхідне для досягнення цієї мети. Для далеких рейсів, короткі терміни та об'ємний вантаж є не легкою задачею для транспортування. Знання точної кількості, розміру та ваги вантажу є обов'язковим

для перевезення об'ємних та важких вантажів. Перевізникам необхідно мати план, як вантаж буде завантажений та вивантажений, також потрібно знати баланс ваги вантажу [20].

По-перше, фахівцям з завантаження та розвантаження потрібен чіткий, однозначний та точний пакувальний список. На цьому аркуші повинні бути вказані назва вантажу, кількість одиниць, загальні розміри (висота, ширина та довжина) зокрема вага кожної одиниці. Через міжнародний масштаб бізнесу дуже важливо ввести правильний розмір та одиниці вимірювання (сантиметри або дюйми, кілограми, метри або фути). Ідеальним способом зробити всю інформацію доступною є узагальнення у форматі XL, оскільки це економить багато часу при завантаженні та розвантаженні.

План завантаження - це інтерактивний процес, і спеціалісти, що займаються вантажною роботою, можуть вимагати додаткової інформації про місця підйому та закріплення, доступні в кожному вантажному відсіку [21].

Великогабаритні та негабаритні вантажі іноді потребують технічних креслень, включаючи плани поверхів вантажного приміщення. Ідеальним рішенням є створення тривимірної комп'ютерної моделі вантажу доступною для фахівців з НРР, оскільки вона забезпечує достатньою інформацією про навантаження, дозволяє їм розраховувати напруження та проектувати необхідні транспортні засоби.

На основі наданої клієнтом інформації про вантаж готується детальний інтегрований план завантаження для оптимізації зусиль, часу і витрат. Плани завантаження, дані в якості прикладу тут, є переважно документами першої стадії, виконаними у формі для подальшої докладної координації з клієнтом, і доповнені картою розрахунку ваги і балансу, протоколу вимог до такелажу і т.п.

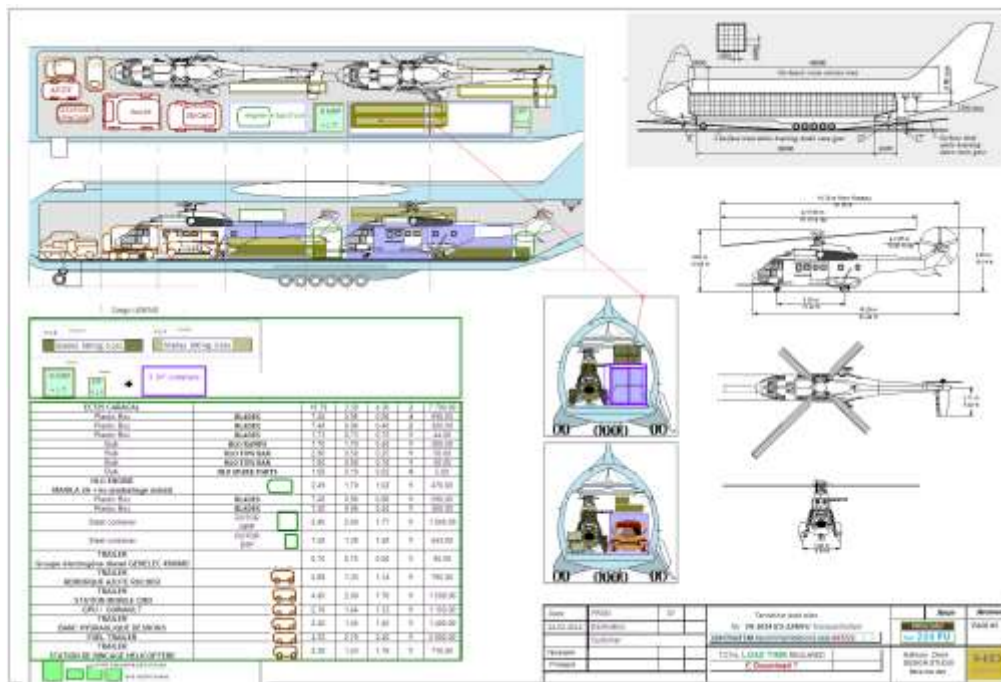


Рис.1.8. Приклад детального інтегрованого плану завантаження для літака Ан-124  
Руслан [22]

Стабільність та нерухомість вантажу під час польоту важливі для безпеки вантажу, літаків та екіпажу, тому фахівці повинні чітко планувати закріплення вантажу. Одним з найпоширеніших способів закріплення вантажу є використання ланцюгів, фалів, балок, сіток та багато інших пристосувань. Кількість ланцюгів, що використовуються для вантажу, залежить від ваги та об'єму вантажу. Для вантажу або його упаковки повинна бути передбачена відповідна кількість кріплень.

За допомогою бортової кранової системи на ПС зображеній на Рисунку 2.6 зазвичай завантажуються не більше 20 тон вантажу. Це означає, що частина вантажу піднімається за допомогою чотирьох кран-гаків безпосередньо з причепа. Підйомні ремені можуть бути прикріплені до точок підйому або розміщені у вигляді кошика під базою вантажу. Вантажна упаковка і безпосередньо сам вантаж повинні бути придатними для завантаження за допомогою бортової кранової системи.



Рис. 1.9. БПК на літаку Ан-124 [23]

Перевезення малих по об'єму та великовагових вантажів - це складний і трудомісткий процес, і всі вантажовідправники хочуть зберегти цілісність та якість свого вантажу, незалежно які погодні умови, під час навантаження та розвантаження та при переході на різні види транспорту.

Відносно невеликі вантажі та ваги придатні для завантаження бортовими крановими системами зазвичай упаковуються в дерев'яні ящики. Важливо переконатися, що пакування відповідає вимогам ІСАО та ІАТА щодо упаковки при авіаперевезеннях. Вантаж у коробках повинен бути закріплений, виключаючи можливість зміщення [24].

Дуже важливо відзначити, що упаковка не має бути герметично закритою. У багажному відсіку тиск повітря змінюється в міру піднімання та спуску ПС. Пакет буде пошкоджений, якщо повітряний тиск всередині та зовні упаковки не буде рівним. Наприклад, так званий вакуумний поліетиленовий пакет розширюється і стискається при підйманні та опусканні. На сучасних транспортних літаках передбачена система наддуву кабіни, яка робить тиск у вантажній кабіні придатним для перевезення живих тварин або вантажу, який потребує нормального тиску, щоб його не пошкодити. Пакування негабаритних і важких вантажів, який навантажується на судно спеціальним обладнанням небажане. Для здійснення

цього потрібно щоб вантажні ланцюги з'єднувались саме з точками кріплення вантажу.

Якщо вантаж призначений для завантаження в грузову кабіну є колісним, але з певних причин не може бути завантаженим своїм ходом, використовується спеціальний вантажний комплекс електролебідок, який складається з двох електролебідок, пульта керування та двох ручок приводу. Керування електролебідками відбувається безпосередньо з пульта керування, який для зручності завантаження може бути підключений в трьох місцях по всьому периметру фюзеляжу. При поломці електролебідок, завантаження може відбуватися і в ручному режимі за допомогою ручного приводу [25].

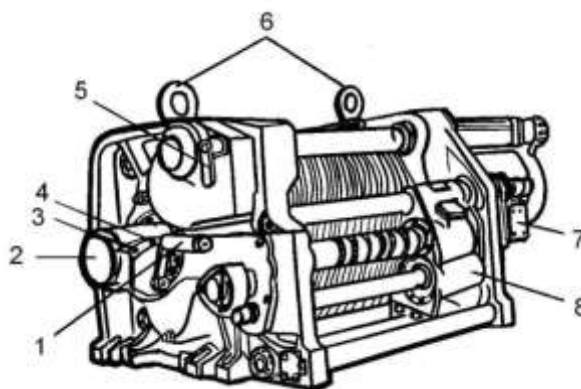


Рис.1.10. Електролебідка ЛПГ-3000А

Для страхування платформ і колісної техніки при завантаженні в комплект обладнання входять дві упорні колодки, які з'єднуються між собою.

Для керування водилом при завантаженні колісної техніки і платформ, утримання упорних колодок за колесами які рухаються по рампі, а також для передбачення розкачування техніки при завантаженні, в комплект обладнання також входять стропи, які допомагають керувати напрямком ведучого колеса кілісної техніки.

Існує маса пристосувань для полегшення та безпечного завантаження різноманітних вантажів у вантажну кабіну транспортного судна. Перераховуючи



можна також згадати: електротельфер, вага, роликові доріжки, перевалочні ролики, відображувачі, закатні ролики, монорельси, мотузкові настили.

Для того щоб міцно закріпити вантаж існують такі пристосування як: швартувальні вузли, ланцюги, ремені, стропи, сітки, швартовочні кільця та інше.

На Рисунку 2.7. можна бачити закріплене устаткування для завантаження, безпечного переміщення всередині кабіни та швартування вантажу. По обох бортах ПС розміщені численні пристрої для цих робіт.



Рис. 1.11. Вантажна кабіна Ан-124

Певні матеріали та товари, такі як вибухові речовини, газ під тиском, легкозаймисті речовини та рідини тощо. Вони визначаються як тип небезпечних вантажів. Для цього типу вантажу необхідно здійснити спеціальну підготовку та пакування відповідно до вимог ІСАО та ІАТА. Деякі види небезпечних вантажів не можна транспортувати повітряним транспортом ні за яких обставин. Чим раніше ви повідомили авіакомпанію про цей вид вантажу у своєму пакувальному списку, тим більша ймовірність того, що відвантаження буде організовано без додаткових проблем та затримок, а головне - відповідно до міжнародних галузевих стандартів.

Інфраструктура аеропорту є ключовою для обробки негабаритних вантажів. Мають бути передбачені необхідні зони навантаження та розвантаження, злітно-посадкові смуги аеродрому, придатні для запланованої посадкової маси літака,

руліжні доріжки та місця для стоянок для процесів навантаження та розвантаження, а також місця для відпочинку екіпажу.

Коли вантажовідправники надсилають інформацію вантажоодержувачу, перевізники розпочинають роботу з отримання дозволу на чартерний рейс, який завжди залежить від вантажу на борту повітряного судна та від часу вильоту який був спрогнозований раніше. Кожна країна має свої процедури і правила видачі дозволу на здійснення польотів, тому зазвичай все залежить від зарегламентованого часу для такої обробки органами цивільної авіації країни. В деяких випадках, дозволи країн на проліт з небезпечним вантажем або дозвіл на посадку, видається через авторизовані дипломатичні канали країни експлуатанта повітряного судна.

Здійснення чартерних рейсів з повним обсягом дозволів – це одна задача, а контроль над навантажувально-розвантажувальними роботами – вже інша проблема. Іноді аеропорт не має достатньої кількості робочої сили, тому необхідно подбати про додаткову групу фахівців з технічного обслуговування та вантажних перевезень, щоб забезпечити якісні складські рішення [26].

Для того, щоб організувати безпечне виконання навантажувально розвантажувальних робіт на підприємстві, роботодавець повинен відповідати таким вимогам:

- організувати службу безпеки праці (відповідно до законодавства);
- організувати розробку та затвердження чинних нормативних актів з охорони праці на підприємстві;
- здійснити розробку та затвердження інструкції по охороні праці;
- забезпечувати попередні та періодичні медичні огляди;
- зробити атестацію робочої місцевості за умовами роботи;
- отримати дозвіл на роботи з високим ризиком небезпеки та на використання машин, механізмів та обладнання високого ризику небезпеки;
- надати працівникам спеціального одягу, спеціального взуття та іншими засобами індивідуального захисту (ЗІЗ).

Навантаження та розвантаження можуть бути здійснені на підприємстві у разі дотримання інших вимог охорони та безпеки праці [27].

Крім того, для експлуатації самохідних стрілових кранів роботодавцю необхідно призначити фахівців з управління крану. Такі фахівці повинні мати відповідні посвідчення та документи на право керування кранами таких типів. Управління краном може здійснюватися шофером який пройшов попередню атестацію в кваліфікаційній комісії. Ці працівники проходять навчання та атестацію відповідно до законодавства.

У всіх робочих зонах кранів для прив'язки, підвішування або зачеплення вантажу роботодавцю необхідно призначити стропальників серед робітників, які досягли 18-річного віку та пройшли відповідну підготовку.



Рис. 1.12. Завантаження Ан-124 за допомогою спеціальної техніки (кранів) [28]

В деяких випадках, коли вантаж не можна завантажити штатними методами або своїм ходом, буває неминуче необхідна так звана естакада, для вантажів, що перевищують 30 тонн або навіть менших ваг, але зі зміщеним центром ваги (мас).

ОПТГ, або, кажучи простіше, естакада, приклади завантажень з якою можна бачити на Рис 1.13. Рейки і візки естакади зменшують висоту вантажної кабіни на 0,24 м; Застосування розподільників ваги, необхідних при обмежених точках опори, дають загальне зниження висоти вантажної кабіни на 0,35 м. Вага самої

естакади коливається в межах 8-13 тонн і, будучи необхідним для підйому і завантаження, зазвичай літає тим же бортом з вантажем.



Рис. 1.13. Приклад завантаження вантажу за допомогою естакади в літак Ан-124  
Руслан

### **1.3 Перспективні напрямки щодо технологічних процесів завантаження та розвантаження транспортних ПС**

Повітряні вантажні перевезення відіграють значну економічну роль у суспільстві, займаючи 10% всесвітнього обсягу світової торгівлі, а це більш ніж 6,4 трильйони доларів щорічно [29]. Оптимізація та розподілення завантаження вкрай важливе для авіаперевізників з декількох причин.

По-перше, правильно розподілене завантаження визначає рівень безпеки.

По-друге, оптимальне завантаження позитивно впливає на аеродинаміку, дає можливість зменшити споживання палива, мінімізує інші витрати та вплив повітряного транспорту на навколишнє середовище.

По-третє, оптимальне завантаження є вирішальним фактором у хендлінгових операціях, особливо в рамках часових обмежень та складності маршрутів повітряних суден (ПС).

Наукова література містить наступні дослідження з питань оптимізації:

1) послідовності завантаження – правильного розподілу сукупної ваги систем палетної обробки всередині ПС. Таке завдання є частиною проблеми центрування та завантаження;

2) проблеми пакування – розміщення одиниць вантажу відносно габаритів контейнера;

3) евристичні підходи:

– пірамідний спосіб завантаження – розміщення предметів із більшою вагою ближче до центру тяжіння, додаючи по чергово предмети в сторону передньої частини та корми ПС;

– метод 50 на 50 – означає, що 50% вантажу розміщують у двох полярних сторонах ПС.

Ретельний аналіз досліджень проблеми оптимального завантаження дає змогу зробити декілька висновків:

1. Процедура розподілу вантажу є доцільною незалежно від того, у який спосіб виконано центрування. Неправильний розподіл ваги може призвести до серйозних інцидентів та аварійних ситуацій, таких як нахил ПС у бік або підйом носової частини ПС разом із стійкою шасі у так зване положення “свічки” [30].

2. Навіть мінімальне зміщення від встановленого центру тяжіння може призвести до збільшення витрат палива. Наприклад, для літака моделі А340-300, дальність польоту якого досягає 10 000 км, зміщення центрування менш ніж на 75 см економить авіакомпанії 4 тонни палива за один рейс. Не зважаючи на те, що деякі ПС обладнані автоматичною трансферною системою подачі палива, продуктивність повітряного судна все ж виграє від правильного планування завантаження [31].

При дослідженні сучасних підходів до оптимізації завантаження було визначено деякі проблеми, пов’язані із центруванням та розміщенням вантажу відносно ПС та було проаналізовано різні математичні підходи їх вирішення. Проте вивчені джерела не наводять жодного прикладу вирішення проблеми часу в рамках питання оптимізації. Адже від економії часу залежить і кількість операцій із завантаження/розвантаження. Аналіз останніх досліджень і публікацій. Варто зазначити, що існує велика різноманітність визначень, під якими мається на увазі планування завантаження [32].

Проблема оптимізації завантаження – це проблема розподілу, яка широко описана в технічній літературі за напрямком – проблеми центрування та завантаження [33]. Автор Limbourg [34] пише, що розділяє ці дослідження на три категорії. Перші роботи містять дослідження з оптимізації завантаження всередині контейнеру окремо від ПС. Особливо ця частина корелюється з проблемами контейнерного пакування (Bin Packing Problem). Не менш важливим є підбір палетів або одиниць вантажу, які мають бути завантажені до повітряного судна або вантажного відсіку – метод рюкзака (Knapsack Problem). Багато робіт з цього приводу були вивчені у військових роботах Калюжного та Shaw [35]; цивільних та комерційних дослідженнях Mongeau та B`es [36]; Fok та Chun [37], Gueret G. [38] та Nance R.L., Roesener A.G. [39].

Остання категорія авторів займалась оптимізацією розміщення палетів відносно ПС. У цій сфері література поділяється на два підходи: контейнерне пакування (завантаження та розподіл предметів всередині контейнерів) та розподіл всередині ПС (розташування контейнерів). У підходах до проблеми контейнерного пакування автори намагаються повністю здійснити завантаження ПС шляхом виключення вільного простору між предметами. У проблемі розподілу розглядають спроби розміщення палетів (ULDs) у заздалегідь визначених позиціях.

Одним із сучасних підходів до дослідження проблеми оптимального завантаження є представлення вантажного відсіку ПС у вигляді прямокутника та визначення оптимального центру маси для розташування системи палетної обробки (ULD). ULD представляє собою набір компонентів, які складаються з контейнеру або палету, вкритого сіткою, який використовується з метою надання вантажу необхідних стандартизованих розмірів, а також характеристик для окремих одиниць багажу/вантажу для забезпечення швидкого завантаження та розвантаження [40].

Положення центру маси ПС визначається узагальнюючою формулою:

$$\bar{r}_{CM} = \frac{\int \rho(\bar{r}) \bar{r} dV}{\int \rho(\bar{r}) dV}, \quad (1.1)$$

де  $\mathbf{r}$  – вектор напрямлення;  $\rho(\mathbf{r})dV$  – функція, яка описує розподіл щільності системи;

$dV$  – нескінченно малий об'ємний елемент, через який виконується інтеграція. У випадку, коли система складається виключно з маси,  $\mathbf{r}_{CM}$  розраховується за допомогою спрощеної формули:

$$\vec{r}_{CM} = \frac{\sum_i m_i \vec{r}_i}{\sum_i m_i}, \quad (1.2)$$

де  $m_i$  – маса частинки  $i$ .

Представимо вантажний відсік ПС у вигляді прямокутника (рис. 1.14), позначимо на ньому одиницю вантажу маленьким трикутником (рис. 1.15) [41].

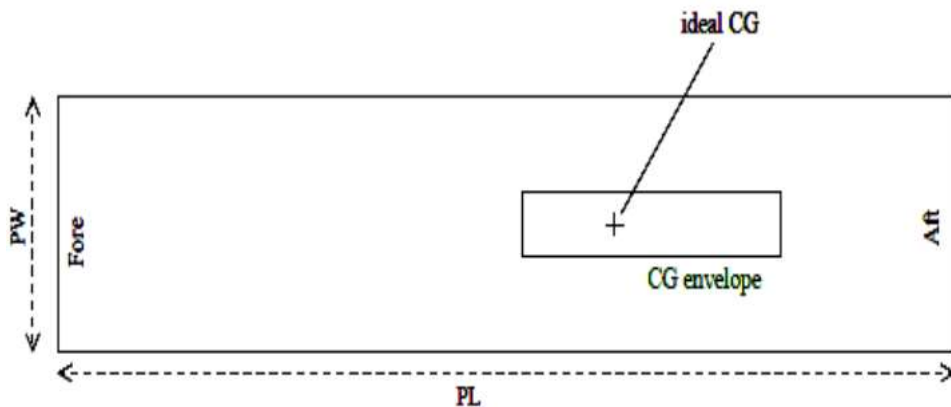


Рис. 1.14. Прямокутна модель вантажного відсіку ПС

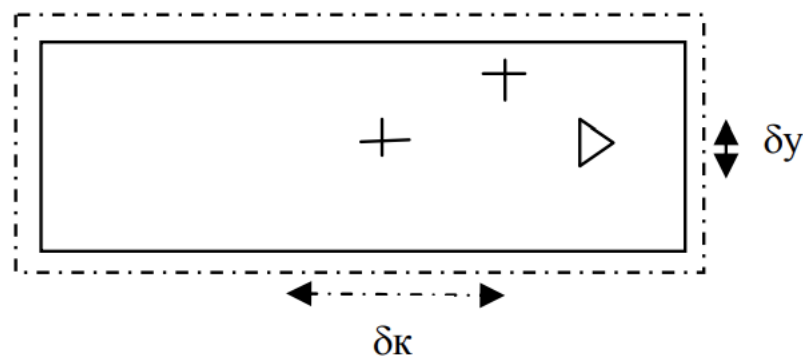


Рис. 1.15. Прямокутна модель розміщення предмету завантаження

Розташування, орієнтоване таким чином означає, що така модель потребує простору між завантаженими одиницями, а також між вантажем та стінами вантажного відсіку. Наприклад, для контейнеру розміром у 20 футів (6 м) достатньо відстані у шість дюймів (15,2 см) від інших предметів, у той час, як для цистерни потрібна відстань в 1 фут, щоб створити мінімальний доступ до дверей [42].

У випадку, коли контейнер або цистерна розміщені суміжно один з одним, то перевага надається просторовим вимогам більшого за розміром вантажу.

Для пошуку оптимального підходу до вирішення проблеми завантаження потрібно знайти цільову функцію, яка полягає у мінімізації витрат часу на завантаження встановленої кількості контейнерів до ПС.

Нехай ,  $X_{Rcg}$  та  $Y_{Rcg}$  будуть  $x$ - координати та  $y$ - координати відносно центру тяжіння літака після завантаження.

Вихідні параметри функції:

$\delta_{xi}$  – зміщення у довжину центру тяжіння  $i$ -го контейнеру від оптимального (розрахункового) центру;

$\delta_{yi}$  – зміщення в ширину центру тяжіння  $i$  го контейнеру від оптимального (розрахункового) центру.

$T_{load_i}$  – час завантаження  $i$ -го контейнеру до ПС;

Цільова функція: 
$$\min \sum_{i=1}^n T_{load_i} ,$$
 за умов наступних обмежень:



$$1) \quad \begin{aligned} XR_{cg} &\rightarrow 0, \\ \delta x_i &\geq 0, \forall_i \in \{1, \dots, n\}. \end{aligned}$$

$$2) \quad \begin{aligned} YR_{cg} &\rightarrow 0, \\ \delta x_i &\geq 0, \forall_i \in \{1, \dots, n\}, \\ w_i &\leq C, \forall_i \in \{1, \dots, n\}. \end{aligned}$$

$$3) \quad \begin{aligned} \min \sum_{i=1}^n T_{load_i} &\leq T_p, \\ P &\rightarrow \min, \forall_i \in \{1, \dots, n\}. \end{aligned}$$

Використовуючи метод цільової оптимізації, за основний критерій оптимального завантаження вибрано мінімізацію часу завантаження контейнерів до ПС. За цим критерієм і була побудована цільова функція. Другим критерієм є мінімізація відстані між координатами відносно оптимального (розрахункового) центру тяжіння та координатами відносно центру тяжіння літака після завантаження. Третім критерієм оптимізації є максимальне використання простору вантажного відсіку. Обмеженнями у цільовій функції виступають: – точки зміщення координат у довжину та ширину відносно оптимального (розрахункового) центру тяжіння: та після завантаження; – ємність вантажного відсіку; – час та послідовно вартість простою ПС в аеропорту. Вивчення процедури завантаження та аналіз в рамках використаного часу може вплинути на подальше зменшення витрат на заробітну плату у перерахунку на один рейс, що в свою чергу скорочує оборотність ПС (часовий проміжок між приземленням літака та його зльотом) та зменшує аеропортові збори.

## 1.4 Висновки по розділу

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.

Негабаритні та надважкі вантажі завантажуються на літаки з застосуванням спеціального навантажувального обладнання. Як згадувалося раніше, технічні креслення або комп'ютерна 3D-модель необхідні для визначення того, який тип навантажувального обладнання повинен застосовуватися до конкретного вантажу. Перевезення вантажів повітряним транспортом з точки зору загального обсягу транспортування вантажів, сягає лише 2% від загальної кількості тоннажу. Попри це, з економічної точки зору перевезення авіаційним транспортом складає 40% всього обороту торгівлі. Тому авіаційним транспортом перевозиться дорогий вантаж. Більшість керівників усвідомлюють, що трати на транспортування та складські роботи високі, проте розуміють, що витрати на такі операції неминучі, тому обов'язково включають їх в список необхідних витрат.

Оптимізація часу завантаження ПС є критично важливою, оскільки безпосередньо впливає на швидкість та вартість виконання операцій із його завантаження/розвантаження. Проблема оптимізації завантаження ПС представлена у формі багатокритеріальної задачі, яка полягає в мінімізації часу на завантаження. Критерії для вирішення проблеми оптимального завантаження:

1. Мінімізація часу завантаження контейнерів до ПС.

2. Мінімізація відстані між координатами відносно оптимального (розрахункового) центру тяжіння та координатами відносно центру тяжіння літака після завантаження.

3. Максимальне використання простору вантажного відсіку.

Проблема оптимізації часу завантаження представлена у вигляді математичної функції з усіма обмеженнями. В перспективі вирішення такого завдання дає змогу розглянути проблему оптимального завантаження у часовому середовищі та на реальному прикладі перевезення живих вантажів (тварин).

## РОЗДІЛ 2

### МЕТОДИ І МЕТОДИКИ ЯКІ ВИКОРИСТОВУВАЛИСЬ ПІД ЧАС НАПИСАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

#### **2.1. – Метод експертних оцінок при визначенні ефективності завантажувально-розвантажувальних процесів транспортних ПС**

Робота вантажних та пасажирських авіаційних компаній які оперують деякою кількістю флоту, часто відбувається в умовах невизначеності. Аналіз ефективності експлуатації пасажирських та вантажних суден дозволяє оцінити теперішній стан компанії, її конкурентоспроможність і визначити подільший шлях її розвитку. Прийняття рішень, які ґрунтуються на статистичному аналізі, потребує великої кількості інформації, яка часто недоступна власникам компаній.

В сучасних умовах жорсткої конкуренції з іншими видами транспорту, власники авіакомпаній стикаються з проблемою привабливості замовників у вантажному секторі перевезень або пасажирів у пасажироперевезеннях. До прикладу специфіка роботи пасажирських суден така, що авіакомпаніям необхідно враховувати потреби забезпечення комфорту пасажирів на борту. Якщо у вантажних авіаперевезеннях вантажовідправнику або замовнику важливі лише вартість і швидкість перевезення, а також стан вантажу при перевезенні, то потреби пасажирів набагато ширші та складніші. Задоволеність пасажирів або замовників рейсу наданими послугами з перевезень створює компанії хороші відгуки та репутацію, що в свою чергу, дозволяє залучити цих самих клієнтів до послуг з перевезення ще один раз, а може й більше.

Беручи до уваги неможливість кількісно оцінювати всі необхідні параметри, не повними даними всіх обставин, наявністю фактору випадковості в процесі експлуатації флоту літаків для аналізу його ефективності доцільно використовувати метод експертних оцінок.

Сутність методу експертних оцінок полягає в раціональності експертного аналізу проблеми з кількісним оцінюванням, а також цей метод дозволяє оцінити лише кількісні показники авіакомпанії і опрацювати їх результати [43]. Висновки зроблені на основі загальної думки експертів і є вирішенням проблем.

Способам підвищення ефективності експлуатації флота в в науковій літературі присвячено багато робіт.

Аналіз ефективності експлуатації пасажирських та вантажних повітряних суден - це важкий процес, оснований на оцінці, як кількісних так і якісних показників, характеризуючих роботу повітряного флоту та авіакомпанії в цілому.

З точки зору власника авіакомпанії, критеріями ефективності функціонування флоту є ті складові, які здатні забезпечити постійну технічну готовність заданої кількості суден і безперервного циклу їх функціонування за призначенням при мінімальних затратах [44].

Для пасажирів в якості критерію ефективності виступає здатність компанії надати якісну послугу за привабливу ціну. При цьому кожен пасажир поняття «якісна послуга» розуміє по своєму.

Таким чином, очевидно, що критерії оцінки ефективності експлуатації авіаційного флоту має включати в себе складові для оцінки, як з позиції власника компанії, так і з позиції замовника рейсу або пасажирів.

В результаті аналізу, роботи з колегами та безпосередньо свого персонального досвіду роботи у сфера авіації були визначені наступні критерії оцінки ефективності експлуатації повітряних суден:

1. Технічна складова - відображає виробничу складові флоту авіакомпанії;
2. Сервісна складова – відображає якість послуг, наданих тим чи іншим клієнтам;
3. Організаційно-економічна складова – характеризує економічну ефективність та інвестиційну привабливість;
4. Маркетингова складова – характеризує здатність формувати та підтримувати попит серед клієнтів на послуги з пасажирських або вантажних перевезень;
5. Безпекова складова – характеризує екологічність та загальний технічний стан флоту авіакомпанії, яким здійснюються польоти.

Відомо, що організація та проведення експертизи є складним і довготривалим процесом, що як правило, проводиться групою підготовлених та висококваліфікованих спеціалістів та експертів цієї галузі. Організація і проведення експертизи відбувається в декілька етапів.

На першому етапі, в залежності від цілі експертного завдання, визначається:

- структура експертної групи
- кількість експертів
- індивідуальні якості експертів

В залежності від критеріїв, які належать оцінці, визначаються напрямлення, по яким необхідно або бажано залучити експертів (визначається спеціалізація експертів). Потім по кожному напрямку виділяються підгрупи експертів, визначається кількість експертів в кожній підгрупі, що залежить від конкретної постановки задачі. Далі визначаються завдання до кваліфікації експертів, стажу їх роботи в області цієї галузі та стажу загалом.

Визначити чисельність експертної групи можна на основі використання розглянутих показників математичного або статистичного «прагматичного» підходу.

Частіше всього розрахунки по формулам математичної статистики дають дуже високі значення чисельності експертної групи (деколі більше 100 експертів), тому на практиці можна наполягати або рекомендувати «прагматичний» підхід. Він не настільки теоретично досліджений та обґрунтований як перший, зате його набагато легше реалізувати.

Оцінки чельності групи експертів в цьому випадку можна зробити, керуючись наступними поняттями. Ясно, що чисельність групи не може бути малою, тому в цьому випадку був би втрачений сенс формування експертних оцінок, обумовлених групою спеціалістів. Крім того, на групові експертні оцінки в значаній мірі впливала би оцінка кожного експерта. При збільшені групи експертів ці недоліки зникають, але з'являється небезпека появи нових.

При надто великій кількості експертів оцінка кожного з них окремо майже не впливає на групову оцінку. Причому, ріст чисельності експертної групи, далеко не завжди сприяє збільшенню достовірності оцінок в цілому. Частіше ріст кількості експертів у групі відбувається за рахунок залучення малокваліфікованих спеціалістів, що в свою чергу може призвести лише до зменшення достовірності групових оцінок .

Правила опитування експертів мають ряд настанов, обов'язкових до виконання кожним екпертом. Ці вимоги забезпечують виконання вимог, які задовольняють формування об'єктивних думок та ідей. В число таких умов входять:

- незалежність формування експертами власної думки відносно критеріїв оцінювання;
- зручність роботи з піддослідним анкетами;
- логічна відповідність питань структурі проблеми яку досліджують;
- підходящі витрати часу які потрібні на відповіді по питанням анкети;
- зберігання анонімності під час відповіді на питання;
- проведення колективного обговорення критеріїв які оцінюються;
- надання експертам необхідної інформації.

Робота по відборі спеціалістів, які приймають участь в експертизі, зазвичай починається зі створення компетентних в даній області спеціалістів. Величина групи визначається співвідношенням:  $N_{min} \leq N \leq N_{max}$ .

де  $N_{min}$  – мінімальна кількість експертів, а  $N_{max}$  – максимальна кількість.

Основою для відбору експертів слугують спеціальні методи оцінки їх якостей. При цьому відомо 3 основних методи:

- індивідуальної самооцінки,
- методи групової самооцінки,
- групової оцінки та оцінки на основі результатів діяльності.

Метод індивідуальної самооцінки пропонує те, що кожен експерт, виходячи з рівня кваліфікації, теоретичної підготовки, практичного досвіду і широти кругозору зобов'язаний проставити на основі 10-бальної шкали оцінку своїх знань по кожному n-ному питанню. Метод групової самооцінки пропонує те, що кожен експерт оцінює знання іншого експерта задаючи ті чи інші питання, та навпаки. Метод оцінки на основі результатів діяльності включає в себе відбір спеціалістів по стажу роботи, по вченому званні і степені, по посаді і т.п.

В тих випадках, коли спеціаліст приймає участь в колективній експертизі, його діяльність можна порівняти з діяльністю колег. Для цього приймається критерій

відносної важливості, що визначається як відношення степені надійності даного експерта до середньої надійності деякої групи.

Проведення експертизи заключається в тому, що експерт вирає свою думку у вигляді числа по шкалі, яка йому пропонується. Експертиза завершується отриманими результатами та подальшим їх аналізом.

Роблячи висновок по даному розділу, можна зазначити, що в якості критеріїв проведення оцінки ефективності експлуатації були вибрані 5 критеріїв - технічний, сервісний, організаційно-економічний, маркетинговий та безпековий. Дані критерії відображають ефективність роботи повітряних суден як з позиції оператора або власника, так і з позиції фрахтувальника або пасажера. Застосування експертних оцінок дозволяє дозволяє оцінити важкоформалізовані фактори, котрі мають вплив на експлуатацію повітряних суден. Наявність такої методики вказує на ступінь впливу кожного із приведених критеріїв на ефективність експлуатації в цілому, а також ефективність експлуатації кожного судна з урахуванням коефіцієнту вагомості кожного критерію. Що в свою чергу, дозволяє визначити подальші шляхи вирішення та підвищення ефективності експлуатації повітряних суден в цілому.

## **2.2 – Метод статистичного аналізу в технологіях наземного обслуговування повітряних суден**

Авіаційний транспорт – найшвидкісний вид транспорту. Основна сфера застосування авіаційного транспорту – пасажирські перевезення на відстань більше тисячі кілометрів. Також здійснюються і вантажні перевезення, але їх частка дуже мала. В основному авіатранспортом перевозять швидкопсувні продукти й особливо цінні вантажі, а також пошту. Аеропорти України щорічно нарощують міжнародні пасажиропотоки. У зв'язку з цим постає потреба в національній системі статистичних показників авіаційного транспорту, методологічно узгодженій з міжнародною системою. Для цього Європейська комісія Організації Об'єднаних Націй (ЄЕК ООН), Європейська конференція міністрів транспорту та Євростат



підготували та періодично актуалізують Глосарій зі статистики транспорту, який ураховує останні європейські нормативні акти, а також визначення, які використовуються в рамках відповідних міжнародних організацій, зокрема Міжнародної організації цивільної авіації.

В Україні державна політика в галузі авіаційного транспорту визначається Верховною Радою відповідно до Конституції України і здійснюється органами державної виконавчої влади й органами місцевого самоврядування. Для оцінки ефективності політики у цій галузі здійснюється державний контроль за діяльністю авіаційних підприємств і аеропортів, що надають послуги з перевезення вантажів, пошти та пасажирів, приймання й відправлення вантажів, пошти та пасажирів в аеропортах. Відповідно національна статистика авіаційного транспорту забезпечує потреби міжнародного та національного моніторингу розвитку цієї галузі.

При організації державного статистичного спостереження та збиранні адміністративних даних в Україні визначаються такі види перевезень:

- регулярне повітряне перевезення;
- нерегулярне повітряне перевезення.

До системи показників статистики авіаційного транспорту включено показники щодо кількості літаків і вертольотів; обсягів виконаної роботи на регулярних і нерегулярних комерційних польотах – кількості перевезених вантажів, пошти і пасажирів, вантажообороту й пасажирообороту; кількості відправлених (прийнятих) вантажів, пошти та пасажирів в аеропортах; застосування авіації в галузях економіки.

У процесі виробництва та поширення даних зі статистики авіаційного транспорту використовуються такі класифікації. Для визначення та групування підприємств авіаційного транспорту за типом та як одиниць статистичних спостережень використовується поняття виду економічної діяльності. Код виду економічної діяльності є одним з основних показників стратифікації сукупності для організації суцільних або вибіркового обстежень. На основі визначення виду економічної діяльності здійснюється облік підприємств авіаційного транспорту в Реєстрі статистичних одиниць (РСО). Для групування підприємств авіаційного

транспорту за видами економічної діяльності використовується Класифікація видів економічної діяльності (КВЕД).

Крім того, при групуванні й обробленні результатів статистичного спостереження використовується Класифікатор об'єктів адміністративно-територіального устрою України (КОАТУУ). Ця класифікація дозволяє здійснити розподілення результатів статистичного спостереження за територіальною ознакою.

Використання стандартних класифікацій забезпечує можливість узагальнення даних для національних потреб і проведення міжнародних устрою України (КОАТУУ).

Ця класифікація дозволяє здійснити розподілення результатів статистичного спостереження за територіальною ознакою. Використання стандартних класифікацій забезпечує можливість узагальнення даних для національних потреб і проведення міжнародних порівнянь. Класифікації виступають як багатоцільова система, призначена для полегшення аналізу політики в галузі авіаційного транспорту та прийняття рішень.

Для формування сукупностей звітних одиниць для організації державного статистичного спостереження зі статистики авіаційного транспорту використовуються записи РСО. Сформовані сукупності звітних одиниць узгоджуються з адміністративними реєстрами ліцензіатів Міністерства інфраструктури України. Формування сукупностей звітних одиниць здійснюється на рівні Державного комітету статистики за встановленими критеріями для відбору.

Документами первинного обліку, які є підставою для складання звітів за формою державного статистичного спостереження № 51-ца (місячна) "Звіт про основні показники роботи авіаційного підприємства", є: багажна квитанція - частина квитка, що засвідчує прийняття до перевезення зареєстрованого багажу; електронний квиток - електронний документ, що включає маршрутквитанцію, видану авіаперевізником або від імені авіаперевізника, електронні купони та у разі використання документ для посадки; електронний купон - частина електронного

квитка, яка використовується для перевезення на відповідному рейсі, або інший документ, який його замінює, що зберігається в базі даних автоматизованої системи бронювання перевізника; єдиний міжнародний перевізний документ - документ, що підтверджує міжнародний характер авіаційного перевезення в разі його виконання за межі митної території України.

Єдиним міжнародним перевізним документом є Генеральна декларація, належним чином оформлена експлуатантом відповідно до Доповнення 1 до Додатка 9 до Конвенції про міжнародну цивільну авіацію; квиток (пасажирський квиток і багажна квитанція) - виданий перевізником (його агентом) документ, у тому числі електронний, який містить умови договору перевезення, повідомлення, польотні та пасажирські купони; транспортна накладна (авіаційна вантажна накладна) - оформлений вантажовідправником чи від його імені документ, у тому числі його електронний аналог (у разі застосування), який засвідчує укладення договору про перевезення і прийняття вантажу до перевезення на умовах, визначених у такому договорі.

Формування сукупності звітних одиниць державного статистичного спостереження зі статистики авіаційного транспорту здійснюється на центральному рівні щорічно.

Джерелами інформації для формування сукупності звітних одиниць є РСО й адміністративні реєстри. До генеральної сукупності звітних одиниць уключають об'єкти державного статистичного спостереження, які мають такі ідентифікаційні та класифікаційні ознаки:

Таблиця 2.1

<i>№ п/п</i>	<i>Критерій формування генеральної сукупності</i>	<i>Класифікації</i>	<i>Ознака критеріїв формування</i>
1.	Тип статистичної одиниці	Довідник типів статистичних одиниць	підприємство
2.	Вид економічної діяльності	КВЕД (2005) КВЕД (2010)	62.10.1; 62.10.2; 62.20.1; 62.20.2; 63.23.0 (51.10; 51.21; 52.23 – КВЕД 2010)
3.	Розмір підприємства	Довідник ознак розміру підприємств	незалежно від розміру
4.	Ознака економічної діяльності	x	активне

Формування генеральної сукупності звітних одиниць здійснюють відповідно до цих методологічних положень. За кожним об'єктом у вигляді таблиці відбирають такі ознаки:

- 1) ідентифікаційний код ЄДРПОУ;
- 2) код КОАТУУ;
- 3) код КВЕД;
- 4) назва й адреса місцезнаходження.

Державне статистичне спостереження зі статистики авіаційного транспорту є суцільним, тому генеральна сукупність у повному обсязі складає список звітних одиниць цього спостереження. Сформована сукупність звітних одиниць за формою № 51-ца (місячна) "Звіт про основні показники роботи авіаційного підприємства" узгоджується з адміністративним реєстром ліцензіатів Міністерства інфраструктури України.

Сукупність звітних одиниць державного статистичного спостереження зі статистики авіаційного транспорту не узгоджують із сукупностями за іншими формами державних статистичних спостережень.

Звіти за формою № 51-ца (місячна) "Звіт про основні показники роботи авіаційного підприємства" складають аеропорти, авіаперевізники, які виконують відправлення, транспортування пасажирів (вантажів, пошти) власним і орендованим парком повітряних суден. Звіти подаються на паперових носіях органу державної статистики за місцезнаходженням респондентів у термін, визначений на бланку форми. Якщо респонденти подають зазначену форму як електронний звіт, вони здійснюють її подання органам державної статистики відповідно до встановленого порядку.

Під час отримання від респондента зазначеної форми державного статистичного спостереження органи державної статистики здійснюють попередню візуальну перевірку звіту, після чого вводять звіт до відповідного комплексу електронної обробки статистичної інформації, за допомогою якого проводять арифметичний і логічний аналіз як первинних, так і зведених даних, та передають опрацьовану інформацію на вищий рівень розробки.

Результати державного статистичного спостереження зі статистики авіаційного транспорту за формою № 51-ца формують у таких обсягах і розрізах:

- на регіональному рівні: зведена інформація по всіх показниках, включених до форми № 51-ца, за видами перевезень (регулярними рейсами і нерегулярними рейсами) за регіоном у цілому, а також у розрізі видів економічної діяльності;
- на державному рівні: зведена інформація по всіх показниках, включених до форми № 51-ца за видами перевезень (регулярними рейсами і нерегулярними рейсами) по країні в цілому й у розрізі регіонів.

Схема етапів проведення державного статистичного спостереження зі статистики авіаційного транспорту наведена в додатку 1.

За результатами розробки даних за формою державного статистичного спостереження зі статистики авіаційного транспорту створюють архів і часові ряди даних з метою їх збереження.

При поширенні даних серед користувачів здійснюють контроль за дотриманням правил конфіденційності даних.

Для підготовки всеохоплюючої, узагальненої інформації щодо функціонування авіаційного транспорту відповідно до статті 1 Закону України "Про державну статистику" в інформаційно-публікаційній роботі використовуються адміністративні дані Міністерства інфраструктури України та Адміністрації Державної прикордонної служби України.

Міністерство інфраструктури України, відповідно до законодавства та з метою виконання адміністративних обов'язків та завдань, віднесених до його компетенції, здійснює узагальнення на основі вантажних митних декларацій інформації щодо транспортних вантажопотоків через державний кордон – експортних, імпорتنих і транзитних, відслідковує вантажо- та пасажиропотоки в аеропортах України, обсяги виконаної вантажної та пасажирської роботи авіакомпаніями України, застосування авіації в інших галузях економіки, використання повітряного простору України літаками і вертольотами цивільної авіації, веде облік парку повітряних суден.

Адміністрація Державної прикордонної служби України, відповідно до законодавства та з метою виконання адміністративних обов'язків та завдань, віднесених до її компетенції, проводить облік пропуску осіб (громадян України та іноземних громадян) і транспортних засобів (зокрема, повітряних суден) через державний кордон України за ділянками кордону, у т.ч. повітряною.

### **2.3 Математичне моделювання процесів оперативного обслуговування літаків**

Аналіз існуючих математичних моделей процесів технічної експлуатації (ПТЕ) повітряних суден (ПС) показує, що основні закономірності ПТЕ виявляються на основі статистичної інформації, зібраної в експлуатаційних підприємствах.

У цих моделях ПТЕ описується напівмарковським процесом з кінцевим числом станів відповідно до теорії марковських процесів, а стан напівмарковського процесу трактується як стан літака. У кожен момент часу напівмарковського процесу, як і літак, може перебувати в одному і тільки одному стані. Загальна тривалість перебування літака в кожному стані  $I$  є випадковою величиною, підпорядкованою відомому закону розподілу з кінцевим середнім значенням. У момент закінчення перебування в даному стані процес миттєво переходить в інший стан, причому перехід в конкретний стан здійснюється з певною ймовірністю [45]. Таким чином, відбувається функціонування процесу. Нас цікавлять показники цього процесу, а саме стаціонарні ймовірності станів. Вони показують частку часу, протягом якого літак знаходиться в кожному з станів.

В результаті аналізу станів і переходів ПТЕ ПС визначається розподіл фонду часу по станах процесу технічної експлуатації і основні показники його ефективності. Аналіз впливу організаційних і технічних факторів на ефективність ПТЕ ПС за звітний період оцінюється за відносними показниками, які представляють собою відношення показника за звітний період до базового показника. Аналіз зміни рівня ефективності ПТЕ ПС дозволяє встановити ступінь впливу окремих станів процесу технічної експлуатації. При цьому виділяються так звані домінуючі стани і приймаються відповідні рішення.

Можна стверджувати, що описана вище модель є аналітичною, оскільки вона має явне рішення. Модель дозволяє оцінювати вплив різних заходів щодо вдосконалення ПТЕ процесу технічної експлуатації літаків на зміну значень  $P_i$ , тобто на зміну розподілу наявного фонду часу літака між станами. Ці заходи відображаються в моделі шляхом зміни середніх часів в станах і ймовірностей переходів між станами.

Як показує практика моделювання в сучасних умовах, перспективним є застосування агрегативного підходу при розробці математичних моделей. Агрегативного моделі дозволяють описати досліджуваний процес з відображенням системного характеру цього процесу. Саме при агрегативного описі процес як система розчленовується на кінцеве число підсистем, зберігаючи при цьому зв'язку, що забезпечують взаємодію частин.

У даній роботі при побудові математичної моделі ПТЕ ПС пропонується використовувати так званий узагальнений (універсальний) підхід, який використовує поняття агрегативної системи. В цьому випадку досліджуваний процес представляється у вигляді взаємодіючих окремих агрегатів, тобто А-схеми (рис. 2.2). Подання процесу моделювання в вигляді А-схеми є тим фундаментом, на якому базується побудова імітаційної моделі і її зовнішнього і внутрішнього математичного забезпечення.

Відповідно до рекомендацій [46] виділяються три етапи моделювання: побудова концептуальної моделі, її формалізація; алгоритмізація моделі і її машинна реалізація; отримання та інтерпретація результатів моделювання. Концептуальну модель можна представити у вигляді узагальненої блок-схеми, представленої на рис. 2.1.

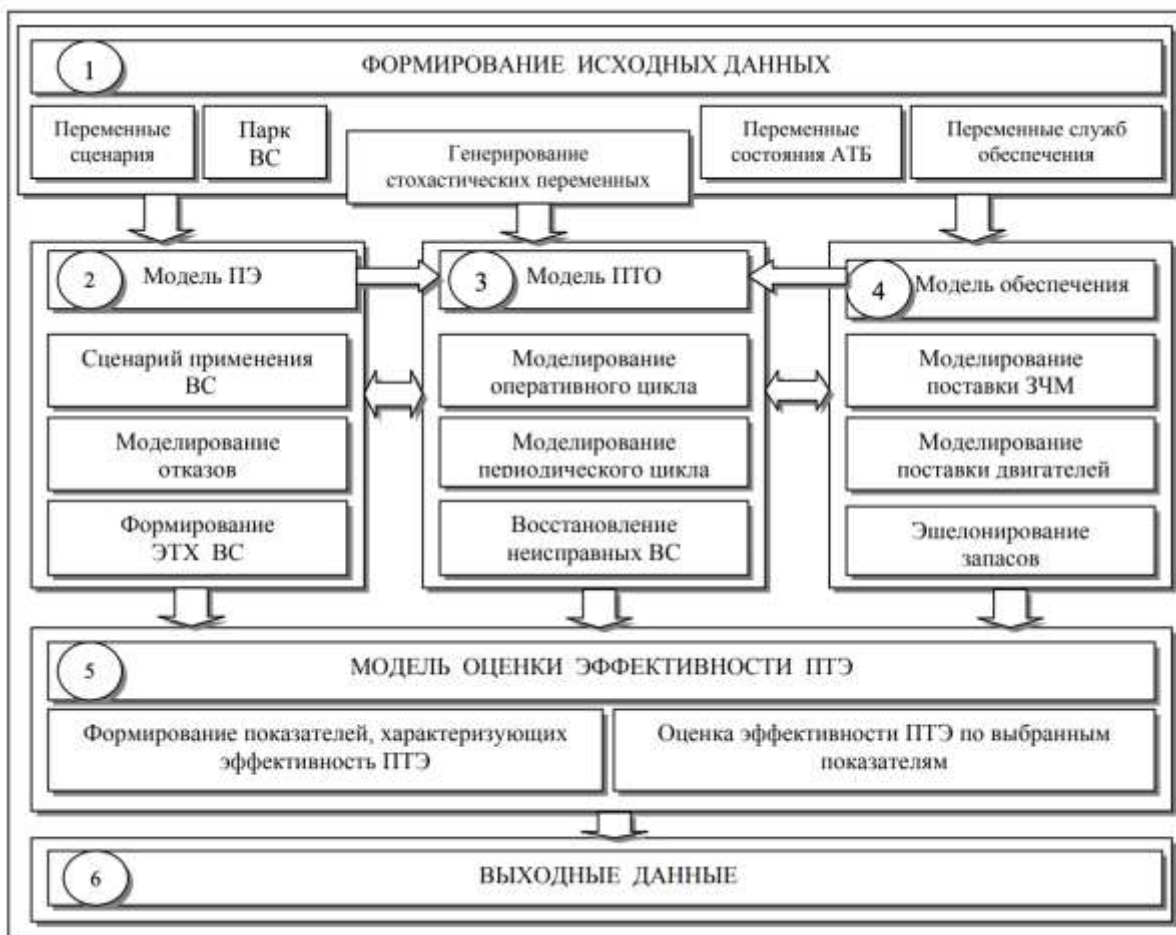


Рис. 2.1. Загальна блок схема моделі

Дана модель має блочну структуру, що складається з 6-ти взаємопов'язаних блоків. У блоці 1 зберігаються вихідні дані. У цьому блоці ряд параметрів задаються характеристичними функціями.

Таблиця 2.2

Назва	Значення	Параметр	Розм.
Число літаків облікового парку авіакомпанії	$K$	var	ед.
Середній річний наліт на списковий літак	$T_{ГСС}$	var	ч
Середня тривалість безпосадочного польоту	$\bar{t}_{БП}$	var	ч
Середній час підготовки ПС до польоту	$t_E$	стох	ч
Трудовитрати на підготовку ПС до польоту	$T_E$	стох	чел.- ч
Кількість каналів при підготовці до польоту	$N_E$	var	ед.
Середній наліт на відмову, на землі і в повітрі	$T_C$	var	ч
Середній час усунення відмов	$t_{УН}$	стох	ч
Трудовитрати на усунення відмов	$T_{УН}$	стох	чел.- ч
Кількість каналів при усуненні несправностей	$N_{УН}$	var	ед.
Середнє напрацювання на достроковий з'їм двигуна	$T_{ДСД}$	var	ч
Середній час заміни двигуна	$t_{ЗАМ.ДВ}$	стох	ч
Трудовитрати на заміну двигуна	$T_{ЗАМ.ДВ}$	стох	чел.- ч
Періодичність виконання форми Б	$\tau_B$	var	сут.



## Продовження таблиці 2.2

Середній час виконання робіт за формою Б	$t_b$	стох	ч
Трудовитрати на виконання робіт по формі Б	$T_b$	стох	чел.- ч
Кількість каналів за оперативною формі ТБ	$N_b$	var	ед.
Періодичність виконання Ф1	$\tau_{\Phi 1}$	var	ч
Середній час виконання робіт за формою Ф1	$t_{\Phi 1}$	стох	ч
Трудовитрати на виконання робіт по формі Ф1	$T_{\Phi 1}$	стох	чел.- ч
Кількість каналів по періодичної формі Ф1	$N_{\Phi 1}$	var	ед.
Періодичність виконання Ф2	$\tau_{\Phi 2}$	var	ч.
Середній час виконання робіт за формою Ф2	$t_{\Phi 2}$	стох	ч
Трудовитрати на виконання робіт по формі Ф2	$T_{\Phi 2}$	стох	чел.- ч
Кількість каналів по періодичної формі Ф2	$N_{\Phi 2}$	var	ед.
Періодичність виконання Ф3	$\tau_{\Phi 3}$	var	ч
Середній час виконання робіт за формою Ф3	$t_{\Phi 3}$	стох	ч
Трудовитрати на виконання робіт по формі Ф3	$T_{\Phi 3}$	стох	чел.- ч
Кількість каналів по періодичної формі Ф3	$N_{\Phi 3}$	var	ед.
Середній час виконання робіт по Д і Ж	$t_{ДЖ}$	стох	ч
Середній час знаходження в резерві	$t_{PE3}$	стох	ч

У блоці 2 реалізується вибір і формування сценарію застосування ВС. У блоці 3 виробляються такі обчислювальні процедури: оцінка стану парку ПС в ході експлуатації; оцінка трудомісткості і потрібного часу виконання робіт на ПС. Блок 3 знаходиться в тісному взаємозв'язку з блоками 2 і 4. Блок 4 реалізує вибір і формування сценарію поставки запасних частин і авіадвигунів. Блок 5 представлений обчислювальними процедурами по оцінкою показників ефективності ПТЕ парку ВС. У блоці 6 проводиться зберігання вихідний інформації, а також реалізуються процедури виведення на друк результатів розрахунку. Крім того, в блоці 1 формуються варійовані і стохастичні параметри (табл. 2.2).

Формалізація моделі здійснюється з урахуванням рекомендацій [47]. Розглядається замкнута Агрегативна система, процес функціонування якої описується математичним апаратом для мережі масового обслуговування. Обрану А-схему (рис. 2.2) можна визначити як ланка при переході від концептуального до формального опису процесу функціонування системи з урахуванням впливу зовнішнього середовища. Таким чином, має місце ланцюжок (Концептуальна модель - математична схема - математична модель [48]).

Мережа складається з  $M$  агрегатів (вузлів), між якими циркулює До вимог (самолетів) відповідно до наступних правил. Залишаючи вузол  $i$ , літак з ймовірністю  $P_{ij}$  направляється в вузол  $j$  з інтенсивністю  $\lambda_{ij}$ . Потрапляючи в новий вузол, літак знаходиться там випадковий час, який залежить як від номера вузла, так і від числа літаків, що скупчилися в цьому вузлі. Сам процес перебування літака в окремому вузлі розглядається як процес масового обслуговування. Передбачається, що в  $i$ -му вузлі є  $s_i$  обслуговуючих приладів. Якщо в момент попадання в  $i$ -й вузол літак застає там хоча б один обслуговуючий прилад вільним, то він одразу ж береться на обслуговування. Якщо всі обслуговуючі прилади в цьому вузлі вже зайняті, то літак очікує обслуговування в загальній черзі до тих пір, поки який небудь з обслуговуючих приладів не звільниться. Один прилад може обслуговувати одночасно тільки один літак. Тривалість обслуговування передбачається експоненціально розподіленої випадкової величиною.

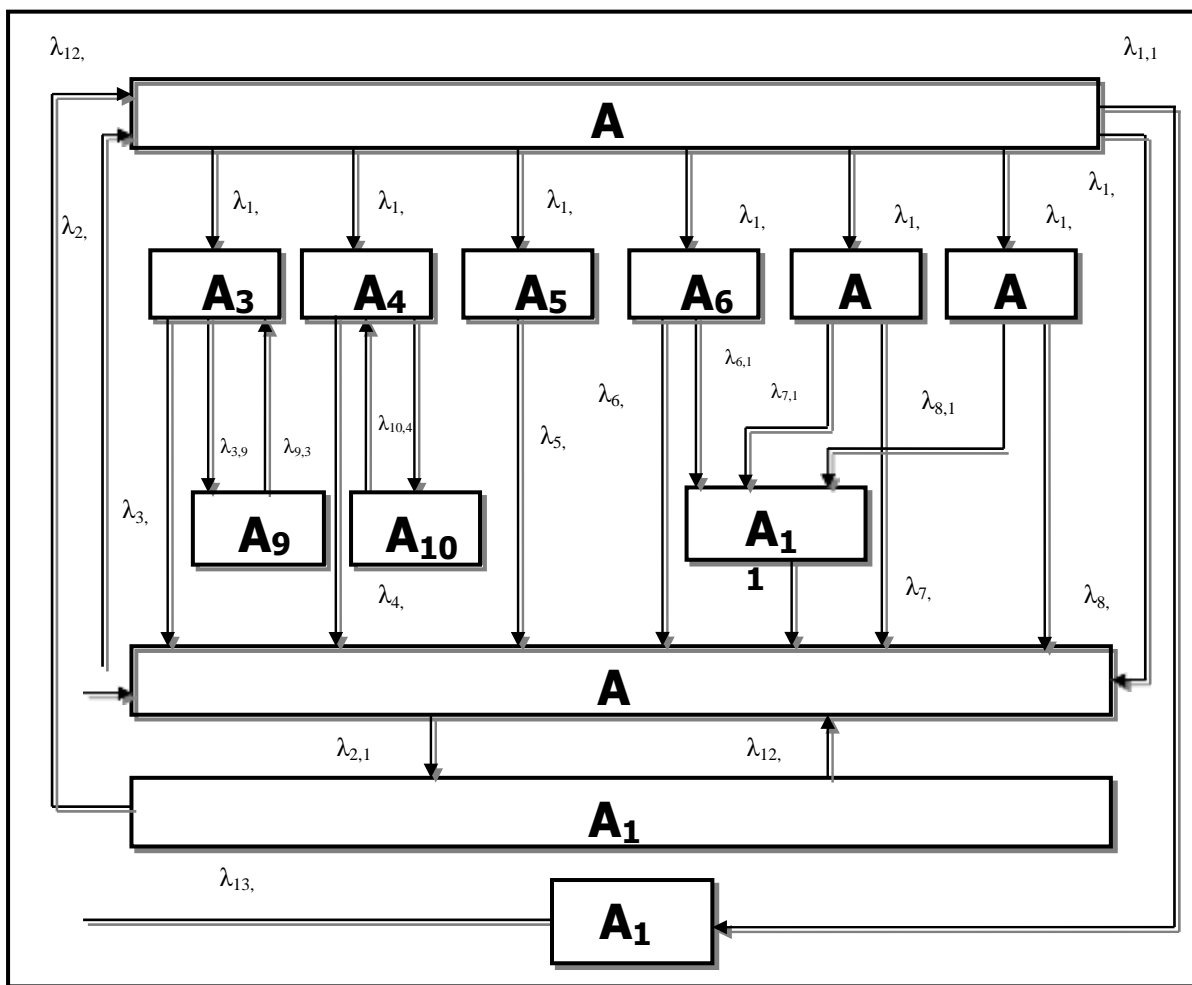


Рис. 2.2. Агрегатна модель стану парку ПС

Інтенсивність обслуговування літаків в вузла залежить від того, скільки літаків в ньому накопичилося. Якщо в  $i$ -му вузлі знаходиться  $v_i$  літаків, то сумарна інтенсивність їх обслуговування буде  $b_i(v_i)$ . Після закінчення обслуговування літак з інтенсивністю  $\lambda_{ij}$  переходить в інший стан (вузол) з ймовірністю  $p_{ij}$ . Далі процес повторюється аналогічним чином. Необхідно відзначити, що стану очікування обслуговування в моделі будуть формуватися в відповідних вузлах автоматично, оскільки кожний вузол імітує процес масового обслуговування, що включає очікування в черзі на обслуговування. Основний результат роботи моделі - отримання наявного фонду часу парку літаків, що припадає на його перебування в розглянутих станах. Частка часу перебування літака в  $i$ -му стані складається з частки часу очікування початку обслуговування в цьому стані  $\xi_i$  і обслуговування  $z_i$ . Виходячи з фізичного змісту введених величин, можна записати співвідношення:

$$p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_m = 1 \quad \text{та} \quad v_1 + v_2 + v_3 + \dots + v_m = K. \quad (2.1)$$

Математичний апарат, який описує поведінку даної моделі, являє собою систему диференціальних рівнянь Колмогорова. Система диференціальних рівнянням ний вирішується методом Ейлера, при цьому в початковий момент часу ( $t = 0$ ) ймовірності знаходження ВС в кожному стані дорівнюють нулю, а  $P_{12}(0) = 1$ .

Середнє число ПС, яке знаходиться в кожному стані в будь який момент часу, знаходиться по виразу:

$$v_i = \sum_{v_i=0}^K K \cdot p_i(v), \quad (2.2)$$

Де  $p_i(v)$  - ймовірність знаходження в  $i$ -му стані  $v$  літаків;  $K$  - спискова чисельність ПС авіакомпанії. Середнє число літаків, які очікують початку обслуговування в черзі в  $i$ -му стані:

$$v_{i_{\text{юч}}} = \sum_{v=S_i+1}^K (v-s_i) p_i(v). \quad (2.3)$$

Результати моделювання представлені у вигляді показників ефективності ПТЕ [47; 48]:

- $K_i$  - коефіцієнт використання ЗС за призначенням;
- $K_g$  - коефіцієнт готовності;
- $K_p$  - питома сумарна тривалість технічного обслуговування;
- $K_{\text{випр}}$  - коефіцієнт справності ВС;
- $K_t$  - питома сумарна трудомісткість технічного обслуговування.

## 2.4 Висновки по розділу

Таким чином, стандартна форма подання досліджуваного об'єкта у вигляді А-схеми призводить до уніфікації не тільки алгоритму імітації, а й до можливості застосовувати стандартні методи обробки та аналізу результатів моделювання системи, тобто використовувати метод статистичних випробувань. Розроблена комплексна модель може бути реалізована на ПЕОМ (ІВМ РС) за допомогою мови Compaq VISIUAL FORTRAN - 6,6.

## РОЗДІЛ 3

### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗА ТЕМОЮ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

#### 3.1. – Постановка задачі дослідження

Головною проблемою оперативного планування у галузі авіаперевезень є те, як організувати вантаж у літаку для безпечного та прибуткового польоту. Тому складну головоломку планування потрібно вирішувати для кожного польоту. Крім своєї складності, сьогодні планування в основному проводиться вручну, що є трудомістким процесом з невизначеною якістю рішення. Література, присвячена проблемам завантаження в контексті авіаперевезень, є дефіцитною. Усі представлені моделі зосереджені лише на певних аспектах того, що на практиці є більшою проблемою планування. Крім того, деякі практичні аспекти не висвітлюються в літературі.

Вантажні авіакомпанії можуть отримати значний прибуток від застосування розроблених підходів у своїй оперативній практиці. Крім того, можна значно скоротити витрати на планування навантаження, зусилля з обробки та експлуатацію літаків.

У цьому розділі ми розробили веб-додаток для виконання довгострокового прогнозування на основі аналізу історичних даних, а потім — оперативного планування навантаження з математичною оптимізацією. Прогнозування має важливе значення, оскільки дані допоможуть авіакомпанії скласти довгострокові контракти та визначити розподіл коштів.

Планування вантажу, з іншого боку, призначене для оперативного планування того, як ULD (Unit Load Devices – повітряні вантажні контейнери/піддони) завантажуються в літаки. Зазвичай цей процес виконується приблизно за 2 години до відправлення, коли є всі деталі вантажу. Тому

продуктивність програми має вирішальне значення. Планування навантаження було виконано за допомогою MATLAB і Mosek.

Однією з головних цілей цього розділу системи аналізу та плану завантаження вантажу (CLPA) є дослідження, як можна покращити коефіцієнт завантаження вантажу та пошти [49] за допомогою математичної оптимізації. Очевидно, що підвищення коефіцієнта навантаження безпосередньо вплине на ефективність бізнесу. Для авіавантажів багато факторів і сторін можуть впливати на коефіцієнт завантаження вантажу. Починаючи від продажів – як розподіляються їх розподіли на різні порти/станції, умови довгострокових агентських контрактів, суми бронювань – усі ці рішення впливають як на завантаження вантажів, так і, головне, на дохід від вантажу. Після того, як вантаж прибуває в аеропорт, ефективність того, як персонал збирає попередньо упаковані контейнери, як вони ставлять товари в чергу, щоб заповнити контейнер, як вони допомагають упакувати товари в ULD, все це впливає на використання контейнерів [50].

Далі Відділ Cargo Space Division допомагає планувати, який контейнер слід завантажити. Відомі ваги всіх контейнерів, що надходять у літак. Cargo Space використовує цей список контейнерів, щоб визначити пріоритети та спосіб завантаження вантажу. Розглядаються обмеження, що стосуються транзитних вантажів і наділів. Ці обмеження іноді можуть призвести до недостатнього завантаження літаків. Останньою стороною, яка бере участь у цьому процесі завантаження вантажу, є Відділ контролю вантажу. Вони здійснюють балансування навантаження літака. У деяких випадках може знадобитися розвантаження контейнерів, що призведе до недостатнього завантаження.

Мета — розробити програмне забезпечення, яке допоможе оцінити фактичне використання польотів від відділу продажу вантажів до відділу контролю вантажного простору.

Система CLPA – це система підтримки прийняття рішень, яку можна використовувати для оцінки минулих історичних даних про використання вантажного простору, щоб планувати довгострокові стратегії збуту вантажів, такі

як розподіл вантажу, сума контракту з вантажними агентами та рейтинг вантажу. CLPA також використовуватиметься під час операцій для формування плану навантаження з використанням даних бронювання для оптимізації простору. На поточному етапі проекту CLPA тестується лише для планування вантажного навантаження пасажирських літаків.

Існує багато підходів до вирішення проблеми завантаження вантажу. Ми порівнюємо кілька популярних підходів, а потім пояснимо наш підхід. Без комп'ютерних систем авіакомпаніям доводиться покладатися на людський досвід для планування вантажу. На жаль, якість плану навантаження значною мірою залежатиме від досвіду чергового [51]. Для простих випадків [52] якість плану насправді не вплинула. Однак із збільшенням ваги та об'єму, яке необхідно перевозити, завдання стає дедалі складнішим.

### **3.2 Евристичні методи завантаження вантажів**

Одним комп'ютеризованим підходом є використання евристичних методів. Це може створити досить гарне рішення за короткий час. Larsen and Mikkelsen [53] та Amiouny et al. запропонували евристичні підходи для визначення можливого плану навантаження для окремого літака. Ларсен і Міккельсен [54] розробили інтерактивну комп'ютерну процедуру для вирішення варіанта проблеми завантаження транспортного засобу, що виникає при завантаженні контейнерів і піддонів у літак. Він використовував дві евристики, що стосуються стабільності ґрунту, комбінованих обмежень навантаження, обмежень положення та місткості відсіку та балансу.

Amiouny та ін. [55] представив підхід до одновимірної задачі навантаження, де обмеження полягає в балансуванні навколо середини літака. Це стосується наступних випадків: (а) усі дані контейнери мають бути завантажені; (б) контейнери повинні бути розміщені на одновимірному трюмі. Розглянутою проблемою було перевезення вантажу, який повинен бути повністю завантажений, у визначеній пріоритетній послідовності (через гілки та зв'язки – з урахуванням

досвіду висококваліфікованих вантажників.) Мартін-Вега, Луїзіана [56] в основному зосереджений на створенні реального плану а не оптимальний. Це вважалося процесом з домінуванням вручну. Евристичний метод включає досвідчений наземний персонал, який намагається отримати прийнятне навантаження (задовольнити вищезазначені обмеження) шляхом ручного процесу проб і помилок без максимізації.

Клайв Томас, Кевін Кемпбелл, Гейл Хайнс, Майкл Рейсер для Federal Express [57] розробили евристичний метод (з розгалуженням і прив'язкою) для завантаження контейнерів у місця на літаку, щоб вирішити переваги завантаження та підтримувати обмеження доцільності – визначити можливе пакування що мінімізує непродуктивний час. Час є вирішальним фактором для нічних кур'єрів, таких як Federal Express. Їх наземні екіпажі зазвичай починають пакувати літаки ще до прибуття всіх контейнерів. Однак це припущення може не застосовуватися до авіакомпаній. Перш ніж прибути всі контейнери, наземний екіпаж авіакомпанії повинен завантажити багажні контейнери, поштові контейнери та контейнери з бажаним розташуванням (наприклад, передані контейнери вивантажуються на наступному етапі). Крім того, в Гонконзі відстань від зони пакування контейнерів до літака короткий. Тому ми припускаємо, що контейнери без бажаної позиції не будуть попередньо завантажені до того, як буде видано план завантаження.

Крім того, це стосується завантаження більш легких і економічних літаків. Таким чином, не існує статичного обмеження ваги, яка повинна бути розміщена в кожній вантажній зоні: межі зони ваги є ступінчасто-лінійною функцією центру ваги. Це дає нелінійні обмеження на положення центру ваги. Щоб уникнути проблеми з цілочисельним нелінійним програмуванням, вони припустили, у підзадачі фази 1, що список контейнерів для завантаження, знову ж таки, відомий апріорі. Цю підпроблему фази 1 потрібно вирішувати неодноразово після видалення контейнерів зі списку, доки не буде знайдено доцільне упакування. Евристичний метод, який вони представили, використовував інтерфейс електронної таблиці, щоб знайти рішення, яке задовольняє обмеження (замість максимізації завантаженої ваги). Якщо неможливо вирішити проблему на етапі 1,



наземна бригада повинна вибрати один або кілька контейнерів для видалення з набору (і повторити етап 1). Обмеження бажаних позицій потім були додані на етапі 2. Такі обмеження були рекурсивно видалені, доки не було знайдено можливий план навантаження.

За словами Уве Х. Зула та Ліни М. Сухо, для вирішення проблем планування авіакомпаній і флоту за допомогою змішаного цілочисельного програмування вони запропонували такі евристичні алгоритми:

- Першим прийшов – першим вийшов (FIFO): літак, який прибув першим, вилетить першим

- Останнім прибув першим (LIFO): літак, який прибув останнім, вилетить першим

- Першим найкращим (BF): виберіть рейс із доступних (ще не запланованих) рейсів, які може летіти літаком з найкоротшим часом стояння.

Заявлені ними евристики також можна застосувати до планування навантаження:

- Першим прибув, першим вийшов (FIFO): заповнений контейнер, який прибув першим, покине перший

- Останнім прибув- першим вийшов (LIFO): заповнений контейнер, який прибув останнім, піде першим

- Best-first (BF): виберіть заповнений контейнер із доступного (ще не запланованого) списку, який високий пріоритет контейнера завантажувється першим.

FIFO і LIFO використовуються, коли час є основним обмеженням завантаження і всі є «експресними» товарами, тоді як простір є фактором низької вартості. Однак ці евристики не можна було застосувати до авіакомпаній, оскільки простір дорогий. Крім того, запропонований вище метод найкращий перший ігнорує фактори центру ваги та балансування навантаження.

Марсель Монжо та Крістіан Бес [58] розглянули проблему завантаження вантажу та балансування навантаження з метою мінімізації споживання палива та задоволення вимог стабільності та безпеки. Їх методологія формулювання вирішила цю проблему протягом 10 хвилин за допомогою стандартного програмного забезпечення для цілочисельного лінійного програмування.

З огляду на перелік контейнерів з їх відповідною вагою та об'ємом, підмножина контейнерів має бути приписана кінцевій кількості можливих місць розташування контейнерів (також наведених для конкретного літака, що розглядається) у вантажних трюмах. Оптимізовано дві наступні цілі:

1. Має бути завантажена якомога більше ваги - для авіакомпаній дохід від фрахту, як правило, пов'язаний із завантаженою вагою, а не з обсягом.

2. Отриманий центр ваги літака повинен бути якомога далі позаду - щоб мінімізувати витрату палива, але не за межею, встановленої вимогами стійкості.

У математичну формулу були включені різні обмеження, як-от структурні обмеження, включаючи об'єм відсіку та вагу відсіку, а також загальну максимальну вагу літака після завантаження. Допустима загальна вага залежить від ваги порожнього літака плюс пасажирів, палива та наливного вантажу. Наприклад, певну підмножину списку контейнерів можна вказати для завантаження. Крім того, деякі задані контейнери, для яких можна обмежити, будуть розміщені в деяких визначених відсіках. Інші обмеження, які можна легко змодельовати, включають вимогу, щоб деякі контейнери, вже завантажені наземним екіпажем, не переміщувалися, щоб пришвидшити виліт літака (де час є критичним фактором).

Цілеспрямовано використовувати формулювання математичного програмування для вирішення питання завантаження контейнерів літака – вирішується оптимальністю, а не евристичним методом. На відміну від припущень, зроблених ними, вони не припускали, що контейнери, які завантажуються, відомі апріорі. Система визначає, які контейнери потрібно завантажити, а які залишити на землі для наступного польоту.

Ми вирішили також використовувати алгоритм оптимізації, оскільки він враховує всі фактори, які впливають на планування навантаження, тобто ефективно використання простору та балансування навантаження, центр ваги тощо, щоб створити найкращий план навантаження. Усі фактори включаються за допомогою цілочисельного програмування для визначення оптимального плану навантаження – мінімізація залишкової ємності (недовантаження).

- Вага пасажирів і палива можуть бути змінені в остаточному рішенні. Для авіакомпанії кількість і вага пасажирів є критичними факторами, що впливають на план навантаження. Тому обмеження, що стосуються ваги пасажирів і палива, розділені в нашій моделі.

- Зосередьтеся на мінімізації недостатнього навантаження, а не на максимізації загального навантаження.

- Перелічує ідентифікатор контейнера, його розташування та вибрану конфігурацію (наприклад, 4 контейнери 1 піддон) і створює аркуш плану завантаження.

- Наша система призначає пріоритет різним вантажам. Такі вантажі, як експрес-вантаж, підтвержене бронювання тощо, повинні мати вищий пріоритет.

- У Гонконгу концепції трюму та відсіку, запропоновані [59], відрізняються. Наша система використовує дані локального трюму та відсіку.

### **3.3 Алгоритм оптимізації**

Система CLPA спрямована на мінімізацію залишкового навантаження (тобто недовантаження) – Mrs. Використовується лінійна програмна модель, подібна до [3]. Система має такі вхідні дані:

$N_{cont}$  - кількість контейнерів у списку (з пріоритетом);

$N_{comp}$  - кількість відсіків;

$N_{hold}$  - кількість утримувачів;

$H_k$   $H_k$  - ( $\subseteq \{1,2,\dots, N_{hold}\}$ ) є трюми у відсіку  $k$  ( $k = 1,2,\dots, N_{comp}$ );

$M_a$  - маса літака (до навантаження);

$M(x)$  - маса завантаженого вантажу;

$M_{res}$  - маса залишкового (тобто недовантаженого);

$M_i$  - маса контейнера  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, N_{cont}$ );

$M_{рах}$  - маса загальної кількості пасажирів літака;

$M_{fuel}$  - маса палива, що впорскується в літак;

$M_{misc}$  - маса інших різноманітних предметів (наприклад: пошта, багаж тощо);

$M_{max}$  - маса вантажу, яку можна завантажити у відсік  $k$  ( $k = 1, 2, \dots, N$  відсік);

Крім того, ми також маємо таку інформацію, надану виробниками літаків:

1. Розміри та вага кожного з наведених  $N$  контейнерів

2. Усі можливі місця розташування контейнерів у вантажних трюмах

3. Дана підмножина  $I$  списку контейнерів, яка користувач бажає, щоб його завантажили (контейнери, які не можна залишати на землі). Це накладе додаткові обмеження на вантажні перевезення.

4. Список пар  $(i, k)$  для будь-якого контейнера  $i$ , який користувач хоче перебувати у певному утримуванні  $k$ . Це дозволяє вимагати, щоб деякі контейнери, вже завантажені наземним екіпажем, не зміщувалися, щоб пришвидшити виліт літака.

Крім перерахованого вище, ми також маємо змінні оптимізації (змінні рішення), які є двійковими:  $x_{ij} \in \{0, 1\}$ . Значення дорівнює 1, якщо контейнер  $i$  потрібно помістити в утримання  $j$ , і 0 в іншому випадку ( $i=1, 2, \dots, N_{cont}$ ;  $j=1, 2, \dots, N_{hold}$ ).

Таким чином, для досягнення нашої мети загальний залишок маси можна представити в такій математичній формі, щоб мінімізувати  $M_{rs}$ :

$$\begin{aligned}
& \text{Minimize } M_{\text{res}} \text{ subject to } M_{\text{max}} - (M_{\text{pax}} + M_{\text{fuel}} + M_{\text{misc}} + \\
& M(x)) \text{ where } M_{\text{res}} \geq 0 \text{ and } M(x) \text{ is:} \\
M(x) = & \sum_{I=1}^{N_{\text{cont}}} \sum_{J=1}^{N_{\text{hold}}} M_i X_{ij} \tag{3.1}
\end{aligned}$$

За цією математичною моделлю існують різні види фізичних обмежень, що визначають центр ваги, навантаження та обмеження зсуву. Існують також обмеження для літаків, які визначають масову місткість, обмеження унікальності, які обмежують завантаження кожного вантажу лише один раз, обмеження вантажу, які визначають, що необхідно завантажити, і обмеження пропускної спроможності, які залежать від типу літака.

Підводячи підсумок, слід мати на увазі, що ми орієнтуємося на обмеження об'єму та ваги. Однак реалістичне рішення повинно спиратися на додаткові обмеження, які залежать від технічних характеристик літака. Наприклад, потреба в балансі, обмеження ваги осі, обмеження фунтів на погонний фут, обмеження щодо небезпечних вантажів тощо.

Наша система CLPA надає користувачеві оптимальні значення ваги вантажу, кількості дрібних (контейнер) і великих (палет) частин вантажу, які можна завантажити, а також мінімальне значення недовантаження в зручний для користувача спосіб у режимі реального часу, враховуючи всі різні критерії та умови для кожного рейсу. Система використовує ітераційне цілочисельне програмування для створення оптимальних значень.

### Overall System Architecture Design - 3 Tiers Approach

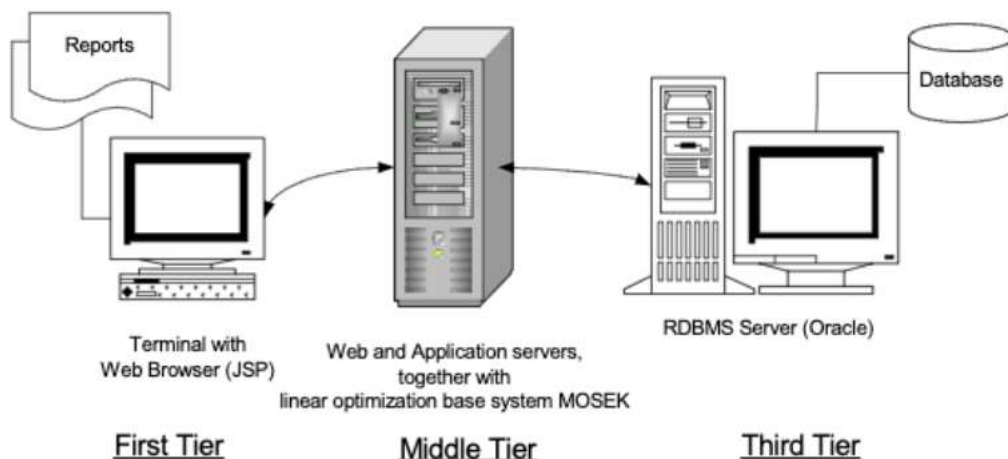


Рисунок 3.1 Загальна архітектура CLPA

Система CLPA має тривірневу архітектуру (рис.3.1). Користувачі взаємодіють з CLPA через стандартний веб-браузер. Клієнтські сторінки були реалізовані як сторінки JSP.

Бекенд-сховище баз даних було реалізовано за допомогою Oracle. Для планування навантаження важливі два фактори: вага і місткість. Тому в дизайні складу бази та звітів виділяють стовпці для недовантаженості (тобто загальна вага – вага палива – вага пасажирів – вага вантажу), непридатність (тобто загальний простір – зайняте місце), співвідношення багажу (використовуйте для оцінки ваги залишилося для вантажу) і коефіцієнт завантаженості пасажирів. Це сховище даних має 9 таблиць вимірів для аналізу:

1. Вимір перевізника: якщо компанія є груповою компанією, користувачі можуть використовувати цей параметр для порівняння результатів для кожної зі своїх субсидій.

2. Розмір польоту: ця таблиця містить статичні дані, пов'язані з цим рейсом, як-от тип польоту, дата та час вильоту та прибуття, тип літака, хвіст літака. Цей параметр може допомогти користувачам порівняти результат завантаження для кожного рейсу.

3. Розмір позиції: це статична таблиця, яка показує всі позиції на верхній і головній палубі, а також для різних типів літаків.

4. Розмір типу вантажу: це також статична таблиця, що показує тип вантажу за допомогою АНМ 510. Вона містить понад 20 типів вантажу. Щоб легко аналізувати дані, я згрупував дані про навантаження за допомогою групи типів вантажу стовпця, як-от БАГАЖ, ВАНТАЖ, ПОШТА, ІНШІ. Використовуючи цей параметр, користувач міг би визначити свої статті доходу, тобто під час сеансу вантажу будуть ідентифіковані CARGO та MAIL і порівняти тенденції за різними рейсами та датами.

5. Вимір дати: це статична таблиця, яку слід повторно використовувати в інших сховищах даних. Використовуючи цю таблицю параметрів дати, користувачі можуть порівнювати всі дані за днями, тижнями, місяцями та роками. Для авіаційної галузі також важливий день тижня, оскільки результати у вихідні дні зазвичай сильно відрізняються від результатів у будні.

6. Розмір палубної версії: це статична таблиця для зберігання польотної потужності для кожного типу літака / бортового номера літака.

7. Розмір контейнера: у цій таблиці можна знайти вагу тари контейнера (вага порожнього контейнера) для аналізу, а також деякі спеціальні категорії та вимоги будуть введені в цю таблицю.

8. Розмір SPL: ця таблиця може допомогти користувачам виділити деякі вантажі з особливою обробкою коди, як-от ААХ (експрес), BUP, для порівняння та перегляду тенденції.

9. Вимір станції: цей вимір може повторно використовуватися іншими сховищами даних, щоб допомогти користувачам аналізувати дані за станцією, регіоном і країною. У цьому проекті цей параметр також міг би допомогти ідентифікувати рейси колишніх HKG та in HKG.

З точки зору робочого процесу, підтримуються такі процеси:

- Подати запит на підготовку плану завантаження вантажу
- Зібрати інформацію про рейс і вантаж

- Виконати планування та аналіз навантаження
- Подати вимоги користувача в систему на основі попередньо визначеної бізнес-логіки та обмежень. Інформація збирається як з користувача, так і з серверної бази даних
- Запропонувати оптимальне рішення - система генерує оптимальне рішення для користувача для прийняття рішення. Результати представлені у вигляді веб-сторінок.
- Виконувати план – користувачі на основі запропонованого плану здійснюють фізичне розміщення вантажів у трюмах. Прагнуть мінімізувати витрати під навантаженням. На рисунку 3.2 показані ключові функції, які пропонує система CLPA.

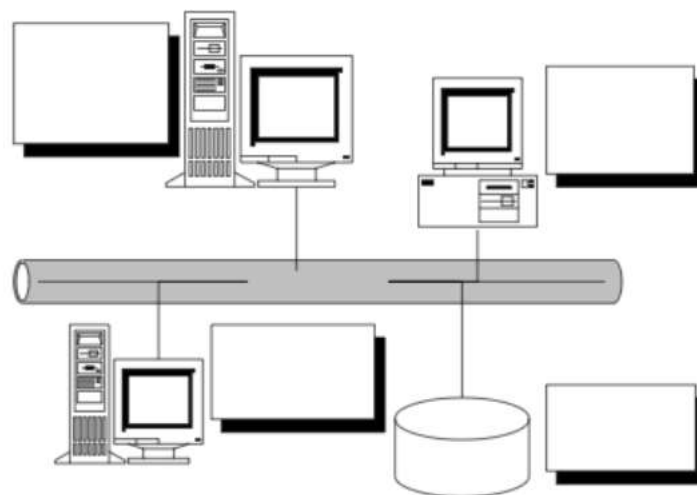


Рисунок 3.2 Основні характеристики системи CLPA

У CLPA є багато екранів для відображення різноманітних результатів аналізу та прогнозування. На рисунку 3.3 показані остаточні результати математичної оптимізації. Користувач також може відобразити план поверху літака для візуалізації результатів.



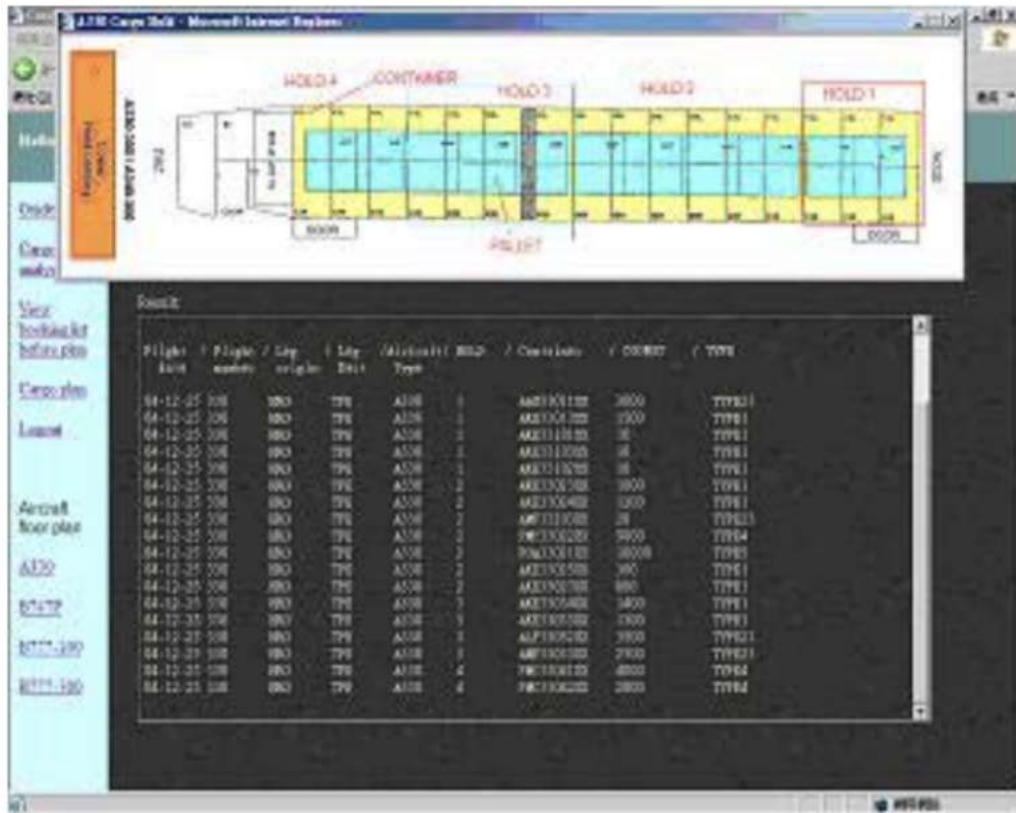


Рисунок 3.3 Результати відображені в системі CLPA [60]

Для поточної дослідницької версії CLPA продуктивність вже цілком прийнятна. Аналіз навантаження приблизно на 36 000 записів у сховищі даних зайняв від 10 до 20 секунд, залежно від проведеного аналізу. Планування навантаження для одного літака займало в середньому приблизно 40 секунд.

### 3.4 Висновки по розділу

У цьому розділі було представлено веб-додаток для аналізу та планування вантажного навантаження, яке ми називаємо системою CLPA. Проект перевіряв технічну та експлуатаційну можливість використання математичної оптимізації для складної та критичної за часом задачі планування навантаження літака. Для тестування були використані фактичні дані авіавантажної компанії. Можливість повернути оптимізований план менш ніж за хвилину була цілком прийнятною для користувач

## РОЗДІЛ 4

### Охорона праці

#### 4.1 Законодавчі та нормативно-правові акти охорони праці

Охорона праці – це система правових, організаційних, санітарно- лікувальних, профілактичних, соціально-економічних, технічних, гігієнічних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я й працездатності людини в процесі трудової діяльності.

Відповідно до "Закону України про охорону праці" служба охорони праці створюється власником або уповноваженим ним органом на підприємствах, закладах, установах, організаціях незалежно від форми власності та видів їх діяльності, – для організації виконання правових, організаційно-технічних, лікувально-профілактичних заходів, направлених на запобігання нещасним випадкам, профзахворювань і аварій на виробництві.

Служба з охорони праці вирішує завдання:

- 1) забезпечення безпеки виробничих процесів, обладнання, будівель і споруд;
- 2) забезпечення працівників засобами індивідуального та колективного захисту;
- 3) професійної підготовки і підвищення кваліфікації працівників з питань охорони його праці, пропаганди безпечних методів роботи;
- 4) вибір оптимальних режимів роботи і відпочинку працівників;
- 5) професійного добору виконавців для визначених видів робіт.

Основним нормативним документом що регламентує правила техніки безпеки при проведенні ТО та ремонту гідросистеми ЛА і ЛА загалом є державний нормативно-правовий акт про охорону праці НПАОП 63.23-1.06-98. “Правила безпеки праці при технічному обслуговуванні та поточному ремонті авіаційної техніки” [61]. Даний нормативний документ встановлює правила, що поширюються на всі підприємства авіаційної галузі та є обов’язковими до виконання усіма робітниками даних установ, що займаються ТО ЛА.

## 4.2. Перелік небезпечних і шкідливих виробничих чинників при технічній експлуатації Ан-70

При виконанні технічного обслуговування АіРЕО літаків на працюючих можуть впливати наступні небезпечні і шкідливі виробничі чинники:

- рухомі самохідні і переміщувані вручну машини, механізми та пристосування для провадження робіт

- аеродромні електричні джерела живлення обладнання літаків і запуску двигунів, аеродромні киснево-зарядні станції (АКЗС), комплекти контрольно-перевірочної апаратури для перевірки працездатності АіРЕО, а також їх рухомі незахищені частини;

- рухомі незахищені елементи літаків: ступки відсіків шасі, двері і люки, закрилки, стернові поверхні, передкрилки, спойлери, гальмові щитки, повітряні гвинти;

- рухомі штанги і кронштейни для переміщення електричних проводів і штепсельних роз'ємів аеродромного живлення (ШРАЖ) стаціонарного аеродромного джерела живлення для запуску авіадвигунів;

- рухомі незахищені елементи АіРЕО: важелі, тяги і вали, що обертаються, електромеханізми, що застосовуються в системі управління літаком і роботою авіадвигунів, крильчатки, що обертаються, вентилятори обдува АіРЕО, антени, що сканують, радіолокаційні станції (РЛС);

- рухомі частини планера, що утримуються фіксуючими опорними штангами і спеціальними замками: діелектричні обтікачі антен РЛС, доплерівських вимірювачів, радіовисотомірів і радіокомпасів, кришки люків технічних відсіків і місць установки електромеханізмів, електродвигунів, пожежних балонів;

- рухомі і відкидні кришки та панелі розподільних пристроїв, розподільних коробок і іншого обладнання АіРЕО, а також рухомі панелі автоматів захисту мережі (АЕЗ) і приборні дошки;

- виступаючі елементи АіРЕО літаків: антени, датчики, приймачі повітряного тиску температури зовнішнього повітря;

—уламки, що розлітаються при руйнуванні судин і приладів, працюючих під тиском стислих газів і рідин; балонів зі стисненим повітрям і киснем, манометрів, стаціонарних та ручних вогнегасників;

— ударна хвиля при вибуху піротехнічних пристроїв, кисневих балонів і судин, що працюють під тиском, а також при вибуху в гермокабіні при її насиченні киснем;

— падаючі вироби, інструменти і матеріали при роботах на висоті під час технічного обслуговування високо розташованих агрегатів та обладнання АіРЕО, в тому числі із застосуванням механізованих підйомників;

— гострі кромки обладнання і кінці контрольного дроту при демонтажі агрегатів АіРЕО;

— хімічні речовини

— токсичні, дратуючі, сенсibiliзуючі, канцерогенні, мутагенні, що містяться в обладнанні або застосовуються при технічному обслуговуванні АіРЕО: спирт, каніфоль, клеї, лаки, фарби, розчинники, ядохімікати при очищенні і мийці планера та АіРЕО після авіахімічних робіт (АХР), і які надходять в організм через органи дихання, шлунково-кишковий тракт, шкіряні покрови та слизові оболонки;

— підвищена температура поверхні обладнання: електроінструмента, електромеханізмів та електромашин;

— знижена температура повітря і поверхонь обладнання при виконанні технічного обслуговування АіРЕО в умовах від'ємних температур;

— підвищений рівень вібрації, ультра- і інфразвуку при роботі силових установок літака та агрегатів АіРЕО; а також рухомі панелі автоматів захисту мережі (АЕЗ) і приладні дошки;

— підвищене значення напруги постійного і змінного струму електричних мереж АіРЕО, замикання яких може статися через тіло людини; електрична дуга при короткому замиканні;

— підвищений рівень електромагнітних випромінювань при технічному обслуговуванні і перевірці працездатності радіоустаткування літаків;

- підвищений рівень іонізуючого випромінювання в робочій зоні при обслуговуванні приладного обладнання літаків;
- відсутність або нестача природного і штучного освітлення при виконанні робіт в технічних та багажних відсіках, в підпольному просторі літака і в гондолах шасі;
- патогенні мікроорганізми (бактерії, віруси, тощо) і продукти їх життєдіяльності на джгутах електропроводки в розподільних пристроях, в кисневих та протидимних масках;
- фізичні перевантаження при технічному обслуговуванні АіРЕО на високо розташованих частинах літака і у важкодоступних місцях технічних відсіків, при зйомці, установці та транспортуванні вручну агрегатів і блоків АіРЕО.

#### **4.3. Інженерно - організаційні рішення по запобіганню можливого впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів на працюючого**

Для запобіганню можливого впливу перерахованих шкідливих і небезпечних виробничих факторів на працюючий персонал у дипломному проекті передбачено:

а) Суворе дотримання правил і техніки безпеки при експлуатації, технічному обслуговуванні та ремонті системи керування аутригерами. Передбачено систему блокування мимовільного спрацьовування системи на прибирання - випуск, а також світлова сигналізація (загоряється світлове табло «Прекр. погрузку» якщо кут нахилу опори в поздовжньому напрямку стає більшим ніж 40).

б) У системі керування аутригерами для запобіганню вибуху ємностей, що працюють під тиском, штокових порожнин опор допоміжних (передбачена установка в системі запобіжних клапанів, що спрацьовують при досягненні критичного значення тиску (260 кг/см<sup>2</sup>) у штокових порожнинах опор висувних. У системі встановлений редуктор, який знижує тиск, що надходить від гідросистеми літака до 150 кг/см<sup>2</sup>).

в) Випробування системи керування аутригерами на міцність і герметичність повинне виконуватися в повній відповідності з діючими нормами й правилами

випробувань ємностей, що працюють під тиском. Випробування передбачено робити на спеціальних стендах, у спеціально обладнаних приміщеннях. Щоб запобігти впливу шуму на працюючий персонал, що виникає в процесі випробувань системи, рекомендується виконувати випробування системи в цілому (або окремих її агрегатів) у спеціальних звукоізолюючих блоках.

г) Для запобігання перекидання літака на хвіст при завантаженні - вивантаженню важких вантажів і самохідної техніки, передбачено в системі керування аутригерами використання системи кінцевих мікрореле, що утворюють систему блокування мимовільного прибирання - випуску (укорочування - подовження) опор допоміжних під час завантаження. Прибрати опору можливо тільки після її укорочування. Керування аутригерами здійснюється з пульта керування за допомогою трипозиційних перемикачів натискного типу, що фіксуються в проміжному (нейтральному) положенні, що запобігає мимовільному спрацюванню системи.

д) Щоб уникнути можливого впливу на робочий персонал токсичних і шкідливих речовин при експлуатації, технічному обслуговуванні й ремонті системи керування аутригерами передбачені наступні міри:

- заміна шкідливих речовин, використовуваних у виробничих процесах, найменш шкідливими (використання як робочої рідини АМГ-10, замість більше токсичних НГЖ-4, Skidrow);

- застосування персоналом засобів індивідуального захисту;

- спеціальна підготовка й інструктаж робочого персоналу;

- застосування прогресивних технологій виробництва (замкнений цикл, дистанційне керування й контроль);

- проведення попередніх і періодичних медичних оглядів осіб, що мають контакт зі шкідливими речовинами.

е) При експлуатації, технічному обслуговуванні й ремонті гідравлічної частини системи керування аутригерами передбачене суворе дотримання правил техніки безпеки й технології виконання робочих процесів. В системі передбачена установка

запобіжного клапана, що спрацьовує при критичному значенні тиску в порожнині циліндра (260 кг/см<sup>2</sup>), що запобігає руйнуванню циліндра від надлишкового тиску.

#### **4.4 Організаційні та інженерно-технічні рішення що покликані вберегти від небезпечних і шкідливих виробничих факторів, при завантаженні та розвантаженні транспортних повітряних суден**

Забезпечення безпеки праці в даній роботі передбачене такими рішеннями:

1. Робочі місця персоналу мають бути обладнані шафами, верстаками, стелажми і вантажопідйомними пристроями, що є необхідним для переміщення деталей та вузлів, які мають значну вагу.

2. Рухомі частини агрегатів на літаку можуть спричинити травмування, тож їх необхідно закривати в захисні кожухи.

3. Пристосування для виготовлення деталей, а також робочий інструмент мають закріплюватися так, щоб при роботі не відбулося їх розвинчування, і вони залишилися надійно закріпленими;

4. Працівникам, що застосовують охолодження емульсіями на робочих місцях, видаються захисні пасти для змащування рук;

5. Електрична апаратура і струмовивідні частини мають бути надійно ізольовані і розміщені в корпусі агрегатів; всі агрегати мають бути надійно заземленими і обладнаними аварійною кнопкою "СТОП" чи рубильниками;

6. Ручний інструмент має перевірятися на справність, а працівникам, що його використовують, мають бути видані захисні окуляри;

7. Для поліпшення освітленості на агрегатах має бути застосоване місцеве освітлення.

Для захисту працівників від шуму, ультразвуку та вібрації даною роботою передбачені такі заходи:

1. Використання малошумного обладнання;

2. Використання обладнання, яке створює шум, у той час, коли на робочому місці працює найменша кількість людей;

3. Коректна експлуатація машин і обладнання та їх планово попереджувальний ремонт, що дає змогу уникнути появи сторонніх шумів під час роботи;
4. Створення пристроїв-перепон, які перешкоджають розповсюдженню шуму;
5. Агрегати, що вібрують, встановлюються на окремих місцях на амортизатори і амортизуючі покриття, які зроблені зі сталевих пружин або гуми.

Для того, щоб захистити працівників від дії електромагнітних випромінювань, використано обмеження доступу для сторонніх осіб до об'єктів, що спричиняють випромінювання.

Застосовано так званий «захист відстанню»: об'єкти, що здійснюють випромінювання, розташовуються на якомога більшій відстані від персоналу. Також час перебування людей у зоні, на яку діє опромінення, зведено до мінімуму.

Для забезпечення достатньої освітленості робочих місць даною роботою передбачено застосування штучного освітлення (загальне, а також стаціонарні світильники на робочих місцях, переносні акумуляторні і лампи-світильники, що живляться від мережі). Для забезпечення безпеки працівників від рухомих автокарів, останні рухаються тільки у зонах, які виділені візуально.

#### **4.5. Розрахунок заземлення Ан-70 на стоянці при технічному обслуговуванні або заправці**

У разі накопичення статичної електрики на поверхні літака або заправного засобу можливе виникнення пожежі, що може привести до пошкодження літака або заправного засобу, а також до поразки електричним струмом персоналу і виходу з ладу устаткування. Для запобігання цьому обов'язковою вимогою до процесу заправки є наявність заземлення.

У цьому розділі приведений розрахунок заземлення, виконаного у вигляді сталевих стрижнів (труб) діаметром  $d=38...50$  мм і довжиною  $l=2...3$  м або сталевих куточків  $50 \times 50 \times 5$  мм, які забиваються в землю на глибину  $0,5-0,8$  м від верху стрижня або куточка до поверхні землі.



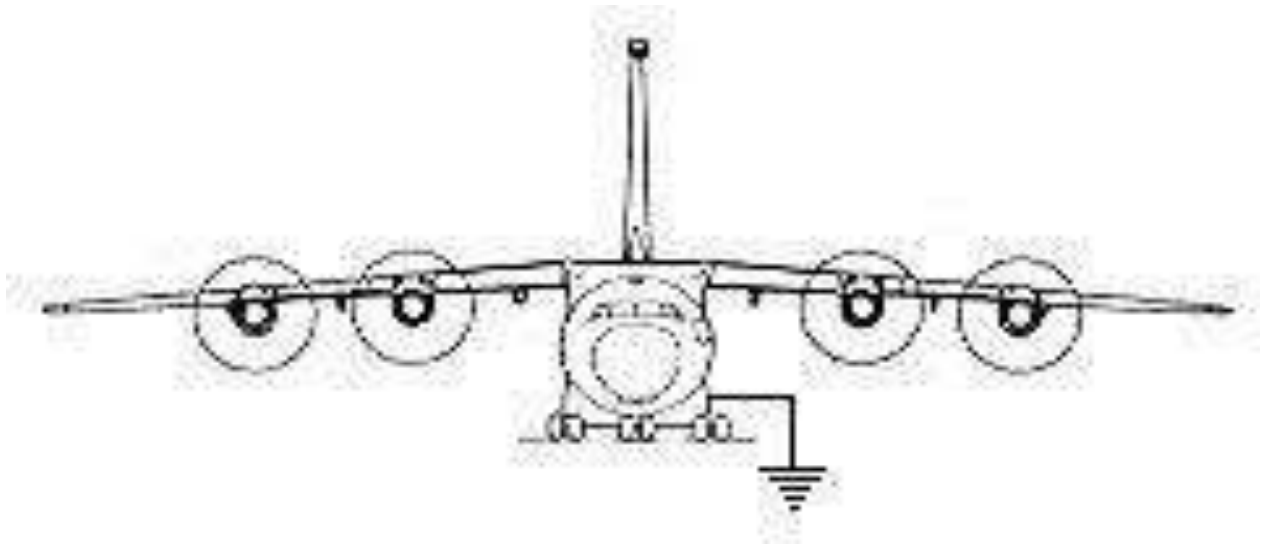


Рис 4.1 Схема заземлення літака

Опір одиночного стрижня (труби) заземлення (у Омах)

$$R_{\text{ст}} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \left( \ln \frac{2l}{d} + \ln \frac{4H+l}{4H-l} \right) \quad (4.1)$$

де:  $\rho$  - питомий опір ґрунту, Ом·м

$$\rho = \rho_{\text{зм}} \cdot k_c;$$

$k_c$  – коефіцієнт сезонності

$l$  - довжина стрижня, м;

$d$  – діаметр стрижня (сурми);

$H$  – відстань від поверхні землі до половини довжини стрижня, м:

$H = H_0 + 0,5l$ ;  $H_0$  – глибина, на яку забивають стрижень в землю.

Для сталевих смуг перетином не менше 100 мм і завтовшки 4 мм, які кладуть в землю паралельно поверхні на глибину 0,5...0,8 м опір (у Омах) розтікання струму від смуги визначають по формулі:

$$R_{пол} = \frac{\rho}{2\pi l_1} \cdot \frac{2 \cdot l^2}{b_1 \cdot H_0}, \quad (4.2)$$

де:  $l_1$  – довжина смуги, м;  $l_1 = na$ ;  
 $n$  – кількість стрижнів;  
 $a$  – відстань між стрижнями.

Якщо опір одного заземлювача більше нормованого значення, то заземлення виконують з декількох заземлювачів. Вони з'єднуються між собою і розміщуються один від одного на відстані, рівній довжині стрижня. Число заземлювачів визначають по формулі:

$$n = \frac{R_{ст}}{r_n \cdot \eta_{ст}}, \quad (4.3)$$

де  $r_n$  – нормований опір заземляючого пристрою, Ом;  
 $\eta_{ст}$  – коефіцієнт використання одного заземлювача.

Опір прямокутного контурного заземляючого пристрою із стрижньових заземлювачів з з'єднувальними смугами рівний:

$$r_{кз} = \frac{R_{ст} \cdot R_{пол}}{R_{ст} \cdot \eta_{пол} + n R_{пол} \cdot \eta_{ст}} \quad (4.4)$$

де  $n$  – число заземлювачів.

За початковими даними з табл. 4.1 розраховуємо опір контурного заземляючого пристрою.

Таблиця 4.1

Питоми й опір грунту, $\rho_{зм}$ , Ом*м	коєфіцієнт збільшенн я питомого опору, $K_c$	Що заземляють сталеві труби			Сталева смуга (ширина) , м	Коефіцієн т використання одного заземлення		Норма опору контура заземленн я $r_{кз}$ , Ом
		Довжина, l, м	діаметр, d, м	Глибина залягання , Н, м		$\eta_{ст}$	$\eta_{пол}$	
300	1,5	2, 5	0,0 5	2,0	0,04	0,75	0,65	100

Якщо  $n = 2$ , то  $l_1 = a = l$ ,

$n > 2$ , то  $l_1 = n \cdot a = n \cdot l$ .

$$\rho = 300 \cdot 1,5 = 450 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$$R_{ст} = \frac{450}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,5} \cdot \ln \frac{2}{0,05} + \ln \frac{2}{4 \cdot 2 - 2,5} = 141,26 \text{ Ом}$$

$$H_0 = 2 - 0,5 \cdot 2,5 = 0,75 \text{ м}$$

$$n = 141,26 / 100 \cdot 0,75 = 1,88; \text{ приймаємо } n = 2$$

$$l_1 = a (n \cdot a) = 2 \cdot 2,5 = 5,0 \text{ м}$$

$$R_{пол} = \frac{450}{2 \cdot 3,14 \cdot 5,0} \cdot \ln \frac{2 \cdot 5^2}{0,04 \cdot 0,75} = 106,31 \text{ Ом}$$

Опір прямокутного заземляючого пристрою:

$$r_{кз} = \frac{141,26 \cdot 106,31}{141,26 \cdot 0,65 + 2 \cdot 106,31 \cdot 0,75} = 59,76 \text{ Ом}$$

## 4.6 Висновок по розділу

При розрахунку заземлення визначили, що опір одиночного стрижня заземлювача  $R_{ст} = 141,26 \text{ Ом}$ , сталеві смуги  $R_{пол} = 106,31 \text{ Ом}$ . Отримані значення більше нормованого значення  $r_n = 100 \text{ Ом}$ . Тому в нашому випадку необхідно виконати заземлення з двох стрижнів, сполучених між собою сталевією смугою і розташованих один за іншим на відстані, рівній довжині стрижня. При цьому опір прямокутного контура виходить  $r_{кз} = 59,76 \text{ Ом}$ , що менше нормованого значення.

Аналізуючи конструктивні особливості, передбачені при проектуванні системи, властивості робочої рідини, можна зробити висновок про те, що спроектована система є безпечною в пожежному відношенні.

Було наведено приклади організаційних та інженерно-технічних рішень що покликані вберегти від небезпечних і шкідливих виробничих факторів, при завантаженні та розвантаженні транспортних повітряних суден.

Запропоновано методи безпеки для співробітників для захисту від електромагнітного випромінювання, шуму та пожежної безпеки.

Також з метою покращення освітлення рекомендується встановити нові та більш ефективніші лампи у місцях роботи персоналу.

## РОЗДІЛ 5

### Охорона навколишнього середовища

#### 5.1. Екологічна безпека діяльності

Основними факторами шкідливої дії повітряного судна на навколишнє середовище є викиди шкідливих речовин двигунами, забруднення ґрунту різними паливно-мастильними матеріалами, а також авіаційний шум.

Велика шкода задається навколишньому середовищу при обробці літака рідинами, що запобігають обмерзанню, а також при його мийці. Прогнозований ріст повітряного транспорту у світі викликав необхідність своєчасного обмеження шкідливих викидів авіаційними двигунами.

Міжнародна організація цивільної авіації (ІСАО) розробила в зв'язку з цим більш жорсткі норми на емісію авіаційних двигунів. Викид дренажного палива в атмосферу авіаційними двигунами нормами ІСАО не допускається і повинний виключатися в процесі конструювання нових авіадвигунів і повітряних судів.

До складу відпрацьованих газів газотурбінних двигунів входять наступні основні компоненти, які забруднюють атмосферу:

- монооксид вуглецю – CO (чадний газ);
- вуглеводні, які не повністю згоріли – C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> (метан CH<sub>4</sub>, ацетилен C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, етан C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, бензол C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> та ін.);
- альдегіди: формальдегід HCHO, акролін CH<sub>2</sub>=CH=CHO, оцтовий альдегід CH<sub>3</sub>CHO та ін. (виділяються у невеликих кількостях);
- оксиди азоту NO<sub>x</sub>;
- оксиди сірки SO<sub>x</sub> (виділяється невелика кількість);
- бензопірен (канцерогенна речовина)
- виділяється у кількості 2...4 мг за 1хв роботи двигуна (при тому, що допустимий рівень забруднення
  - 0,0001 мг на 100м<sup>2</sup> площі);

– сажа (дрібнодисперсні частинки чистого вуглецю) – виділяється у вигляді шлейфу диму за соплами двигунів під час зльоту літака, (сажі виділяється небагато)

Кількісною характеристикою викидів шкідливих речовин авіаційними двигунами є індекс емісії EI, який показує, скільки грамів даної шкідливої речовини викидається в повітря при спалюванні 1 кг пального в двигуні.

Тобто, ( $EI = \text{г/кг}$ ) й існують  $EI_{\text{CO}}$ ,  $EI_{\text{C}_x\text{H}_y}$ ,  $EI_{\text{NO}_x}$  і т.ін.

Надалі будемо розглядати тільки ці три інгредієнти, оскільки вони найбільше забруднюють атмосферу, тому що викиди їх найвищі.

EI характеризує якість організації процесу горіння в камері згорання кожного зразка двигуна і тому пов'язаний з конструктивними і експлуатаційними характеристиками камери. Тому EI часто називають емісійною характеристикою двигуна. Індокси емісії визначаються в процесі їх сертифікаційних випробувань.

Вміст інгредієнтів CO та  $\text{C}_x\text{H}_y$  у відпрацьованих газах авіадвигунів обумовлений неповним згоранням палива в двигуні, а цей процес, в свою чергу, залежить від характеристики його параметрів згорання, тобто, величини коефіцієнта повноти згорання  $\eta$  та режиму роботи двигуна.

Максимальна повнота згорання палива в двигуні має місце на розрахунковому режимі – зльотному (режимі максимальної тяги двигуна). Нацьому режимі сучасні двигуни мають  $\eta = 0,97 \dots 0,99$  ( $\eta = 1,0$  при абсолютно повному згоранні, чого в дійсності досягнути неможливо). На всіх інших режимах  $\eta$  нижча, тобто, повнота згорання менша, ( $\eta = 0,75 \dots 0,85$ ), у двигуна в атмосферу викидається більше продуктів неповного згорання (CO,  $\text{C}_x\text{H}_y$  та інших), та, відповідно, забруднення повітря збільшується.

Вміст інгредієнта  $\text{NO}_x$  у відпрацьованих газах авіадвигуна залежить від:

- величини температури суміші в камері згорання (чим вона вища, тим більше утворюється  $\text{NO}_x$ ), а вона максимальна (2500...3000 K) на злітному режимі;

- часу перебування суміші в камері згорання (чим він більший, тим більше утворюється  $\text{NO}_x$ ), а це має місце на невеликих швидкостях літака.

## 5.2. Утилізація авіаційних компонентів у світі.

Стрімкі процеси євроінтеграції та прийняті міжнародні екологічні стандарти змушують усі підприємства авіаційної галузі активізувати свою діяльність щодо зниження негативного впливу на довкілля. Загострення глобальної еколого-економічної ситуації, пов'язане з деградацією довкілля, виснаженням природних ресурсів і змінами клімату на Землі, засвідчило, що всім державам, у т. ч. й Україні, потрібні принципово нові підходи до проведення внутрішньої і зовнішньої економічної політики, за допомогою яких можна сформувати вдосконалену стратегію взаємовідносин суспільства і природи в умовах ринкової економіки і, таким чином, реалізувати задекларовані на Конференції ООН з довкілля і розвитку (Ріо-92) та Паризької угоди (набрала чинності 4 листопада 2016 року) всесвітньо визнані принципи сталого розвитку.

Відповідно до цих принципів останнім часом у світі спостерігається стійка глобальна тенденція упровадження екологічно чистих і енергоефективних технологій.

На сьогодні проблема утилізації і рециклінгу компонентів літальних апаратів (ЛА), що відпрацювали свій ресурс, є однією з головних для всієї аерокосмічної галузі. З кожним роком все більша кількість аерокосмічної техніки (АКТ) накопичується на різних майданчиках, займаючи і забруднюючи великі площі земельних ділянок.

Тому питання правильного поводження з авіаційними транспортними засобами (ТЗ), що вийшли з експлуатації, впровадженням процесів утилізації та авіарециклінгу стає все актуальнішим.

Метою даної праці є аналіз існуючих методів і технологій, спрямованих на раціональне і правильне поводження з відпрацьованими авіаційними ТЗ. Виявлення світових тенденцій та обґрунтування перспектив упровадження утилізації списаних ЛА і рециклінгових програм в авіаційній галузі.

Об'єктом даної праці є утилізація та рециклінг авіаційної техніки.

Предметом — життєвий цикл ЛА як основної структурної одиниці

транспортної авіаційної системи. Технології утилізації та рециклінгу ЛА в авіаційно-технічному комплексі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій В останніми роками опублікована низка наукових праць, що вивчають ефективність рециклінгових програм, а також екологічний, етичний, економічний, технічний та технологічний аспекти цього питання.

Літакобудування як вид економічної діяльності за змістом є інноваційно-орієнтованим. Проте оскільки діяльність авіабудівних підприємств пов'язана із забрудненням навколишнього природного середовища, то авіаційне та авіаремонтне виробництво відносять до екологічно небезпечного.

Сучасний розвиток еколого-економічної діяльності повинен охоплювати не тільки виробництво екологічно чистої продукції, а й впровадження нових технологій з ресурсозбереження, раціонального використання існуючих ресурсів, використання у виробничому процесі твердих відходів виробництва, заміною матеріалів на нові — екологічно безпечні [62]. Вказані напрями еколого-економічної діяльності пов'язані із здійсненням інноваційних розробок, їх експериментальним впровадженням та подальшим використанням у виробництві.

У свою чергу, це потребує значних обсягів фінансування та розробки відповідної стратегії.

Як і будь-який продукт, літак знецінюється з часом. Зниження вартості виникає з цілої низки факторів, у тому числі, збільшення вартості обслуговування, ремонт та модернізація відповідно до законодавства. На якомусь етапі, технічне обслуговування, ремонт і модернізація стають нерентабельними, і в цей момент власник буде розглядати питання про зняття літака з експлуатації.

У багатьох випадках, списані літаки, будуть містити цінні компоненти і деталі, що можуть бути повернуті для обслуговування через вторинний ринок запчастин або впровадженням процесів авіарециклінгу та комплексної утилізації авіаційної техніки [63].

У середині грудня 2014 р. в м. Штутгарт (Німеччина) пройшов перший



Міжнародний симпозіум з утилізації повітряного транспорту (International Symposium on Aircraft Recycling). Згідно з оприлюдненими на заході даними, понад 25 % парку цивільних літаків буде виведено з експлуатації в найближчі 15 років. Звідси гостро постає питання правильного поводження зі списаними ПС.

Досвід компанії «Aeroturbine» показав, що утилізація «Boeing-747» може принести значні доходи. На борту лайнера знаходиться більше 6 млн різних деталей, 66 т. високоякісного алюмінію, 30 % деталей, вузлів і конструкцій продовжуватимуть працювати на інших ПС.

За оцінками компанії «Aeroturbine» утилізація таких великих літаків займає майже два тижні.

У сукупності дохід компанії може становити до 6,8 млн дол. США [64].

В Україні практика утилізації свідчить про те, що тільки 10–15 % вартості утилізованої техніки реабілітується, порівняно з 60–70 % у світі [64].

Так, утилізація літака середнього класу дає відносно його загальної ваги 60–70 % алюмінію і його сплавів, 10–15 % сталі, 10 % — композиційних матеріалів та коштовних металів, у тому числі титану. Собівартість утилізації значно нижча за вартість нових металів і матеріалів.

Світовим лідером у сфері правильного поводження з авіаційними транспортними засобами, що вийшли з експлуатації є Асоціація з утилізації парку ПС (Aircraft Fleet Recycling Association (AFRA)) заснована в 2006 р. До Асоціації входять провідні європейські компанії та заокеанські корпорації серед яких Boeing, Bombardier, Embraer, Rolls-Royce та ін.

Розташований у французькому місті Шатору, центр AFRA працює над тим, щоб підвищити продуктивність авіаційної галузі та зробити демонтаж літальних апаратів екологічно безпечним і економічно вигідним.

AFRA розроблено спеціальну процедуру демонтажу, що дозволяє швидко виділити цінні сплави і метали. Провідні спеціалісти Асоціації працюють над детальним вивченням системи життєзабезпечення літака і розмірковують над тим, як у майбутньому забезпечувати її виключно з матеріалів, які можна буде повторно

використовувати.

Відповідно до них процедура розбирання літака відбувається в три етапи, спочатку з різних резервуарів видаляються рідини і газоподібні речовини, багато з яких дуже токсичні. Потім проводиться демонтаж обладнання з метою виокремлення всіх деталей, які можуть бути повторно використані. І нарешті, літак повністю розчленовується, але до цього видаляють ті його частини, де містяться цінні сплави і метали.

Головне завдання AFRA — забрати все найцінніше, а саме: шасі, двигун, допоміжну силову установку, потім все, що відноситься до авіаелектроніки, систему кондиціонування повітря і таке інше, щоб запропонувати все це на ринку старих деталей.

У Шатору, витягнуті зі списаних ЛА комплектуючі проходять спеціальну перевірку і потім відправляються на заводи, де їх розбирають і, цілком або частинами, монтують в нові літаки [64]. У життєвому циклі ЛА (шлях, який проходить ЛА за час свого існування) можна виділити такі основні етапи.

### **5.3. Методи утилізації аутригерів**

Опис технології утилізації починається в аеропорту стоянки або на базі зберігання авіаційної техніки. Тут літак є частиною (компонентом, елементом) складної транспортної авіаційної системи в авіаційно-технічному комплексі.

У першу чергу, з систем літака видаляють:

- залишки палива, що не вдалося повністю злити з машини;
- технічні рідини, що використовувалися в різних системах агрегатів;
- вибухові пристрої катапульти;
- технологічні електронні прилади;
- пасажирське обладнання;
- пластикові обшивки, накладки та ін.;
- допоміжне технологічне обладнання

– дроти, силові та передавальні пристрої приводів шасі, елеронів, закрилків, керма управління

Подальша переробка індивідуальна для кожної групи матеріалів.

Корпуси літаків, шасі та звісно аутригери надходять до цехів, де в процесі переплавлення отримують чорні (25 %) і кольорові метали (більше 70 %).

Прилади, плати, радіоелементи від вищеперерахованих елементів надходять для переробки на інші підприємства. Метою переробки є отримання міді, олова, срібла, золота і платини з деталей списаних комп'ютерів, навігаційного обладнання, засобів зв'язку. Залишки апаратури спочатку розбирають і розсортовують ручним способом.

На другому етапі в технологічних лініях здійснюється хімічна переробка матеріалів. Проте незважаючи на певний технологічний рівень утилізації авіавідходів, що існує у світі сьогодні, в найближчій перспективі для її здійснення потрібні інші технології: замість металу підвищується питома вага композитних матеріалів, у приладах не використовуються в такій кількості дорогоцінні метали. Композитні матеріали, що складаються з армуючої карбонової сітки і поліамідних (полістирольних) наповнювачів у процесі утилізації підлягають розчиненню.

#### **5.4. Заходи направлені на запобігання екологічному збитку**

Розроблена в даному дипломному проекті система дозволяє знизити екологічний збиток, що наноситься навколишньому середовищу в результаті виробництва системи керування аутригерами, по порівнянню з існуючою системою-аналогом.

Так при проектуванні системи в даному дипломному проекті передбачено зниження екологічного збитку за рахунок таких заходів:

- зниження маси проектованої системи за рахунок зміни матеріала стійки аутригера з меншою питомою вагою (дуралюмінієвий сплав В96).

#### **5.5 Визначення екологічного збитку від витрати матеріалів, напівфабрикатів і виробів при виробництві системи аутригерів**

**Визначимо збиток, заподіяний навколишньому середовищу по формулі:  $Y_m = M_\delta$**

**\*  $y_m$ ;**

$M_\delta$  - маса базової системи;

$y_m$  - збиток від витрати матеріалів. Маса системи-аналога складає

$M = 119,28$  кг (без урахування робочої рідини), сировиною для вузлів служить сталь.

З **табл. 5.1** визначаємо питомий збиток від витрати матеріалів в у.о./мЗ.

*Таблиця 5.1*

### **Збитки від матеріалів**

Використані матеріали	Питомий збиток у.о./мЗ, $y_m$
Сталь	17
Мідь	100
Алюміній	20
Полімерні матеріали	25

$y_m = y_m * M_\delta / 1000 = 119,28 * 17 / 1000 = 2,03$  у.о./кг, так як  $y_m = 17$  у.о./мЗ.

Отже:  $Y_m = M_\delta * y_m = 119,28 * 2,03 = 242,14$  у.о.

У проєктованій системі передбачені злегшення конструкції шляхом матеріалів з меншою питомою вагою, це дозволяє на базовому літаку заощадити приблизно на п'ятнадцять кілограм. Для спрощеного розрахунку приймаємо, що сировиною для вузлів, агрегатів і деталей проєктованої системи служить дуралюмінієвий сплав В96.

Маса проєктованої системи  $M_{\delta \text{ пр}} = 103,43$  кг

Визначимо екологічний збиток, що заподіюється навколишньому середовищу, використовуючи дані з таблиці.

$y_m = 20$  у.о./мЗ;  $y''_{m \text{ пр}} = y_m * M_{\delta \text{ пр}} / 1000 = 20 * 103,43 / 1000 = 2,07$  у.о./кг  
Отже:  $Y''_m = M_{\delta \text{ пр}} * y''_{m \text{ пр}} = 103,43 * 2,07 = 214,10$  у.о.

## 5.6 Висновок по розділу

Сьогодні світова та національна економіка стикається з актуальною проблемою переробки відходів транспортної галузі.

У міру того, як тенденція списання ресурсних літаків набирає силу, галузь приходить до необхідності створення стандартів переробки і повторного використання матеріалів та компонентів.

Одна з проблем, з якою можуть зіткнутися в майбутньому при переробці літаків, полягає в тому, що сучасні літаки більше не виробляють переважно з алюмінію, а використовують при їх виготовленні різні альтернативні сполуки (вуглецеві композиційні матеріали, титанові і сталеві сплави та ін.), що природно ускладнює процес утилізації.

Звичайно, застосування процесів авіарециклінгу, утилізації і переробки авіаційної техніки вимагає висококваліфікованого персоналу, необхідного обладнання, затрат енергії, територій та спецтехніки, але без економічної підтримки і дотацій з боку держави реалізувати це підприємствам самотійно буде неможливо. Тому, на мою думку, одним з можливих варіантів вирішення цієї проблеми є впровадження державних рециклінгових програм.

Аналізуючи приведені розрахунки можна зробити висновок про те, що дана розробка дозволяє заощадити близько п'ятнадцяти кілограм сировини, що відповідає (у даному відношенні) 28,04 у.о., без урахування економії робочої рідини і додаткових витрат на виробництво розподільних клапанів і кріплень арматури, видалених з проектованої системи.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Дана диплома робота максимально виконана відповідно до поставленого завдання.
2. Виявлено та проаналізовано основні напрямки у розвитку завантажувально-розвантажувальних процесів у надважких транспортних літаках.
3. Розглянуті перспективні напрямки щодо технологічних процесів завантаження та розвантаження транспортних ПС.
4. Запропоновано методи експертних оцінок та евристичні методи для забезпечення та підвищення ефективності завантажувально-розвантажувальних робіт на транспортних ПС.
5. Розроблений комп'ютерний алгоритм оптимізації процесів завантаження та розвантаження вантажних ПС.
6. У спеціальній частині виконано розрахунок за допомогою веб-додатку для аналізу та планування вантажного навантаження, яке ми називаємо системою CLPA. Проект перевірів технічну та експлуатаційну можливість використання математичної оптимізації для складної та критичної за часом задачі планування навантаження літака.
7. У розділі “Охорона навколишнього середовища” розрахований екологічний збиток завданий природі, а в розділі “Охорона праці” проведений аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів з розрахованим заземленням літака.

## 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-
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.
8. Бакин А.В. Управление эффективностью грузовых авиаперевозок авиакомпаний на рынке: автореф. дис. к. э. н.: 08.00.05 / А. В. Бакин. – М.: МГАВТ, 2005. – 23 с.
9. International Civil Aviation Organization. Doc 9921: Annual Report of the Council. [Electronic resource] / ICAO // Doc 9921: Annual Report of the Council – 2009. – Available at: [http://www.icao.int/icaonet/dcs/9921/9921\\_en.pdf](http://www.icao.int/icaonet/dcs/9921/9921_en.pdf)
10. International Air Transport Association. Cargo e-Chart book: Quarterly report [Electronic resource] / IATA // Cargo eChart book: Quarterly report. – 2014. – Available at: <http://www.iata.org/whatwedo/Documents/economics/eChartbook-Q4-2010.pdf>.
11. Limbourg S. Automatic Aircraft Cargo Load Planning: Working paper / S. Limbourg, M. Schyns, G. Laporte. – HEC - management school, University of Liège, Belgium, 2011. – 2 p.

12. The Aircraft Weight and Balance Problem / W. Souffriau, P. Demeester, V. Berghe, P. De Causmaecker // Proceedings of ORBEL, Brussels. – 2008. – No. 22. – P. 44-45.
13. Paquay C. A mixed integer programming formulation for the three-dimensional bin-packing problem deriving from an air cargo application / C. Paquay, M. Schyns, S. Limbourg. – University of Liège, Belgium. –2011. – 6 p.
14. Shaw D. Optimal aircraft load balancing. Mathematical formulation / B. Kaluzny, D. Shaw // Defence R&D Canada: CORA Technical Report. – 2008. – 68 p.
15. Mongeau M. Optimization of Aircraft Container Loading / M. Mongeau, C. Bès // IEEE Transactions on aerospace and electronic systems. – 2002. – Vol. 39. – P. 140-150.
16. Herman A. Integration model for scheduling of passenger and cargo aircraft flight / A. Herman, D. Widiastuty // International Journal of Advanced Research. – 2018. – 6 p.
17. Fok K. Optimizing Air Cargo Load Planning and Analysis / K. Fok, A. Chun // International Conference on Computing, Communications and Control Technologies. – 2004. – 6 p.
18. Loading aircraft for military operations / G. Gueret, N. Jussien, O. L’homme, C. Pavageau, C. Prins // Journal of the Operational Research Society. – 2003. – No. 53. – P. 458-465.
19. Nance R.L. An advanced tabu search for solving the mixed payload airlift loading problem / R.L. Nance, A.G. Roesener, J.T. Moore // Journal of the Operational Research Society. – 2011. – No. 62. – P. 337-347.
20. Military Transport Aircraft. TO 1C-17A-9: Loading Instructions: USAF Series C-17A Aircraft. – McDonnell Douglas Corporation, 2007. – 24 p.
21. Банзекуливахо М. Ж. Логистика складирования: учеб.-метод. комплекс для студентов специальности 1-26 02 05 «Логистика» / М. Ж. Банзекуливахо, О. С. Гулягина. – Новополюцк: ПГУ, 2015. С. 155 – 170.
22. Механизация погрузочно-разгрузочных, транспортно-складских работ. Складское хозяйство, средства механизации, трубные базы, площадки комплектации технологического оборудования, вопросы безопасности / Ш.М. Мерданов, В.Е. Буженко, Д.В. Райшев, А.В. Шаруха. Под ред. д-ра техн. наук, проф. Ш.М. Мерданова. – Тюмень: 2014. – 631с



23. Закон України «Про затвердження Правил охорони праці під час вантажно-розвантажувальних робіт». – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0124-15#Text>
24. Особливості авіаперевезення негабаритних вантажів. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://dslua.com/ua/2019/09/13/osoblivosti-aviaperevezennya-negabaritnih-vantazhiv/>
25. Руденко, Е. С. Обработка результатов эксперт-них оценок [Електрон. ресурс] / Е. С. Руденко, А. В. Шамов // Проблемы техники. - 2013. - № 2. - С. 139-145. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ptekh\\_2013\\_2\\_18](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ptekh_2013_2_18).
26. Кіріченко, В. О. Метод підвищення ефективності експлуатації засобів транспорту на основі автоматизації процесу. [Текст] / В. О. Кіріченко, І. В. Трофіменко, Ю. Є. Шапран, // Телекомунікаційні та інформаційні технології - 2017. - № 2. - С. 82-86.
27. Коломієць, О. М., (2017). Оцінювання впливу застосування інтелектуальної системи експлуатації судна на вирішення завдань безпеки. [Текст] / О. М. Коломієць, О. В. Данік. // Стандартизація. Сертифікація. Якість. - 2017. - № 2. - С. 75-78.
28. Соловьєв, А. В. Методика оценки экологической эффективности судов внутреннего плавания. [Текст] / А. В. Соловьєв. // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. - 2017. - № 2 (42). DOI: 10.21821 / 2309-5180-2017-9-2-306-322.
29. Курбатова, Е. С. Організаційно-економічні передумови і умови ефективного використання речного транспорту в системі транспортних комунікацій Росії. [Текст]. Диссерт. на соік. уч. степ. . ... к. Е н. 08.00.05 - «Економіка і управління народним господарством (економіка, організація і управління підприємствами, галузями, комплексами - транспорт)». Москва. - 2019. - С. 144
30. Беляев, І. В. Повышение комфортабельности круизных судов, как фактор роста их конкурентоспособности [Електронний ресурс]. – Режим доступу: / І. В. Беляев, А. А. Сєхв // ТДР. - 2009. - № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-komfortabelnosti-kruiznyh-sudov-kak-faktor-rosta-ih-konkurentosposobnosti>.

31. Трухінова, О. Л. (2019). Формірованіє сі- стемной оценки удовлетворенности потребітелей в процесі інвестиційного вибору круїсного судна. [Текст] / О. Л. Трухінова. // Научніє проблеми вод- ного транспорта. - 2019. - № 61. - С. 153-163.
32. Боровік, С. С. Модель задачі оптімального розподілу пасажірського флоту за маршрутами. [Текст] / С. С. Боровік. // Вісник Херсонського національного технічного універсітету. - 2020. - № 3 (74) - С. 11-18 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2020.3.1>
33. Ковтун, Н. Л. Техніко-економічеській аналіс жісненного цікла перспектівного флоту. [Текст] / Н.Л. Ковтун. // Труды Криловського государственного научного центра. - 2018. № 3 (385). - С. 77-84 DOI: 10.24937 / 2542-2324-2018-3-385-77-8.
34. Белов, О. А. Аналітічеській обзор факторов ефектівной експлуатації морського транспорта. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:/ О. А. Белов // Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы і пути развития. - 2019. - №1-1.59 URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/analiticheskiy-obzor-faktoroveffektivnoy-ekspluatatsii-morskogo-transporta>
35. Ваховская, М. Ю. Определеніє коммерческой ефектівности эксплуатации судов на маршруте анапа - ялта [Електронний ресурс]. – Режим доступу:/ М. Ю. Ваховская. // Научный вестник: финансы, банки, инвестиции. - 2018. - № 4 (45). С. - 221-232 URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-kommercheskoy-effektivnosti-ekspluatatsii-sudov-na-marshrute-anapa-yalta>
36. Сёмін, А. А. Экспресс-оценка рыночной стоимости і ефектівности содержания пассажірських судов внутреннего і смешанного плавания. [Текст] /А. А. Сёмін, Е. Н. Тімощук // Водній транспорт. - 2016. - № 1. - С. 94-99.
37. Егоров, Г. В. Лінейка круїсних пассажірських судов для внутрєнніх водних путей. [Текст] / Г. В. Егоров, І. А. Ільницький. // Вісник Одеського національного морського універсітету. - 2013. - № 2.- С. 20-40.
38. Войт, М. Н. (2014 року). Развітіє сфери круїсних услуг на основе повишенія качества обслуживанія
39. Повітряний кодекс України від 19.05.2011 № 3393-VI.

40. Закон України "Про транспорт" від 10.11.1994 № 232/94-ВР (зі змінами й доповненнями).
41. Закон України "Про ліцензування певних видів господарської діяльності" від 01.06.2000 № 1775-III (зі змінами й доповненнями).
42. Закон України "Про державну статистику" від 13.07.2000 № 1922-III (зі змінами й доповненнями).
43. Glossary for Transport Statistics, Eurostat, ITF, Unece, 2009. 6. Компендіум Європейської статистичної комісії (Statistical Requirements Compendium, 2009 edition).
44. Ицкович А.А. Управление процессами технической эксплуатации летательных аппаратов: учеб. пособие. - М.: МГТУ ГА, 2012. - Ч. 1.
45. Смирнов Н.Н., Герасимова Е.Д. Основы теории эксплуатации авиационной техники: пособие по выполнению курсовой работы. - М.: МГТУ ГА, 2012.
46. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем: учебник для вузов. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 2001.
47. Amiouny, S.V., Bartholdi, J.J., III, Vande Vate, J.H., and Zhang, J., "Balance Loading," Operations Research, 40(2), 1992, pp.238-246.
48. Heidelberg K. R., Parnell G. S., Ames J. E. IV, "Automated Air Load Planning", Naval Research Logistics, 45 (8), 1998, pp.751-768.
49. Marcel Mongeau, Christian Bes, "Optimization of Aircraft Container Loading", IEEE Transaction on Aerospace and Electronic Systems, 39 (1), 2003, pp.140-150.
50. Clive Thomas, Kevin Campbell, Gail Hines, Michael Racer, "Airbus Packing at Federal Express", Interfaces, 28 (4), 1998, pp.21-30.
51. Joseph E. Beaini, Pascal R. Bedrossian, "Model for Maximizing Container Loading in the Airfreight Industry", MAESC'99, 1999, pp.1-11.
52. Scandinavian Cargotimes (2003), "The daily '10 000 bit puzzle'," Retrieved 1 May 2004 from <http://www.sascargo.com/default.asp?NavID=1036>
53. Cathay Pacific (n.d.), "Cathay Pacific releases April 2004 Traffic Figures," Retrieved 1 May 2004 from [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.cathaypacific.com/intl/aboutus/investor/0,,00.html>

54. TDC Trade (n.d.), "Swisscargo sees 85% surge in load factor for 1998," Retrieved 1 May 2004 from [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.tdctrade.com/shippers/vol22\\_4/vol22\\_4\\_log4.htm](http://www.tdctrade.com/shippers/vol22_4/vol22_4_log4.htm)
55. Shareholder.com (6 March 2000), "Monthly Operating Statistics February 2000," Retrieved 1 May 2004 from [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.shareholder.com/klm/news/20000306-103289.cfm>
56. Uwe H. Suhl and Leena M. Suhl, "Solving Airline-fleet Scheduling Problems with Mixed-integer Programming" Operational Research in Industry, (Eds. T. Ciriani, S. Gliozzi, E.L. Johnson and R. Tadei), MacMillan Press Ltd., 1999, 135-156.
57. Larsen, O. and Middelsen, G., "An interactive system for the loading of cargo aircraft," European Journal of Operational Research, Vol. 4, 1980, pp.367-373.
58. Martin-Vega, L. A. "Aircraft load planning and the computer: Description and review." Computers & Industrial Engineering, 9 (4), 1985, pp.357-369.
59. Ng. K. Y. K., "A multi-criteria optimization approach to aircraft loading", Operations Research, 40 (6), 1992, pp.1200-1205.
60. Mathur, K., "An integer-programming-based heuristic for the balanced loading problem." Operations Research Letters, 22, 1998, pp.19-25.
61. SriLankan Cargo (19 Jan 2004), "Fleet/Aircraft," Retrieved 1 May 2004 from [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.srilankancargo.com/pages/fleet/aircrafts.htm>
62. Joseph Fong (ed.), Data Mining, Data Warehousing & Client / Server Databases – Proceedings of the 8th International Hong Kong Computer Society Database Workshop, Springer Verlag, 1997.
63. Ralph Kimball, The Data Warehouse Toolkit – Practical Techniques for Building Dimensional Data Warehouses , John Wiley & Sons, 1996.
64. Shannon, Hapner, Matena, Davidson, Pelegri-Llopart, Cable and The Enterprise Team, Java 2Platform, Enterprise Edition: Platform and Component Specifications, Addison-Wesley Pub Co, 2000.