

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ТРАНСПОРТУ, МЕНЕДЖМЕНТУ І ЛОГІСТИКИ
КАФЕДРА ОРГАНІЗАЦІЇ АВІАЦІЙНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ**

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

_____ Шевчук Д. О.

« ____ » _____ 2022 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ

«БАКАЛАВР»

Тема: «Організація авіаційних вантажних перевезень до антарктичних станцій»

Виконавець: Павлік Борис Ісаакович

Керівник: к.п.н., доцент Борець Ірина Валеріївна

Консультант: к.п.н., доцент Борець Ірина Валеріївна

Нормоконтролер: к.е.н., доцент Дерев'янка Тамара Антонівна

Київ 2022

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ТРАНСПОРТУ, МЕНЕДЖМЕНТУ І ЛОГІСТИКИ
КАФЕДРА ОРГАНІЗАЦІЇ АВІАЦІЙНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Спеціальність: 275 «Транспортні технології (за видами)»
(шифр та найменування спеціальності)

Спеціалізація: 275.04 «Транспортні технології (на повітряному транспорті)»
(шифр та найменування спеціалізації)

Освітньо-професійна програма: «Організація перевезень та управління на транспорті (повітряному)»
(найменування ОПП)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Шевчук Д. О.

« ____ » _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання кваліфікаційної роботи

_____ Павліка Бориса Ісааковича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи «Організація авіаційних вантажних перевезень до антарктичних станцій»

затверджена наказом ректора від «27» квітня 2022 р. № 436/од _____.

2. Термін виконання роботи: з «16» травня 2022 р. по «19» червня 2022 р.

3. Вихідні дані до роботи: аналітична і статистична інформація IATA, EUROCONTROL, компаній Airbus, Boeing та Israel Aerospace Industries _____.

4. Зміст пояснювальної записки: аналіз світового ринку авіаційних вантажних перевезень та парку вантажних повітряних суден; особливості виконання авіаційних перевезень до Антарктики; вибір повітряного судна для виконання авіаційних вантажних перевезень до антарктичних станцій; оцінка можливості використання конвертованих повітряних суден для виконання

авіаційних вантажних перевезень до антарктичних станцій без дозавправлення на аеродромах в Антарктиці_____.

5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: операційні та чисті результати авіаційної галузі за 2013-2020 роки; значення коефіцієнту зайнятості пасажирських крісел та коефіцієнту використання комерційного завантаження за 2000-2020 роки; прогноз розподілу вантажних повітряних суден на 2040 рік за статусом; прогноз розподілу попиту на вантажні повітряні судна за корисним навантаженням_____.

6. Календарний план-графік

№ п/п	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1	Здійснити збір аналітичної та статистичної інформації	16.05.2022 – 18.05.2022	виконано
2	Виконати аналіз світового ринку авіаційних вантажних перевезень та парку вантажних повітряних суден, дослідити особливості виконання авіаційних перевезень до Антарктики	19.05.2022 – 21.05.2022	виконано
3	Написати та оформити аналітичну частину кваліфікаційної роботи	22.05.2022 – 24.05.2022	виконано
4	Здійснити вибір повітряного судна для виконання авіаційних вантажних перевезень до Антарктики	25.05.2022 – 27.05.2022	виконано
5	Розрахувати можливість використання конвертованих повітряних суден для виконання авіаційних вантажних перевезень до антарктичних станцій без дозавправлення на аеродромах в Антарктиці	28.05.2022 – 31.05.2022	виконано
6	Написати та оформити проектну частину кваліфікаційної роботи	01.06.2022 – 03.06.2022	виконано
7	Оформити пояснювальну записку, графічний матеріал та презентацію кваліфікаційної роботи	04.06.2022 – 05.06.2022	виконано

7. Дата видачі завдання: «16» травня 2022 р.

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Борець І. В.
(підпис керівника)

Завдання прийняв до виконання _____ Павлік Б. І.
(підпис виконавця)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи «Організація авіаційних вантажних перевезень до антарктичних станцій» містить: 45 сторінок, 32 рисунків, 9 таблиць, 40 використаних джерел.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ПЕРЕВЕЗЕННЯ, ВАНТАЖ, ВІЙСЬКОВО-ТРАНСПОРТНИЙ ЛІТАК, ВАНТАЖНИЙ ЛІТАК, КОНВЕРТАЦІЯ, ПАЛИВО, ДОЗАПРАВЛЕННЯ, АНТАРКТИКА, АНТАРКТИЧНА СТАНЦІЯ.

Об'єктом дослідження є процес виконання авіаційних перевезень до антарктичних станцій.

Предметом дослідження є можливість використання конвертованих повітряних суден для виконання авіаційних вантажних перевезень до антарктичних станцій без дозаправлення на аеродромах в Антарктиці.

Мета кваліфікаційної роботи полягає у зменшенні витрат на авіаційне паливо завдяки виконанню авіаційних вантажних перевезень до антарктичних станцій без дозаправлення на аеродромах в Антарктиці.

Методи дослідження: метод рейтингових оцінок, метод аналітичного моделювання, методи аналізу та порівняння.

В аналітичній частині здійснено аналіз світового ринку авіаційних вантажних перевезень та парку вантажних повітряних суден, досліджено особливості виконання авіаційних перевезень до Антарктики.

У проектній частині здійснено вибір повітряного судна для виконання авіаційних вантажних перевезень до Антарктики; розраховано кількість палива для виконання прямого та зворотного рейсів без дозаправлення на аеродромі в Антарктиці; а також здійснено порівняння витрат на авіаційне паливо між вибраними типами повітряних суден.

Отримані результати можуть бути використані авіакомпаніями та іншими виконавцями авіаційних перевезень для оптимізації витрат на авіаційне паливо при виконанні авіаційних вантажних перевезень до антарктичних станцій.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	6
ВСТУП	7
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	9
1.1. Аналіз світового ринку авіаційних вантажних перевезень та парку вантажних повітряних суден.....	10
1.2. Особливості виконання авіаційних перевезень до Антарктики.....	17
2. ПРОЕКТНА ЧАСТИНА	25
2.1. Вибір повітряного судна для виконання авіаційних вантажних перевезень до антарктичних станцій.....	26
2.1.1. Визначення та розгляд вимог учасників авіаційного вантажного перевезення до повітряного судна.....	26
2.1.2. Застосування методу рейтингових оцінок для вибору повітряного судна	30
2.2. Оцінка можливості використання конвертованих повітряних суден для виконання авіаційних вантажних перевезень до антарктичних станцій без дозаправлення на аеродромах в Антарктиці	35
ВИСНОВОК.....	44
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	47

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

AIP	–	Aeronautical Information Publication;
ATK	–	Available tonne kilometres; the number of tonnes of capacity available for the carriage of revenue load (cargo) multiplied by the distance flown;
CCT	–	Combat Control Team;
COVID-19	–	гостра респіраторна хвороба COVID-19, спричинена коронавірусом SARS-CoV-2;
IAI	–	Israel Aerospace Industry;
IATA	–	International Air Transport Association;
ICAO	–	International Civil Aviation Organization;
JTAC	–	Joint Terminal Attack Controller;
JTF-SFA	–	Joint Task Force – Support Forces Antarctica;
NYANG	–	New York Air National Guard;
P2F	–	Passenger-to-Freighter;
RAAF	–	Royal Australian Air Force;
RNZAF	–	Royal New Zealand Air Force;
USAF	–	United States Air Force;
USAP	–	United States Antarctic Program;
ПС	–	повітряне судно.

ВСТУП

Кафедра організації авіаційних перевезень				НАУ. 22. 16. 19. 001 ПЗ				
Виконавець	Павлік Б. І.			ВСТУП	Літера	Аркуш	Аркушів	
Керівник	Борець І. В.					Д	7	1
Консультант	Борець І. В.				ФТМЛ 275.04.401			
Нормоконтр.	Дерев'янка Т. А.							
Зав. каф.	Шевчук Д. О.							

Організація авіаційних вантажних перевезень є складним процесом, що потребує вирішення великої кількості окремих задач на різних рівнях відповідальності для того, щоб здійснити безпечне перевезення вантажу з найменшими фінансовими та часовими витратами.

Пандемія COVID-19 спричинила збільшення попиту на виконання авіаційних вантажних перевезень, що спонукало авіакомпанії на пошук нових ринків та рішень, серед яких – переобладнання пасажирських літаків для перевезення вантажів на верхній палубі, а також збільшення попиту на конвертацію пасажирських літаків у вантажні (P2F).

Авіаційні вантажні перевезення до Антарктики виконуються здебільшого військово-транспортними літаками. Водночас, спостерігається тенденція виконання авіаційних перевезень до антарктичних станцій пасажирськими літаками авіакомпаній цивільної авіації, незважаючи на особливості виконання та відсутність міжнародного регулювання процесу організації таких перевезень. Виконання авіаційних перевезень до антарктичних станцій пасажирськими літаками дозволяє розглянути можливість використання конвертованих за програмою P2F повітряних суден для перевезення вантажів для персоналу антарктичних станцій.

Більшість повітряних суден, які виконують авіаційні перевезення до Антарктики, не мають достатньої кількості палива для виконання зворотного рейсу та потребують дозаправлення безпосередньо на аеродромі в Антарктиці. Головним недоліком дозаправлення на аеродромі є вартість авіаційного палива, що спонукає авіакомпанію (виконавця авіаційного перевезення) розглянути можливість використання конвертованих за програмою P2F повітряних суден, гранична дальність польоту з максимальним комерційним навантаженням яких є допустимою для виконання прямого та зворотного рейсів без дозаправлення на аеродромі в Антарктиці, для оптимізації витрат на авіаційне паливо.

1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

Кафедра організації авіаційних перевезень				НАУ. 22. 16. 19. 100 ПЗ				
Виконавець	Павлік Б. І.			1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	Літера	Аркуш	Аркушів	
Керівник	Борець І. В.					Д	9	15
Консультант	Борець І. В.				ФТМЛ 275.04.401			
Нормоконтр.	Дерев'янка Т. А.							
Зав. каф.	Шевчук Д. О.							

1.1. Аналіз світового ринку авіаційних вантажних перевезень та парку вантажних повітряних суден

За даними Міжнародної асоціації повітряного транспорту (IATA), пандемія COVID-19 в 2020 році суттєво вплинула на світовий ринок авіаційних пасажирських перевезень: коефіцієнт зайнятості пасажирських крісел у 2020 році становив 65,1% проти 82,5% в 2019 році. Кількість перевезених пасажирів повітряним транспортом в 2020 році становила 1,8 млрд осіб проти 4,5 млрд осіб у 2019 році.

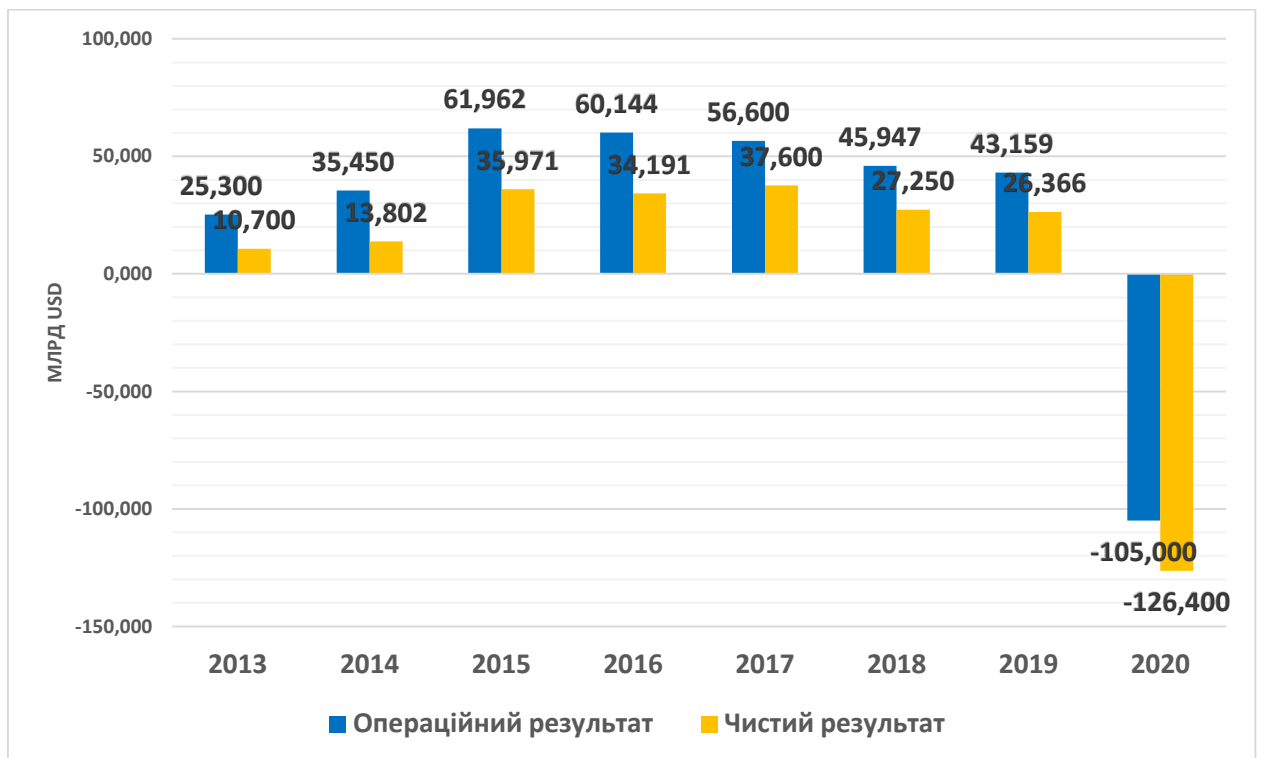


Рис. 1.1. Операційні та чисті результати авіаційної галузі за 2013-2020 роки

Операційний збиток авіаційної галузі в 2020 році становив 105 млрд USD, чистий збиток – 126,4 млрд USD. У квітні 2020 року 66% світового парку ПС було «приземлено» через закриття кордонів та введення обмежувальних заходів, що є найбільшим показником протягом пандемії COVID-19.

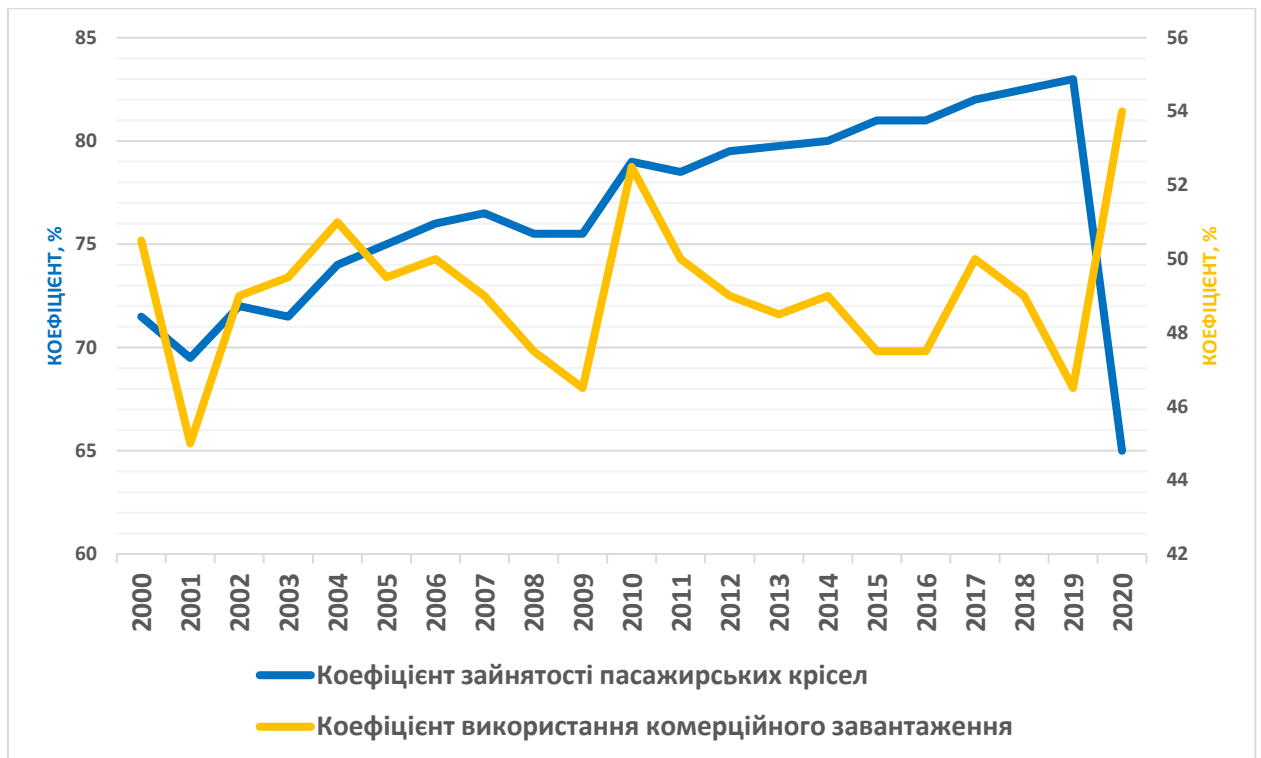


Рис. 1.2. Значення коефіцієнту зайнятості пасажирських крісел та коефіцієнту використання комерційного завантаження за 2000-2020 роки

На відміну від авіаційних пасажирських перевезень, вантажні перевезення показали вражаючі результати. Незважаючи на те, що показник доступного вантажообігу (АТК) впав на 21% з 543,717 млрд т-км у 2019 році до 430,016 млрд т-км в 2020 році, коефіцієнт використання комерційного завантаження ПС зріс на 7%: з 46,7% у 2019 році до 53,8% в 2020 році.

Зниження кількості авіаційних пасажирських перевезень, вимушений простій парку пасажирських ПС та збільшення попиту на виконання авіаційних вантажних перевезень спонукало авіакомпанії на пошук нових ринків та рішень задля протидії можливого банкрутства внаслідок недоотримання запланованих доходів. І хоча уряди деяких країн (Швейцарія, Франція тощо) надавали авіакомпаніям фінансову підтримку у вигляді субсидій, навіть національні авіаперевізники оголошували про початок процедури банкрутства: італійська авіакомпанія «Alitalia» була ліквідована внаслідок банкрутства та реорганізована в «Italia Transport Aereo».

Одним із рішень зазначених викликів для авіакомпаній було переобладнання пасажирських ПС для перевезення вантажів не тільки у вантажних відсіках, а й на верхній палубі. Переобладнання не потребує капітальних вкладень, на відміну від закупівлі спеціалізованих вантажних ПС, та може здійснюватися власними центрами технічного обслуговування ПС за наявності відповідних сертифікатів на виконання технічних операцій.



Рис. 1.3. Пасажирський літак Boeing 777-300ER авіакомпанії «Air Canada»



Рис. 1.4. Завантаження вантажу у вантажні відсіки



Рис. 1.5. Фіксуючі місця та вантажні сітки на верхній палубі літака



Рис. 1.6. Завантаження вантажу на верхню палубу літака

У квітні 2020 року канадський національний авіаперевізник «Air Canada» здійснив переобладнання своїх далекомагістральних широкофюзеляжних пасажирських літаків компанії Boeing. Три літаки Boeing 777-300ER були переобладнані канадською компанією Avianog у власному

центрі технічного обслуговування в міжнародному аеропорту «Монреаль-Мірабель». Спеціальне технічне рішення компанії Avianor щодо зняття 422 пасажирських крісел та створення вантажних зон на верхній палубі літака було розроблено та впроваджено протягом шести днів. Вказані технічні операції з переобладнання були сертифіковані та схвалені Міністерством транспорту Канади.

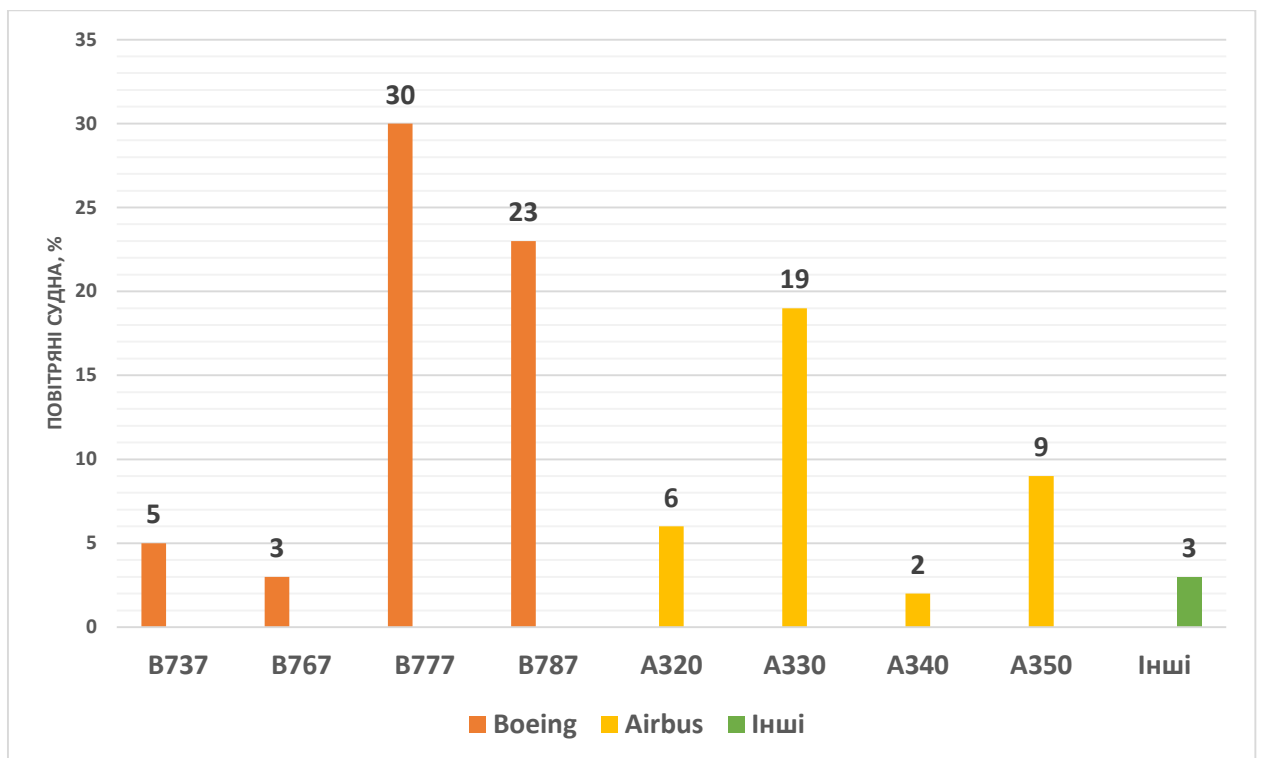


Рис. 1.7. Розподіл пасажирських ПС, які використовувались для виконання вантажних перевезень, за типами

За даними консалтингової компанії Cargo Facts Consulting, 199 авіакомпаній перенаправили свій авіаційний парк пасажирських ПС на виконання виключно вантажних перевезень. Близько 2600 пасажирських ПС виконували вантажні перевезення медичних виробів та обладнання, лікарських засобів та вакцин, здійснювали доставку товарів електронної комерції (e-commerce) та іншого вантажу, з'єднуючи закриті через обмежувальні заходи регіональні ринки внаслідок пандемії COVID-19. Майже 90% пасажирських ПС, які залучалися до виконання вантажних перевезень, є

далекомагістральними широкофюзеляжними літаками. Більше 60% становлять літаки компанії Boeing. Близько половини пасажирських літаків, що виконували авіаційні вантажні перевезення, належать авіакомпаніям Азії.

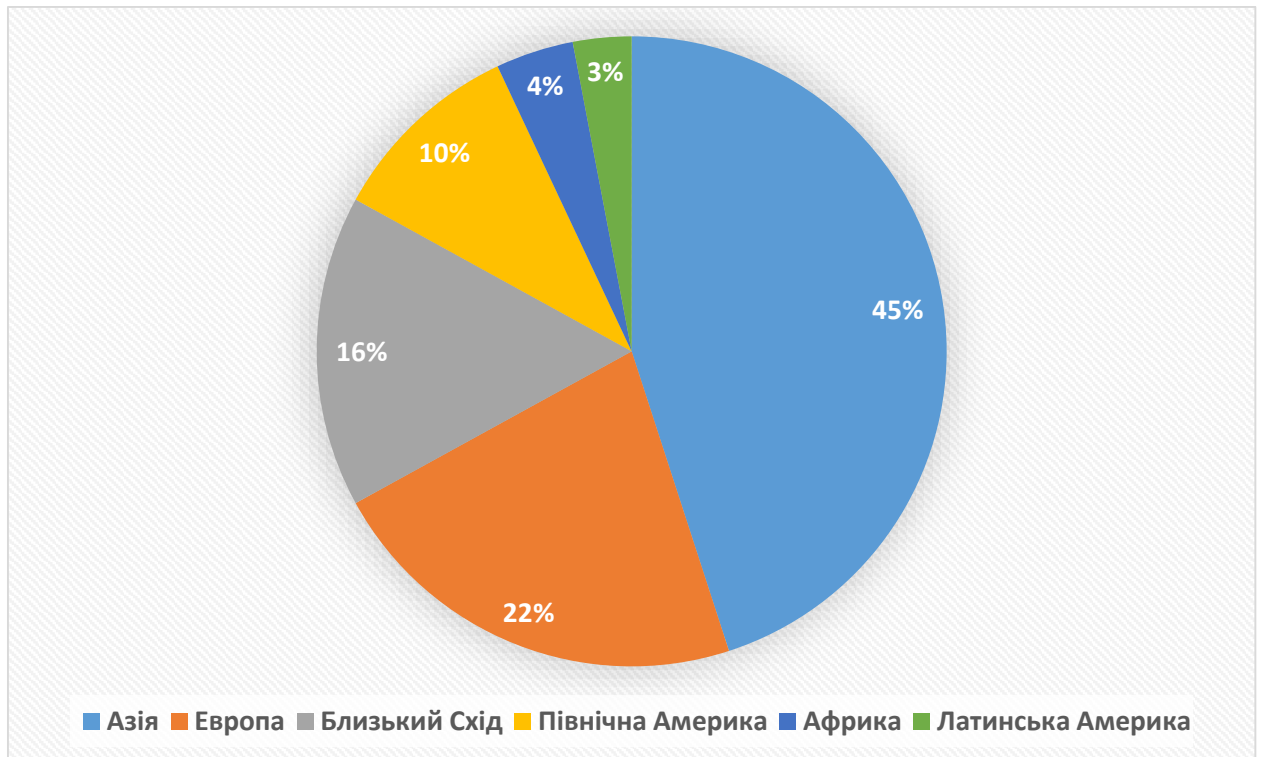


Рис. 1.8. Розподіл пасажирських ПС, які використовувались для виконання вантажних перевезень, за регіональними ринками

За прогнозом світового авіаційного ринку від компанії Airbus, у найближчі 20 років кількість вантажних ПС зросте майже на 1000 літаків. Менше 20% світового парку вантажних ПС в 2040 році становитимуть літаки, що знаходяться в експлуатації з 2020 року. 75% світового парку вантажних літаків буде замінено до 2040 року.

Щоб продовжити термін експлуатації ПС, одним з варіантів є зміна ролі ПС з пасажирського на вантажний за допомогою переобладнання. Прогноз світового авіаційного ринку від компанії Airbus показує, що більше 50% всього парку вантажних літаків у 2040 році становитимуть ПС, що конвертовані з пасажирських (P2F).

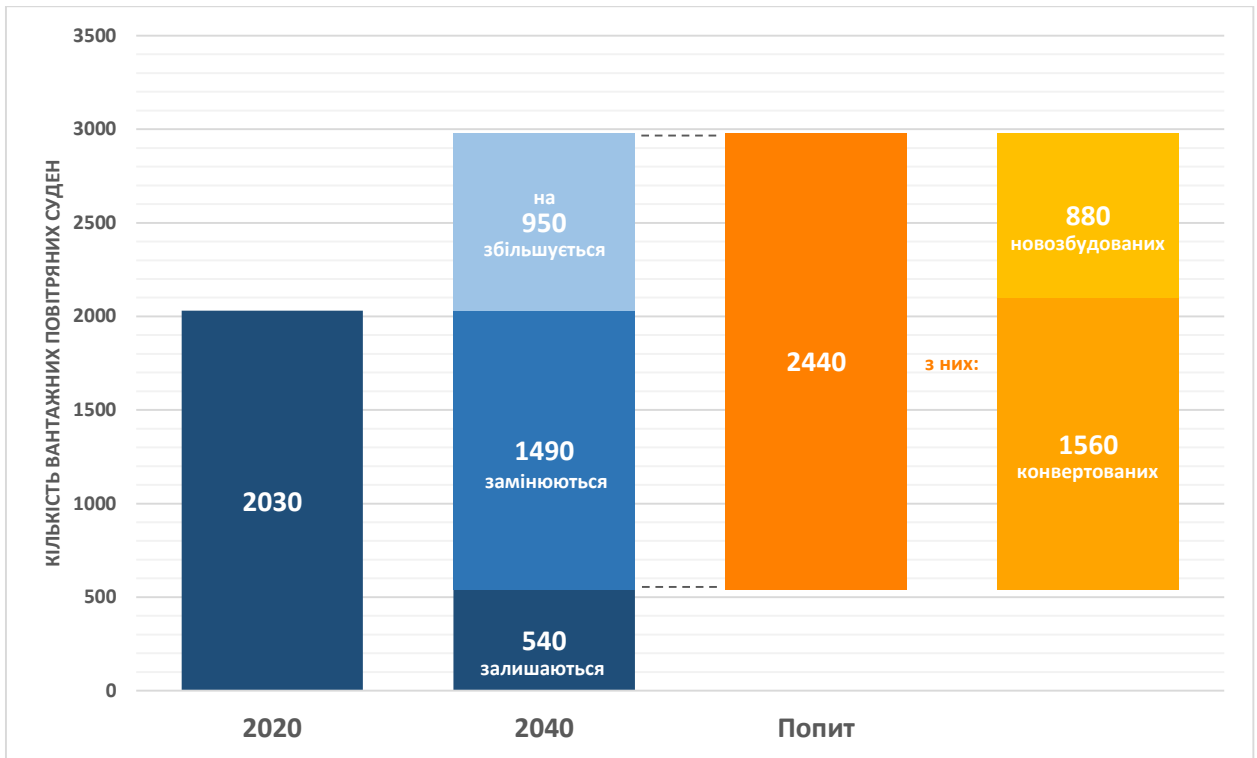


Рис. 1.9. Прогноз розподілу вантажних повітряних суден на 2040 рік за статусом

Airbus прогнозує, що сумарний попит в 2440 вантажних літаків буде розподілено між сегментами наступним чином:

- малі (корисне навантаження 10-40 т): 1000 літаків;
- середні (корисне навантаження 40-80 т): 900 літаків;
- великі (корисне навантаження більше 80 т): 540 літаків.

За даними аналітичної системи InsightIQ компанії IBA Group Limited, найпоширенішими типами пасажирських літаків компанії Boeing, конвертованими за програмою P2F, є Boeing 737-800 в малому сегменті та Boeing 767-300 у середньому. Їх конкурентами є Airbus A320/A321 та Airbus A330 у малому та середньому сегментах відповідно.

В найближчій перспективі ринок великого сегменту вантажних ПС поповниться новим спеціалізованим вантажним літаком Airbus A350F, який становитиме конкуренцію спеціалізованим вантажним літакам Boeing 747-8F та Boeing 777F.

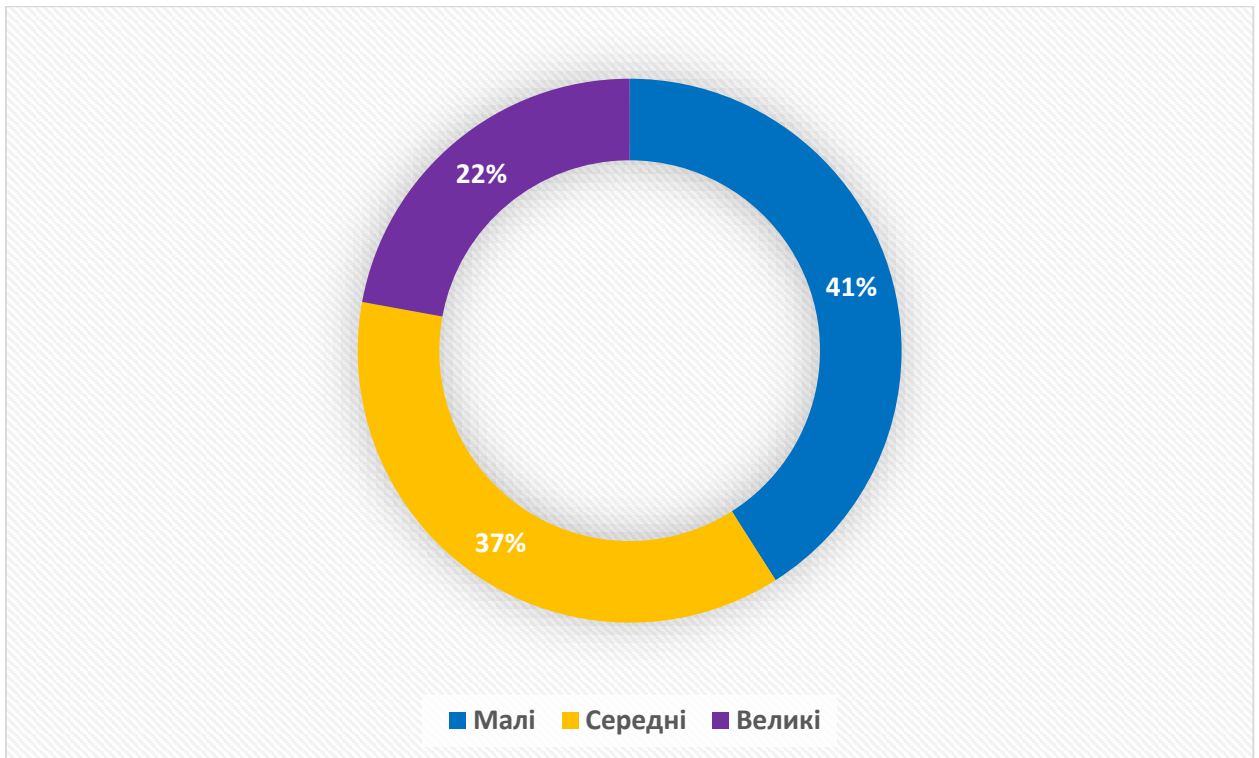


Рис. 1.10. Прогноз розподілу попиту на вантажні повітряні судна за корисним навантаженням

Конвертовані за програмою P2F або переобладнані ПС дозволять приєднатися до ринку авіаційних вантажних перевезень авіакомпаніям, які до цього спеціалізувалися виключно на пасажирських перевезеннях, мають парк виключно пасажирських ПС та/або які не планували закупівлю спеціалізованих вантажних ПС через необхідність істотних фінансових витрат на їх закупівлю та подальше обслуговування.



Рис. 1.11. Airbus A350F

1.2. Особливості виконання авіаційних перевезень до Антарктики

21 жовтня 1956 року військово-транспортний літак Douglas C-124 Globemaster II Повітряних сил США (USAF) вилетів з міста Крайстчерч, Нова Зеландія, та приземлився в Антарктиці, таким чином відкривши «повітряний міст» для авіаційних перевезень пасажирів і вантажу. Вже більше півстоліття військово-транспортна авіація США виконує авіаційні перевезення до Антарктики в рамках операцій серії «Deep Freeze» Антарктичної програми США (USAP). Об'єднана оперативна група сил підтримки в Антарктиці Міністерства оборони США (JTF-SFA) використовує військово-транспортні літаки Lockheed C-130 Hercules Королівських повітряних сил Нової Зеландії (RNZAF) та Повітряних сил Італії, Lockheed LC-130 Hercules (модифікація C-130 з лижами) 109-го транспортного авіакрила Повітряних сил Національної гвардії США штату Нью-Йорк (109th Airlift Wing, NYANG), Boeing C-17 Globemaster III 304-ї експедиційної транспортної авіаційної ескадрильї Повітряних сил США (304th Expeditionary Airlift Squadron, USAF), та літаки Boeing 757-2K2 Королівських повітряних сил Нової Зеландії (RNZAF). Також використовуються пасажирські літаки Airbus A319ACJ австралійської авіакомпанії «Skytraders», які зафрахтовані Антарктичним управлінням Австралії (Australian Antarctic Division).



Рис. 1.12. Boeing C-17 Globemaster III RAAF здійснює повітряне десантування вантажів



Рис. 1.13. Зона приземлення вантажів

Крім виконання польотів з посадкою в Антарктиці, військово-транспортними літаками Boeing C-17 Globemaster III Королівських повітряних сил Австралії (RAAF) в межах операцій серії «Southern Discovery» Антарктичного управління Австралії здійснюються безпосадкові польоти над Антарктикою для повітряного десантування вантажів (airdrop). Наземні команди спеціалістів (JTAC та/або ССТ) Сил оборони Австралії (Australian Defense Force) разом з технічними спеціалістами антарктичних станцій здійснюють супровід, забезпечують безпеку на території зони приземлення вантажів (drop zone) та комунікацію між наземними командами і екіпажем ПС під час проведення операцій з повітряного десантування вантажів.



Рис. 1.14. Boeing C-17 Globemaster III USAF на аеродромі «Phoenix» американської науково-дослідної антарктичної станції Мак-Мердо



Рис. 1.15. Boeing C-17 Globemaster III USAF разом з науковим і технічним персоналом прибув на аеродром «Phoenix»

Зима в Антарктиці, яка триває з квітня по вересень, є особливим періодом для виконання авіаційних перевезень. Взимку в Антарктиці триває полярна ніч, яка разом зі снігопадами унеможливорює виконання авіаційних перевезень. Водночас, польоти взимку (winter fly-in – WinFly) виконуються завдяки злагодженим діям технічного персоналу антарктичних станцій, команд служб організації перевезень та наземного обслуговування, екіпажів ПС навіть в несприятливих погодних умовах. Необхідність здійснення польотів взимку обумовлена потребою персоналу антарктичної станції в

продуктах харчування, паливі та підготовкою антарктичної станції до прибуття сезонних наукових працівників для початку роботи після антарктичної зими.



Рис. 1.16. Boeing C-17 Globemaster III USAF на аеродромі «Pegasus» після виконання першої посадки з використанням приладів нічного бачення



Рис. 1.17. Процес розвантаження Boeing C-17 Globemaster III USAF на аеродромі «Pegasus»



Рис. 1.18. Boeing C-17 Globemaster III USAF на аеродромі «Phoenix» після виконання завершального рейсу ICE05 операції «WinFly 2021»

11 вересня 2008 року військово-транспортний літак Boeing C-17 Globemaster III Повітряних сил США (USAF) здійснив посадку на аеродром «Pegasus» американської науково-дослідної антарктичної станції Мак-Мердо під час полярної ночі в умовах повної темряви. Екіпаж ПС вперше використовував прилади нічного бачення, а технічний персонал служби наземного обслуговування аеродрому забезпечував функціонування світлосигнальної системи в спеціальному режимі. З 2016 року такі польоти здійснюються кожну полярну ніч.



Рис. 1.19. Lockheed C-130 Hercules RNZAF на аеродромі «Phoenix» перед виконанням рейсу аеромедичної евакуації у полярну ніч



Рис. 1.20. Транспортування пацієнта з карети швидкої допомоги до вантажного відсіку Lockheed C-130 Hercules RNZAF на аеродромі «Phoenix»

Однією з особливостей виконання авіаційних перевезень до Антарктики є вимога до екіпажу ПС бути готовим до виконання рейсу аеромедичної евакуації (medical evacuation – MEDEVAC) відразу після здійснення посадки на антарктичний аеродром.

Використання військово-транспортних та пасажирських літаків для перевезення пасажирів і вантажу до антарктичних станцій дозволяє визначити особливості таких перевезень:

– погодні умови: можливість здійснення польоту залежить від погодних умов на аеродромах вильоту, посадки та за маршрутом польоту; більшість таких перевезень є сезонними, оскільки злітно-посадкові смуги засипає снігом

під час антарктичних зим, що унеможлиблює безпечну експлуатацію злітно-посадкових смуг та аеродромів загалом; висока ймовірність виникнення умов низької видимості, що перешкоджає можливості візуального заходу на посадку, який є одним із основних для антарктичних аеродромів;

– навігаційні обмеження: відсутність диспетчерського обслуговування повітряного руху на маршруті польоту; недоступність технології ADS-B на маршруті польоту, що вимагає використання засобів супутникового та ВЧ-зв'язку; обмеженість можливостей здійснення посадки за приладами;

– інфраструктурні обмеження: фактична відсутність інфраструктурного комплексу для прийому, обслуговування та відправлення пасажирів, обробки вантажу та пошти; мінімальна кількість персоналу та обладнання відповідних наземних служб.



Рис. 1.21. Дозаправлення Lockheed LC-130 Hercules NYANG на аеродромі в Антарктиці



Рис. 1.22. Літак-паливозаправник McDonnell Douglas KC-10 Extender USAF виконує дозаправлення військово-транспортного літака Lockheed C-141 Starlifter USAF у повітрі

Окремим аспектом є питання заправки паливом для виконання авіаційних перевезень. Тривалість польоту з міжнародного аеропорту «Christchurch» (код ICAO: NZCH) до аеродрому «Phoenix» (код ICAO: NZFX) американської науково-дослідної антарктичної станції Мак-Мердо становить від 5 до 7 годин в залежності від типу ПС. Більшість ПС, які виконують міжконтинентальні авіаційні перевезення до Антарктики, не мають достатньої

кількості палива для виконання зворотного рейсу. Дозаправлення авіаційним паливом здійснюється безпосередньо на антарктичному аеродромі або у повітрі. Головним недоліком дозаправлення на аеродромі є вартість авіаційного палива: середня вартість в Антарктиці у 7 разів вища за ринкову.

Середня річна температура в Антарктиці коливається від -10°C у прибережній зоні до -60°C в найвищих точках всередині континенту. Незважаючи на низьку температуру, Центром інженерних досліджень та розробок Інженерного корпусу армії США (U.S. Army Engineer Research and Development Center – ERDC) не зафіксовано жодного випадку замерзання палива при виконанні авіаційних перевезень.

Наразі фактично відсутні міжнародні правила, інструкції та інші нормативні документи від ICAO, IATA чи інших міжнародних організацій щодо порядку організації авіаційних перевезень до Антарктики, що вимагає від учасників авіаційного перевезення зосередити зусилля не тільки на процесі організації перевезення, а й на регламентації та організації контролю кожного етапу польоту ПС. За десятиліття виконання авіаційних перевезень до Антарктики, повітряні сили окремих країн в співпраці з державними організаціями та виконавчими органами, які відповідають за науково-дослідні програми в Антарктиці, розробили та впровадили інструкції і правила для взаємодії технічного персоналу та військовослужбовців, які залучаються до організації та виконання авіаційних перевезень.

Протягом останніх років спостерігається тенденція виконання авіаційних перевезень до антарктичних станцій пасажирськими літаками авіакомпаній цивільної авіації. З листопада 2019 року по лютий 2020 року британська чартерна авіакомпанія «Titan Airways» виконала 6 польотів між міжнародним аеропортом Кейптауна, Південно-Африканська Республіка (код ICAO: FACT), та аеродромом російської науково-дослідної антарктичної станції «Новолазаревская». Пасажирські літаки Boeing 757 та Boeing 767, оснащені спеціальними подовженими опорами амортизаційних стійок шасі, успішно здійснили посадку на льодову злітно-посадкову смугу аеродрому.



Рис. 1.23. Boeing 767 авіакомпанії «Titan Airways» на аеродромі в Антарктиці



Рис. 1.24. Airbus A340-300 авіакомпанії «Hi Fly» в Антарктиці

2 листопада 2021 року пасажирський літак Airbus A340-300 португальської чартерної авіакомпанії «Hi Fly» здійснив посадку на злітно-посадкову смугу «Wolf's Fang Runway» британського приватного антарктичного туристичного оператора «White Desert». Після 3-годинної підготовки до зворотного рейсу та близько 5 годин польоту, літак повернувся до міжнародного аеропорту Кейптауна.



Рис. 1.25. Boeing 767-300ER авіакомпанії «Icelandair» здійснює зліт з аеродрому «Troll» в Антарктиці

З листопада 2021 року по лютий 2022 року пасажирські літаки Boeing 767-300ER ісландського національного авіаперевізника «Icelandair» виконали 3 польоти до аеродрому «Troll» (код ICAO: ENOE), який розташовується за 7 км від однойменної норвезької науково-дослідної антарктичної станції на Землі Королеви Мод.



Рис. 1.26. Boeing 737 MAX 8 авіакомпанії «Smartwings» на аеродромі в Антарктиці



Рис. 1.27. Boeing 737 MAX 8 авіакомпанії «Smartwings» на аеродромі в Антарктиці

26 січня 2022 року пасажирський літак Boeing 737 MAX 8 чеської авіакомпанії «Smartwings» виконав 6-годинний політ з науковими працівниками до аеродрому «Troll», ставши першим пасажирським літаком нового покоління, який здійснив посадку в Антарктиці.

Активізація виконання авіаційних перевезень до Антарктики пасажирськими літаками авіакомпаній цивільної авіації та прогноз світового ринку авіаційних вантажних перевезень дозволяють спрогнозувати і виконати попередній аналіз можливості організації авіаційного вантажного перевезення до Антарктики з використанням конвертованого за програмою Р2F ПС для доставки обладнання та вантажів науковому і технічному персоналу антарктичних станцій.

2. ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

Кафедра організації авіаційних перевезень				НАУ. 22. 16. 19. 200 ПЗ			
Виконавець	Павлік Б. І.			2. ПРОЕКТНА ЧАСТИНА	Літера	Аркуш	Аркушів
Керівник	Борець І. В.				Д	25	18
Консультант	Борець І. В.				ФТМЛ 275.04.401		
Нормоконтр.	Дерев'янка Т. А.						
Зав. каф.	Шевчук Д. О.						

2.1. Вибір повітряного судна для виконання авіаційних вантажних перевезень до антарктичних станцій

2.1.1. Визначення та розгляд вимог учасників авіаційного вантажного перевезення до повітряного судна

Вибір ПС є одним із головних завдань процесу організації авіаційного перевезення. Необхідність врахування широкого спектру технічних показників щодо можливості виконання авіаційного перевезення певним типом ПС потребує проведення неупередженого та об'єктивного аналізу льотно-технічних характеристик ПС для встановлення їх відповідності заданим вимогам.

Основні вимоги до ПС надходять від авіакомпанії (виконавця авіаційного перевезення), експлуатанта аеродрому та авіаційного регулятора (уповноваженого органу з питань цивільної авіації). Експлуатантом аеродрому «Phoenix» американської науково-дослідної антарктичної станції Мак-Мердо є Антарктична програма США (USAP). Ключовою вимогою експлуатанта аеродрому є можливість обслуговування, прийому і відправлення заданого типу ПС. Аеродром «Phoenix» сертифіковано Повітряними силами США (USAF) для військово-транспортних літаків Boeing C-17 Globemaster III, Lockheed C-130 Hercules та Lockheed LC-130 Hercules. Водночас, Королівськими повітряними силами Нової Зеландії (RNZAF) практично доведено можливість використання літаків Boeing 757-200 (Boeing 757-2K2). Виконання авіаційних перевезень до аеродрому «Phoenix» літаками Boeing 757-200 дозволяє розглянути можливість використання аналогічних та нижче за класом повітряних суден.

Міжнародною організацією цивільної авіації (ICAO) в Додатку 14 до Конвенції про міжнародну цивільну авіацію зазначено, що з метою спрощення порівняння вимог до характеристик аеродромів та забезпечення відповідності ряду аеродромних споруд, обладнання та засобів тим типам літаків, що

експлуатуються на даному аеродромі, застосовується кодове позначення аеродрому (aerodrome reference code). Кодове позначення складається з двох елементів, які відносяться до льотно-технічних характеристик літака та його розмірів. Елемент 1 – номер, що залежить від розрахункової для типу літака довжини льотної смуги, елемент 2 – літера, що залежить від розмаху крила літака. Кодова літера або номер в елементі належать до характеристик критичного літака (літака з найбільшими значеннями льотно-технічних характеристик), який експлуатується на аеродромі.

Кодове позначення аеродрому, критичним літаком для якого є літак Boeing 757-200, становить «4D». Таким чином, аеродром «Phoenix» теоретично має можливість здійснювати обслуговування, прийом і відправлення повітряних суден, які є критичними літаками для аеродромів кодового позначення «4D» та нижче.

На основі аналітичних даних обрано 3 типи пасажирських літаків для аналізу можливості їх конвертації за програмою P2F:

- Boeing 737-800: один з найпоширеніших типів ПС в малому сегменті (є критичним літаком для аеродрому кодового позначення «4C»);
- Boeing 757-200: тип ПС в малому сегменті, який вже використовується (є критичним літаком для аеродрому кодового позначення «4D»);
- Boeing 767-300: один з найпоширеніших типів ПС в середньому сегменті (є критичним літаком для аеродрому кодового позначення «4D»).

Оскільки кодове позначення аеродрому «4C» є нижчим за «4D», вимоги експлуатанта аеродрому вважаються задоволеними.



Рис. 2.1. Boeing 737-800BDSF (Bedek Division Special Freighter) від компанії Israel Aerospace Industries (IAI)

Конвертацію пасажирських літаків за програмою P2F здійснюють авіабудівні компанії та їх підрядники у власних центрах обслуговування ПС. Для проведення аналізу та подальшого вибору ПС буде розглянуто наступні пропозиції авіабудівних компаній:

- Boeing 737-800: конвертація у Boeing 737-800BCF від компанії Boeing, конвертація у Boeing 737-800BDSF від компанії IAI;
- Boeing 757-200: конвертація у Boeing 757-200SF від компанії ST Aerospace;
- Boeing 767-300: конвертація у Boeing 767-300BCF від компанії Boeing, конвертація у Boeing 767-300BDSF від компанії IAI.



Рис. 2.2. Boeing 767-300BDSF (Bedek Division Special Freighter) від компанії Israel Aerospace Industries (IAI)

Конвертації у Boeing 737-800BCF, Boeing 737-800BDSF, Boeing 757-200SF, Boeing 767-300BCF та Boeing 767-300BDSF схвалені Федеральною авіаційною адміністрацією США (Federal Aviation Administration – FAA). Даний факт підтверджується Додатковими сертифікатами типу (Supplemental Type Certificate – STC) кожного типу ПС. Таким чином, вимоги авіаційного регулятора (уповноваженого органу з питань цивільної авіації) вважаються задоволеними.

Основні вимоги авіакомпанії (виконавця авіаційного перевезення) до ПС представлені льотно-технічними характеристиками:

- гранична дальність польоту з максимальним комерційним навантаженням;
- комерційне навантаження;
- об'єм основного вантажного відсіку;
- місткість паливних баків.

Окремою вимогою є вартість конвертації пасажирського літака.

2.1.2. Застосування методу рейтингових оцінок для вибору повітряного судна

Метод рейтингових оцінок полягає в порівнянні систем показників між собою та параметрами за їх вагомістю. Визначені авіакомпанією основні вимоги до ПС є параметрами, а відповідні їм значення кожного ПС – показниками.

Зазвичай, авіакомпанія (виконавець авіаційного перевезення), здійснюючи вибір ПС для виконання авіаційного вантажного перевезення, надає перевагу деяким льотно-технічним характеристикам ПС, розглядаючи інші характеристики за нижчим пріоритетом. Таким чином, виникає необхідність ранжування параметрів за їх вагомістю.

Найбільш вагомим параметром є гранична дальність польоту з максимальним комерційним навантаженням, оскільки авіакомпанія (виконавець авіаційного перевезення) потребує ПС, що здатне здійснювати прямий політ до аеродрому «Phoenix» американської науково-дослідної антарктичної станції Мак-Мердо, а за можливості – також і зворотній рейс без дозаправлення. Комерційне навантаження є суттєвим параметром, оскільки впливає на кількість вантажу, що перевозиться на борту ПС, та відповідно на розмір прибутку авіакомпанії за виконання авіаційного вантажного перевезення. Необхідним параметром для вибору ПС є вартість конвертації пасажирського літака, яка дозволяє оцінити розмір фінансових витрат авіакомпанії на виконання конвертації за програмою R2F. Незначним параметром є об'єм основного вантажного відсіку, що дозволяє оцінити можливість ПС здійснювати перевезення об'ємних вантажів. Найменш вагомим параметром є місткість паливних баків, що дозволяє оцінити можливість ПС здійснювати перевезення палива у власних паливних баках для поповнення паливного запасу антарктичної станції.

Таблиця 2.1

Показники повітряних суден

Параметр	Показники				
	Boeing 737-800BCF	Boeing 737-800BDSF	Boeing 757-200SF	Boeing 767-300BCF	Boeing 767-300BDSF
Гранична дальність польоту з максимальним комерційним навантаженням, км	3700	3700	4700	6000	6000
Комерційне навантаження, кг	24000	24000	30000	52000	58000
Вартість конвертації пасажирського літака, млн USD	4,10	4,10	5,20	14,50	14,70
Об'єм основного вантажного відсіку, м ³	141,50	141,50	180,00	336,50	336,50
Місткість паливних баків, л	26000	26000	42000	90000	90000

Ранжування параметрів здійснено за шкалою від 0% до 100% (від найменш вагомому параметру до найбільш вагомому параметру відповідно) з перетворенням у десятковий дріб, причому сумарне значення вагомості параметрів є таким, що становить 100%. Вагомість параметрів становить:

- 0,40 для граничної дальності польоту з максимальним комерційним навантаженням;
- 0,25 для комерційного навантаження;
- 0,20 для вартості конвертації пасажирського літака;
- 0,10 для об'єму основного вантажного відсіку;
- 0,05 для місткості паливних баків.

Для порівняння показників між собою необхідно здійснити ранжування показників в межах відповідних параметрів.

Ранжування показників здійснено за 10-бальною шкалою. Через неможливість рівнозначно (в межах всіх параметрів) встановити відповідність між оцінкою за 10-бальною шкалою та значенням показника, необхідно встановити відповідність між ними в межах відповідних параметрів.

Таблиця 2.2

Відповідність оцінок та значень показників в межах параметрів

Параметр	Оцінка показника	Показник
Гранична дальність польоту з максимальним комерційним навантаженням	1	найменший
	5,5	середній
	10	найбільший
Комерційне навантаження	1	найменший
	4	менший
	7	більший
	10	найбільший
Вартість конвертації пасажирського літака	1	найбільший
	4	більший
	7	менший
	10	найменший
Об'єм основного вантажного відсіку	1	найменший
	5,5	середній
	10	найбільший
Місткість паливних баків	1	найменший
	5,5	середній
	10	найбільший

Таблиця 2.3

Ранжування показників в межах відповідних параметрів

Параметр (i)	Вагомість параметру (k _i)	Оцінка показника (M _{ij})				
		Boeing 737-800BCF (A ₁)	Boeing 737-800BDSF (A ₂)	Boeing 757-200SF (A ₃)	Boeing 767-300BCF (A ₄)	Boeing 767-300BDSF (A ₅)
Гранична дальність польоту з максимальним комерційним навантаженням	0,40	1	1	5,5	10	10
Комерційне навантаження	0,25	1	1	4	7	10
Вартість конвертації пасажирського літака	0,20	10	10	7	4	1
Об'єм основного вантажного відсіку	0,10	1	1	5,5	10	10
Місткість паливних баків	0,05	1	1	5,5	10	10

Для визначення рейтингових оцінок ПС здійснюється розрахунок інтегральних оцінок ПС та їх ранжування. Інтегральна оцінка ПС – це сума оцінок показників ПС за відповідними параметрами з урахуванням їх вагомості.

Інтегральна оцінка ПС розраховується за формулою:

$$A_j = \sum M_{ij}k_i, \quad (2.1)$$

де M_{ij} – оцінка показника за i-м параметром (i = 1, 2, ..., n) j-го повітряного судна (j = 1, 2, ..., m);

k_i – вагомість i -го параметру ($i = 1, 2, \dots, n$).

Інтегральні оцінки ПС:

– Boeing 737-800BCF: $A_1 = 1 \times 0,40 + 1 \times 0,25 + 10 \times 0,20 + 1 \times 0,10 + 1 \times 0,05 = 2,80$;

– Boeing 737-800BDSF: $A_2 = 1 \times 0,40 + 1 \times 0,25 + 10 \times 0,20 + 1 \times 0,10 + 1 \times 0,05 = 2,80$;

– Boeing 757-200SF: $A_3 = 5,5 \times 0,40 + 4 \times 0,25 + 7 \times 0,20 + 5,5 \times 0,10 + 5,5 \times 0,05 = 5,42$;

– Boeing 767-300BCF: $A_4 = 10 \times 0,40 + 7 \times 0,25 + 4 \times 0,20 + 10 \times 0,10 + 10 \times 0,05 = 8,05$;

– Boeing 767-300BDSF: $A_5 = 10 \times 0,40 + 10 \times 0,25 + 1 \times 0,20 + 10 \times 0,10 + 10 \times 0,05 = 8,20$.

Рейтингова оцінка показує перевагу одного ПС над іншими. Рейтингові оцінки ПС встановлено за шкалою від 1 до 5 (від найбільшої рейтингової оцінки до найменшої рейтингової оцінки відповідно). Рейтингова оцінка «1» відповідає найбільшій інтегральній оцінці, «5» – найменшій.

Таблиця 2.4

Рейтингові та інтегральні оцінки повітряних суден

Повітряне судно	Рейтингова оцінка	Інтегральна оцінка
Boeing 767-300BDSF	1	8,20
Boeing 767-300BCF	2	8,05
Boeing 757-200SF	3	5,42
Boeing 737-800BCF	4	2,80
Boeing 737-800BDSF	4	2,80

Таким чином, конвертація пасажирського літака Boeing 767-300ER у Boeing 767-300BDSF (Bedek Division Special Freighter) від компанії Israel Aerospace Industries (IAI) за програмою P2F є найкращим вибором для авіакомпанії, яка не планує закупівлю спеціалізованих вантажних ПС для виконання авіаційних вантажних перевезень до Антарктики.

2.2. Оцінка можливості використання конвертованих повітряних суден для виконання авіаційних вантажних перевезень до антарктичних станцій без дозуправлення на аеродромах в Антарктиці

Американська науково-дослідна антарктична станція Мак-Мердо розташована в антарктичному секторі Територія Росса, яка є залежною територією Нової Зеландії. Аеродром «Phoenix» (код ICAO: NZFX) знаходиться в межах повітряного простору Нової Зеландії. За даними збірника аеронавігаційної інформації Нової Зеландії (AIP), для виконання авіаційних перевезень з міжнародного аеропорту «Christchurch» до аеродрому «Phoenix» доступні дві повітряні траси (антарктичні маршрути): A338 та P640. Для аналізу можливості виконання авіаційних вантажних перевезень без дозуправлення на аеродромі «Phoenix» обрано антарктичний маршрут A338. Для оцінки та порівняння обрано ПС Boeing 767-300BDSF і Boeing 757-2K2 (як тип ПС, який вже використовується).

Для розрахунку рейсових витрат палива необхідно визначити відстань авіаційного вантажного перевезення, яка включає:

- відстань, пройдено за час зльоту, набору висоти, зниження та посадки;
- відстань крейсерського польоту.

За даними збірника аеронавігаційної інформації Нової Зеландії (AIP), загальна відстань з міжнародного аеропорту «Christchurch» до аеродрому «Phoenix» становить 2090 NM.

Таблиця 2.5

Відстань між маршрутними точками антарктичного маршруту A338 (в морських милях)

PEHRR – HELGE	HELGE – LASSE	LASSE – MYLUS	MYLUS – FRITH	FRITH – URROA	URROA – SNIPT	SNIPT – JIPIG	JIPIG – BOENZ	BOENZ – JEHOO	JEHOO – BYRRD	BYRRD – NOBEY
64	289	301	301	302	302	252	51	72	80	18

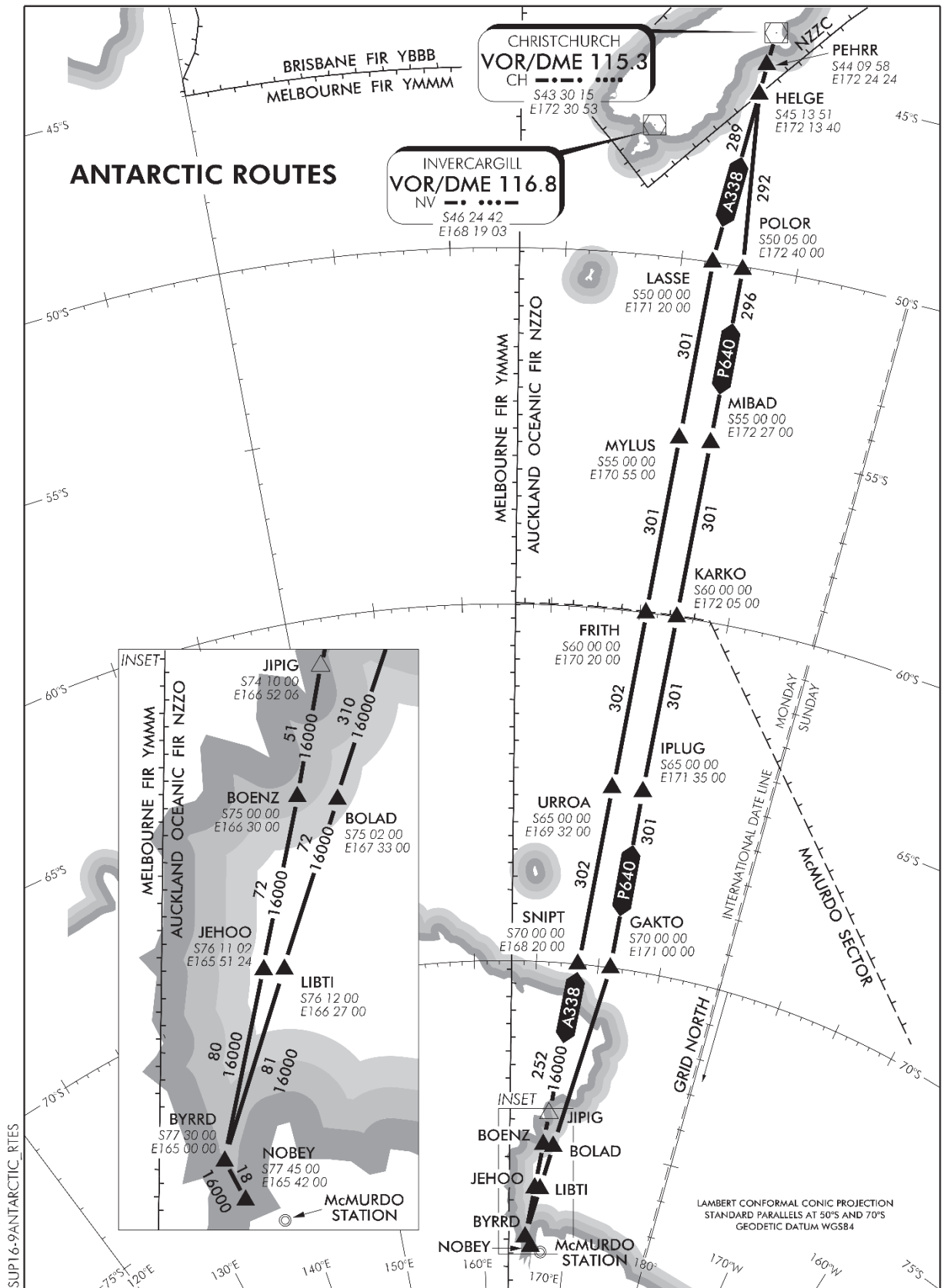


Рис. 2.3. Антарктичні маршрути А338 та Р640

Таблиця 2.6

Відстань між деякими маршрутними точками антарктичного маршруту A338 та аеропортами (в морських милях)

Маршрутна точка PEHRR – аеродром міжнародного аеропорту «Christchurch» (код ICAO: NZCH)	Маршрутна точка NOBEY – аеродром «Phoenix» (код ICAO: NZFX)
41	17

Таблиця 2.7

Характеристики етапів польоту Boeing 767-300BDSF та Boeing 757-2K2

Етап польоту (i)	Висота, ft (A _i)		Вертикальна швидкість, ft/min (V _i)		Швидкість, kts (S _i)	
	Boeing 767-300BDSF	Boeing 757-2K2	Boeing 767-300BDSF	Boeing 757-2K2	Boeing 767-300BDSF	Boeing 757-2K2
Початковий набір висоти (до FL050)	5000		3000	3500	190	175
Набір висоти (до FL150)	15000		2500	2500	290	300
Набір висоти (до FL240)	24000		2000	2000	290	300
Набір висоти до крейсерського ешелону (до FL360)	36000		1000	1500	410	450
Початкове зниження (до FL240)	24000		1000	1000	410	470
Зниження (до FL100)	10000		3000	3500	290	270
Захід на посадку	0		1500	1500	230	220

Відстань, пройдена за час зльоту – відстань розбігу ПС (від початку руху до точки відриву від злітно-посадкової смуги). Відстань, пройдена за час посадки – відстань пробігу ПС (від точки торкання зі злітно-посадковою смугою до повної зупинки ПС).

Таблиця 2.8

**Відстань, пройдена за час зльоту та посадки Boeing 767-300BDSF і
Boeing 757-2K2**

Етап польоту	Відстань, м (NM)	
	Boeing 767-300BDSF	Boeing 757-2K2
Зліт	2900 (1,57)	1900 (1,03)
Посадка	1800 (0,97)	1400 (0,76)

Для визначення відстані, пройденої ПС за час набору висоти та зниження, здійснюється розрахунок тривалості зазначених етапів польоту.

Тривалість етапу польоту ПС розраховується за формулою:

$$t_i = \left| \frac{A_i - A_{i-1}}{V_i} \right|, \quad (2.2)$$

де A_i – висота i -го етапу польоту ($i = 1, 2, \dots, n$);

V_i – вертикальна швидкість i -го етапу польоту ($i = 1, 2, \dots, n$).

Тривалість етапів польоту Boeing 767-300BDSF:

$$\begin{aligned} t_1 &= \left| \frac{5000-0}{3000} \right| = 1,67 \text{ хв}; & t_5 &= \left| \frac{24000-36000}{1000} \right| = 12 \text{ хв}; \\ t_2 &= \left| \frac{15000-5000}{2500} \right| = 4 \text{ хв}; & t_6 &= \left| \frac{10000-24000}{3000} \right| = 4,67 \text{ хв}; \\ t_3 &= \left| \frac{24000-15000}{2000} \right| = 4,5 \text{ хв}; & t_7 &= \left| \frac{0-10000}{1500} \right| = 6,67 \text{ хв}. \\ t_4 &= \left| \frac{36000-24000}{1000} \right| = 12 \text{ хв}; \end{aligned}$$

Тривалість етапів польоту Boeing 757-2K2:

$$\begin{aligned} t_1 &= \left| \frac{5000-0}{3500} \right| = 1,43 \text{ хв}; & t_5 &= \left| \frac{24000-36000}{1000} \right| = 12 \text{ хв}; \\ t_2 &= \left| \frac{15000-5000}{2500} \right| = 4 \text{ хв}; & t_6 &= \left| \frac{10000-24000}{3500} \right| = 4 \text{ хв}; \\ t_3 &= \left| \frac{24000-15000}{2000} \right| = 4,5 \text{ хв}; & t_7 &= \left| \frac{0-10000}{1500} \right| = 6,67 \text{ хв}. \\ t_4 &= \left| \frac{36000-24000}{1500} \right| = 8 \text{ хв}; \end{aligned}$$

Відстань етапу польоту ПС розраховується за формулою:

$$D_i = S_i \times \frac{t_i}{60}, \quad (2.3)$$

де S_i – швидкість на i -му етапі польоту ($i = 1, 2, \dots, n$);

t_i – тривалість i -го етапу польоту ($i = 1, 2, \dots, n$).

Відстань етапів польоту Boeing 767-300BDSF:

$$\begin{aligned} D_1 &= 190 \times \frac{1,67}{60} = 5,29 \text{ NM}; & D_5 &= 410 \times \frac{12}{60} = 82 \text{ NM}; \\ D_2 &= 290 \times \frac{4}{60} = 19,33 \text{ NM}; & D_6 &= 290 \times \frac{4,67}{60} = 22,57 \text{ NM}; \\ D_3 &= 290 \times \frac{4,5}{60} = 21,75 \text{ NM}; & D_7 &= 230 \times \frac{6,67}{60} = 25,57 \text{ NM}. \\ D_4 &= 410 \times \frac{12}{60} = 82 \text{ NM}; \end{aligned}$$

Загальна відстань, пройдена Boeing 767-300BDSF за час набору висоти та зниження, становить:

$$D_{\text{нз}} = 5,29 + 19,33 + 21,75 + 82 + 82 + 22,57 + 25,57 = 258,51 \text{ NM}.$$

Відстань етапів польоту Boeing 757-2K2:

$$\begin{aligned} D_1 &= 175 \times \frac{1,43}{60} = 4,17 \text{ NM}; & D_5 &= 470 \times \frac{12}{60} = 94 \text{ NM}; \\ D_2 &= 300 \times \frac{4}{60} = 20 \text{ NM}; & D_6 &= 270 \times \frac{4}{60} = 18 \text{ NM}; \\ D_3 &= 300 \times \frac{4,5}{60} = 22,5 \text{ NM}; & D_7 &= 220 \times \frac{6,67}{60} = 24,46 \text{ NM}. \\ D_4 &= 450 \times \frac{8}{60} = 60 \text{ NM}; \end{aligned}$$

Загальна відстань, пройдена Boeing 757-2K2 за час набору висоти та зниження, становить:

$$D_{\text{нз}} = 4,17 + 20 + 22,5 + 60 + 94 + 18 + 24,46 = 243,13 \text{ NM}.$$

Загальна відстань, пройдена ПС за час зльоту, набору висоти, зниження та посадки, розраховується за формулою:

$$D_{\text{зп}} = D_з + D_{\text{нз}} + D_{\text{п}}, \quad (2.4)$$

де D_3 – відстань, пройдена за час зльоту;

$D_{нз}$ – відстань, пройдена за час набору висоти та зниження;

$D_{п}$ – відстань, пройдена за час посадки.

Загальна відстань, пройдена Boeing 767-300BDSF за час зльоту, набору висоти, зниження та посадки, становить:

$$D_{зп} = 1,57 + 258,51 + 0,97 = 261 \text{ NM.}$$

Загальна відстань, пройдена Boeing 757-2K2 за час зльоту, набору висоти, зниження та посадки, становить:

$$D_{зп} = 1,03 + 243,13 + 0,76 = 245 \text{ NM.}$$

Відстань крейсерського польоту Boeing 767-300BDSF становить:

$$D_{кр} = 2090 - 261 = 1829 \text{ NM.}$$

Відстань крейсерського польоту Boeing 757-2K2 становить:

$$D_{кр} = 2090 - 245 = 1845 \text{ NM.}$$

Рейсові витрати палива включають:

- витрати за час зльоту, набору висоти, зниження та посадки;
- витрати в крейсерському режимі польоту;
- аеронавігаційний запас палива.

Витрати палива за час зльоту, набору висоти, зниження та посадки, а також аеронавігаційний запас розраховуються за формулою:

$$Q_{зп} (Q_{ан}) = k \times (q_{кр}^{км} \times (D_{кр} \times 1,852)), \quad (2.5)$$

де k – коефіцієнт відношення витрат палива до рейсових витрат палива (0,125 для витрат палива за час зльоту, набору висоти, зниження та посадки; 0,125 для аеронавігаційного запасу);

$q_{кр}^{км}$ – середня кілометрова витрата палива в крейсерському режимі польоту (5,5 для Boeing 767-300BDSF; 5 для Boeing 757-2K2);

$D_{кр}$ – відстань крейсерського польоту.

Витрати палива за час зльоту, набору висоти, зниження та посадки Boeing 767-300BDSF:

$$Q_{\text{зп}} = 0,125 \times (5,5 \times (1829 \times 1,852)) = 2328,77 \text{ кг.}$$

Аеронавігаційний запас палива Boeing 767-300BDSF становить:

$$Q_{\text{ан}} = 0,125 \times (5,5 \times (1829 \times 1,852)) = 2328,77 \text{ кг.}$$

Витрати палива за час зльоту, набору висоти, зниження та посадки Boeing 757-2K2:

$$Q_{\text{зп}} = 0,125 \times (5 \times (1845 \times 1,852)) = 2135,59 \text{ кг.}$$

Аеронавігаційний запас палива Boeing 757-2K2 становить:

$$Q_{\text{ан}} = 0,125 \times (5 \times (1845 \times 1,852)) = 2135,59 \text{ кг.}$$

Рейсові витрати палива розраховуються за формулою:

$$Q_p = q_{\text{кр}}^{\text{км}} \times (D_{\text{кр}} \times 1,852) + Q_{\text{зп}} + Q_{\text{ан}}, \quad (2.6)$$

де $Q_{\text{зп}}$ – витрати палива за час зльоту, набору висоти, зниження та посадки;

$Q_{\text{ан}}$ – аеронавігаційний запас палива.

Рейсові витрати палива Boeing 767-300BDSF:

$$Q_p = 5,5 \times (1829 \times 1,852) + 2328,77 + 2328,77 = 23287,73 \text{ кг.}$$

Рейсові витрати палива Boeing 757-2K2:

$$Q_p = 5 \times (1845 \times 1,852) + 2135,59 + 2135,59 = 21355,88 \text{ кг.}$$

Для заправлення ПС, що виконують авіаційні перевезення до Антарктики, використовується авіаційне пальне AN8. Авіаційне пальне AN8 має температуру замерзання -58°C та густину 0,775-0,840 кг/л.

Необхідна кількість авіаційного пального AN8 для виконання прямого та зворотного рейсів ПС без дозаправлення на аеродромі «Phoenix» розраховується за формулою:

$$Q_{\text{заг}} = \frac{Q_p \times 2}{\rho}, \quad (2.7)$$

де Q_p – рейсові витрати палива;

ρ – густина авіаційного пального (0,775).

Кількість авіаційного пального AN8 для виконання прямого та зворотного рейсів Boeing 767-300BDSF без дозаправлення на аеродромі «Phoenix» становить:

$$Q_{\text{заг}} = \frac{23287,73 \times 2}{0,775} = 60097,37 \text{ л.}$$

Кількість авіаційного пального AN8 для виконання прямого та зворотного рейсів Boeing 757-2K2 без дозаправлення на аеродромі «Phoenix» становить:

$$Q_{\text{заг}} = \frac{21355,88 \times 2}{0,775} = 55111,95 \text{ л.}$$

Таблиця 2.9

Витрати палива Boeing 767-300BDSF та Boeing 757-2K2

Витрати палива	Boeing 767-300BDSF	Boeing 757-2K2
За час зльоту, набору висоти, зниження та посадки, кг	2328,77	2135,59
В крейсерському режимі польоту, кг	18630,19	17084,70
Аеронавігаційний запас, кг	2328,77	2135,59
Рейсові витрати, кг	23287,73	21355,88
Для виконання прямого та зворотного рейсів без дозаправлення на аеродромі «Phoenix», л	60097,37	55111,95

Місткість паливних баків Boeing 767-300BDSF становить 90000 літрів, Boeing 757-2K2 – 42000 літрів. Таким чином, Boeing 767-300BDSF може виконувати прямий та зворотній рейси без дозаправлення на аеродромі «Phoenix» ($60098 < 90000$), водночас Boeing 757-2K2 потребуватиме дозаправлення ($55112 > 42000$; $\Delta = 13112$).

За даними Логістичного агентства Міністерства оборони США (Defense Logistics Agency U.S. Department of Defense), вартість авіаційного пального

AN8 становить 1,50 USD/л. Оскільки середня вартість авіаційного пального в Антарктиці у 7 разів вища за ринкову, вважаємо, що вартість авіаційного пального AN8 на аеродромі «Phoenix» становить 10,50 USD/л.

Отже, витрати на авіаційне пальне AN8 для Boeing 767-300BDSF становлять: $60098 \times 1,50 = 90147$ USD.

Витрати на авіаційне пальне AN8 для Boeing 757-2K2 становлять: $42000 \times 1,50 + 13112 \times 10,50 = 200676$ USD.

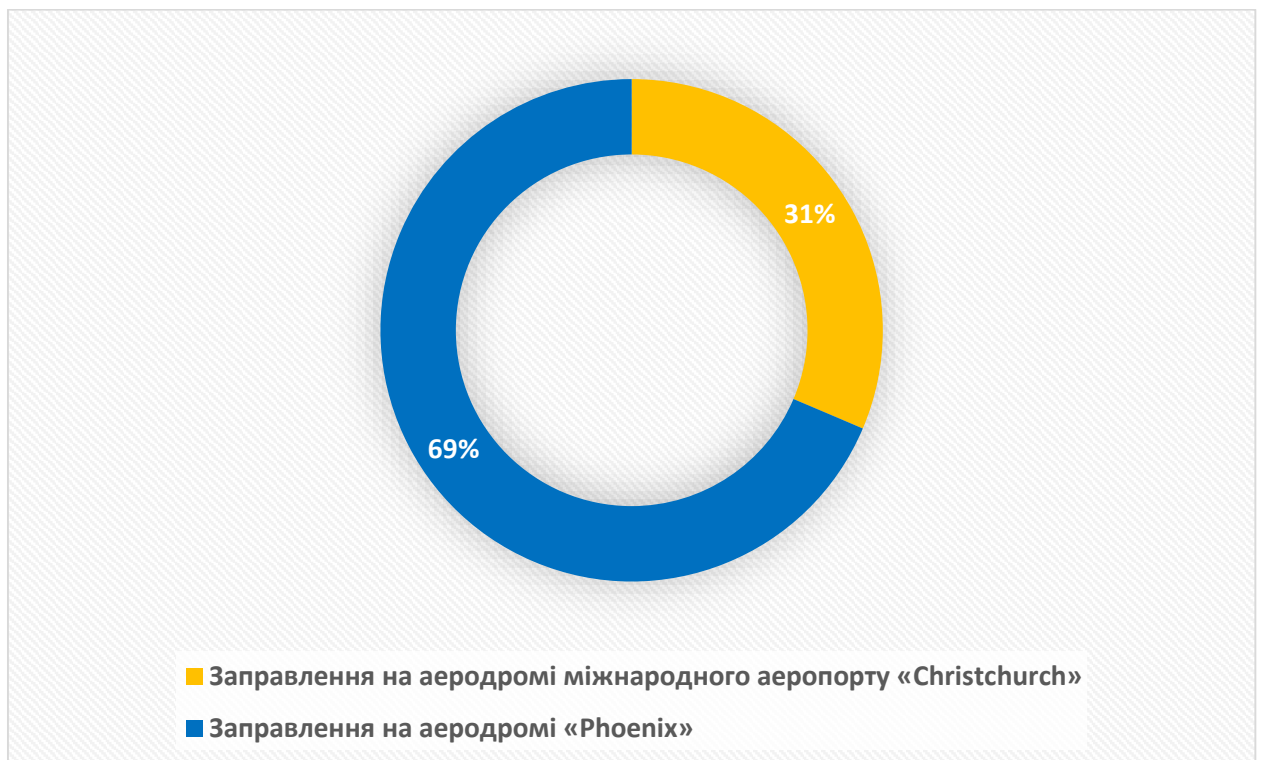


Рис. 2.4. Розподіл витрат на авіаційне пальне AN8 для Boeing 757-2K2

Таким чином, витрати на авіаційне пальне AN8 для Boeing 767-300BDSF майже на 55% менше аналогічних витрат для Boeing 757-2K2.

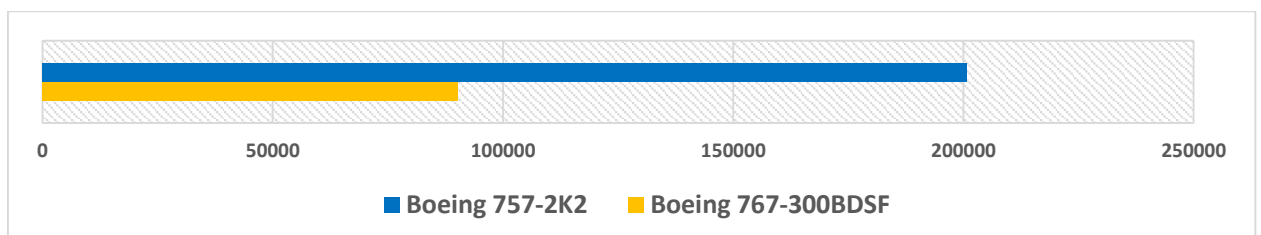


Рис. 2.5. Витрати на авіаційне пальне AN8 для Boeing 767-300BDSF та Boeing 757-2K2

ВИСНОВОК

Кафедра організації авіаційних перевезень				НАУ. 22. 16. 19. 002 ПЗ				
Виконавець	Павлік Б. І.			ВИСНОВОК	Літера	Аркуш	Аркушів	
Керівник	Борець І. В.					Д	44	2
Консультант	Борець І. В.				ФТМЛ 275.04.401			
Нормоконтр.	Дерев'яно Т. А.							
Зав. каф.	Шевчук Д. О.							

Активізація виконання авіаційних перевезень до антарктичних станцій пасажирськими літаками авіакомпаній цивільної авіації, прогноз світового ринку авіаційних вантажних перевезень, а також використання переобладнаних і конвертованих за програмою P2F пасажирських літаків для виконання виключно вантажних перевезень дозволяють розглянути можливість організації авіаційного вантажного перевезення до Антарктики з використанням конвертованого за програмою P2F повітряного судна для доставки обладнання та вантажів науковому і технічному персоналу антарктичних станцій.

Встановлено, що програми з P2F-конвертації пасажирських літаків компанії Boeing відповідають вимогам авіаційного регулятора (уповноваженого органу з питань цивільної авіації) і експлуатанта аеродрому «Phoenix» американської науково-дослідної антарктичної станції Мак-Мердо, тому використання конвертованих за програмою P2F повітряних суден для виконання авіаційних вантажних перевезень до антарктичних станцій є лише питанням часу.

Методом рейтингових оцінок визначено, що конвертований за програмою P2F Boeing 767-300BDSF від компанії Israel Aerospace Industries є найкращим вибором для авіакомпанії, з огляду на показники комерційного навантаження та граничної дальності польоту з максимальним комерційним навантаженням.

Водночас, повітряні судна, які виконують авіаційні перевезення до Антарктики, не мають достатньої кількості палива для виконання зворотного рейсу та потребують дозаправлення безпосередньо на аеродромі в Антарктиці. Оскільки середня вартість авіаційного палива в Антарктиці у 7 разів вища за ринкову, стає актуальним питання оптимізації витрат на авіаційне паливо.

Для аналізу та оптимізації витрат на авіаційне паливо обрано повітряні судна Boeing 767-300BDSF і Boeing 757-2K2. Оскільки Boeing 757-2K2 не має достатньої кількості палива для виконання зворотного рейсу з Антарктики, то

здійснення порівняння витрат на авіаційне паливо між Boeing 757-2K2 і Boeing 767-300BDSF є доцільним.

Шляхом порівняння та виконання математичних розрахунків встановлено, що рейсові витрати палива Boeing 767-300BDSF складають 23288 кг, Boeing 757-2K2 – 21356 кг. Кількість авіаційного пального AN8 для виконання прямого та зворотного рейсів без дозаправлення на аеродромі «Phoenix» для Boeing 767-300BDSF становить 60097 л (місткість паливних баків – 90000 л), для Boeing 757-2K2 – 55112 л (місткість паливних баків – 42000 л). Таким чином, через обмеження місткості паливних баків, Boeing 757-2K2 потребуватиме дозаправлення 13112 л авіаційного палива на аеродромі в Антарктиці, що становить 24% загальної кількості авіаційного палива для виконання прямого та зворотного рейсів без дозаправлення.

Внаслідок високої ціни авіаційного пального AN8 в Антарктиці, витрати на авіаційне паливо для Boeing 757-2K2 зростають удвічі, що робить Boeing 767-300BDSF найкращим варіантом для авіакомпанії (виконавця авіаційного перевезення) не тільки з огляду на показники комерційного навантаження та граничної дальності польоту з максимальним комерційним навантаженням, а й зважаючи на розмір витрат на авіаційне паливо.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. World Air Transport Statistics, Plus Edition 2020 Mediakit [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.iata.org/contentassets/a686ff624550453e8bf0c9b3f7f0ab26/wats-2020-mediakit.pdf>;
2. World Air Transport Statistics, Plus Edition 2021 Mediakit [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.iata.org/contentassets/a686ff624550453e8bf0c9b3f7f0ab26/wats-2021-mediakit.pdf>;
3. Air New Zealand: Glossary of terms [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.airnewzealand.com.au/investor-centre-glossary>;
4. ITA takes off, ending Alitalia’s turbulent life [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.reuters.com/business/aerospace-defense/alitalia-dies-after-75-turbulent-years-hands-over-ita-2021-10-14/>;
5. Air Canada Reconfigures Passenger Cabins on Three Aircraft to Transport More Vital Supplies and Necessary Cargo [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://media.aircanada.com/2020-04-11-Air-Canada-Reconfigures-Passenger-Cabins-on-Three-Aircraft-to-Transport-More-Vital-Supplies-and-Necessary-Cargo/>;
6. Air Canada’s #B777 freighter, FIN-744, was at @FlyYYC for the first time yesterday delivering essential supplies [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://twitter.com/AirCanada/status/1372913211423531009>;
7. World Air Cargo Market Update [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://cargofactsasia.com/wp-content/uploads/2021/04/Cargo-Facts-Asia-Boeing-Presentation.pdf>;
8. Airbus Global Market Forecast 2021-2040 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.airbus.com/sites/g/files/jlcbta136/files/2021-11/Airbus-Global-Market-Forecast-2021-2040.pdf>;

9. Which aircraft make the most cost-efficient freighter conversions? [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.iba.aero/insight/which-aircraft-make-the-most-cost-efficient-freighter-conversions/>;

10. A350F: The only true new generation freighter [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://aircraft.airbus.com/en/a350f/>;

11. Wallwork E. Operation Deep Freeze: 50 years of US Air Force airlift in Antarctica 1956-2006 [Электронный ресурс] / E. Wallwork, K. Wilcoxson – Режим доступа до ресурсу: <https://www.amc.af.mil/Portals/12/documents/AFD-151105-042.pdf>;

12. US Antarctic Program Interagency Air Operations Manual [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: https://www.usap.gov/logistics/documents/Air_Operations_Manual.pdf;

13. Polar express delivery hits the mark [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://news.defence.gov.au/capability/polar-express-delivery-hits-mark/>;

14. Air drop successful despite challenges [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://news.defence.gov.au/capability/air-drop-successful-despite-challenges/>;

15. Air Drop at Davis Station Antarctica [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.barendbecker.com/air-drop-at-davis-station-antarctica/>;

16. 304th Expeditionary Airlift Squadron [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.facebook.com/304EAS>;

17. The Antarctic Report [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.facebook.com/TheAntarcticReport>;

18. United States Antarctic Program Photolibrary [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://photolibrary.usap.gov>;

19. Hercules on ice [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.facebook.com/NZDefenceForce/posts/172958684868921>;

20. Antarctica emergency flight into winter darkness [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.nzherald.co.nz/nz/antarctica-emergency-flight-into-winter-darkness/JE7E23D6WSPMXBSDZJIPNY55KI/>;

21. Antarctic Weather [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.antarctica.gov.au/about-antarctica/weather-and-climate/weather/>;

22. Haehnel R. Feasibility of Using Alternate Fuels in the U.S. Antarctic Program [Электронный ресурс] / R. Haehnel, T. Melendy, G. Blaisdell – Режим доступа до ресурсу: <https://erdc-library.erdcdren.mil/jspui/bitstream/11681/24335/1/ERDC-CRREL%20TR-17-15.pdf>;

23. NZDF gears up for airlift mission to Antarctica [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://nzdefenceforce.medium.com/nzdf-gears-up-for-airlift-mission-to-antarctica-674eafa6ec4c/>;

24. Flights to the Antarctic [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.titan-airways.com/case-study/flights-to-the-antarctic/>;

25. Hi Fly lands first ever Airbus A340 in Antarctica [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://hifly.aero/media-center/hi-fly-lands-first-ever-airbus-a340-in-antarctica/>;

26. Icelandair flies to Antarctica: putting the ice back in Icelandair [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.icelandair.com/blog/icelandair-flies-to-antarctica/>;

27. Icelandair returns to Antarctica [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.icelandair.com/blog/icelandair-returns-to-antarctica/>;

28. The Smartwings has been the first to land with the Boeing 737 MAX in Antarctica [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.smartwings.com/en/the-smartwings-has-been-the-first-to-land-with-the-boeing-737-max-in-antarctica/>;

29. Annex 14 to the Convention on International Civil Aviation [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: https://www.icao.int/icao/en/annex14/annex14_v1_Aerodromes_8ed_2018_rev.14_01.07.18.pdf;

30. 737-800BCF: Boeing Converted Freighter [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: https://www.boeing.com/resources/boeingdotcom/commercial/services/assets/brochure/737_800BCF.pdf;

31. Boeing 737-800BDSF Passenger to Cargo Conversion [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.iai.co.il/p/b737-800bdsf>;

32. Boeing 757-200 Freighter Conversions [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: https://www.stengg.com/media/616919/st-engineering-aerospace-brochure_757-200-conversions.pdf;

33. 767-300BCF: Boeing Converted Freighter [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.boeing.com/resources/boeingdotcom/commercial/services/assets/brochure/767300-bcf.pdf>;

34. Boeing 767-300BDSF Passenger to Cargo Conversion [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.iai.co.il/p/b767-300bdsf>;

35. AIP New Zealand [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.aip.net.nz/>;

36. Boeing 767-300ER Performance [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://contentzone.eurocontrol.int/aircraftperformance/details.aspx?ICAO=B763>;

37. Boeing 757-200 Performance [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://contentzone.eurocontrol.int/aircraftperformance/details.aspx?ICAO=B752>;

38. Boeing 757-2K2 [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.nzdf.mil.nz/nzdf/our-equipment/aircraft/boeing-757-2k2/>;

39. Aviation Turbine Fuel AN8 [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.wbparts.com/rfq/9130-01-373-0208.html>;

40. Current standard prices for petroleum products [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.dla.mil/Energy/Business/Standard-Prices/>.