

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ АЕРОНАВІГАЦІЇ, ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ
КАФЕДРА АЕРОНАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри АНС

д-р техн. наук, проф.

_____ Ларін В.Ю.

« ____ » _____ 2023 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ «МАГІСТР»

ЗА ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЮ ПРОГРАМОЮ

«ОБСЛУГОВУВАННЯ ПОВІТРЯНОГО РУХУ»

Тема: Перспективні шляхи розширення транзитного потенціалу

України при впровадженні FRA

Виконавець

Ожигов Дмитро Миколайович

Керівник, к.п.н., доцент.

Луппо Олександр Євгенійович

Керівники спеціального розділу

д.т.н. проф. Шмельова Тетяна Федорівна

Нормоконтролер

Аргунов Геннадій Федорович

Київ–2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет аеронавігації, електроніки та телекомунікацій

Кафедра аеронавігаційних систем

Спеціальність: 272 «Авіаційний транспорт»

Освітньо-професійна програма: «Обслуговування повітряного руху»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АНС

д-р техн. наук, проф.

_____ Ларін В.Ю.

« ____ » _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи

ОЖИГОВА ДМИТРА МИКОЛАЙОВИЧА

1. Тема дипломної роботи: «**Перспективні шляхи розширення транзитного потенціалу України при впровадженні FRA**» затверджена наказом ректора від “22” серпня 2023 № 1443/ст.
2. Термін виконання роботи: 23.10.2023 – 31.12.2023.
3. Вихідні дані до роботи: теоретичні дані керівних документів Міжнародної організації цивільної авіації, Європейської організації з безпеки аеронавігації та національних документів України у сфері забезпечення та виконання польотів цивільних повітряних суден.
4. Зміст пояснювальної записки: Аналіз основних потоків повітряного руху в повітряному просторі України (ретроспективні дані за 2019 рік). Огляд впровадження концепції повітряного простору вільних маршрутів в Україні. Аналіз прикладних методик та алгоритмів для дослідження транзитного потенціалу національного повітряного простору. Розробка прикладної моделі для визначення транзитного потенціалу України при впровадженні повітряного простору вільних маршрутів (в програмному середовищі NEST).
5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: 30 рисунків, 12 таблиць.

6. Календарний план-графік

Завдання	Терміни виконання	Відмітка про виконання
Підготовка та написання 1 розділу «Статистичний аналіз обсягів виконання польотів та визначення наявного транзитного потенціалу повітряного простору України при впровадженні FRA»	23.10.23 – 31.10.23	Виконано
Підготовка та написання 2 розділу «Теоретичні методи та моделі дослідження потоків повітряного руху в визначених об'ємах повітряного простору»	01.11.23 – 10.11.23	Виконано
Підготовка та написання 3 розділу «Прикладні методики та алгоритми дослідження та розширення транзитного потенціалу повітряного простору України»	11.11.23 – 20.11.23	Виконано
Підготовка та написання 4 розділу «Застосування програмного засобу NEST для розробки пропозицій з розширення транзитного потенціалу повітряного простору України та їх обґрунтування»	21.11.23 – 27.11.23	Виконано
Підготовка та написання спеціальних розділів дипломної роботи	28.11.23 – 30.11.23	Виконано
Підготовка презентації та доповіді	01.12.23 – 07.12.23	Виконано

7. Консультанти з окремих розділів

Розділ	Консультант (посада, П.І.Б.)	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Розділ 4. Спеціальний розділ	д.т.н. проф., Шмельова Тетяна Федорівна	23.10.23	23.10.23

Дата видачі завдання: «23» жовтня 2023 р.

Керівник дипломної роботи: к.п.н., проф. _____ О.Є. Луппо

Завдання прийняв до виконання _____ Д.М. Ожигов

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Перспективні шляхи розширення транзитного потенціалу України при впровадженні FRA»: 30 рисунків, 12 таблиць, 12 використаних джерел.

Об'єкт дослідження – потоки повітряного руху в повітряному просторі України при впровадженні концепції повітряного простору вільних маршрутів України.

Предмет дослідження – оцінка наявного транзитного потенціалу та його прогноз з урахуванням основних потоків повітряного руху, структури повітряного простору в умовах впровадження повітряного простору вільних маршрутів України.

Мета роботи – оцінити існуючий транзитний потенціал повітряного простору України (станом на 2019 рік) та розробити рекомендації щодо його розширення (за допомогою програмного засобу Євроконтролю з дослідження мережі маршрутів на стратегічному рівні) в умовах впровадження повітряного простору вільних маршрутів.

Методи дослідження – аналіз літературних джерел, теоретичні методи, моделювання у програмному засобі Євроконтролю з дослідження мережі маршрутів на стратегічному рівні, статистичний аналіз масивів даних, розрахунки обсягів виконання польотів повітряних суден.

Актуальність. Нормативні документи Міжнародної організації цивільної авіації та Євроконтролю регулюють поетапне впровадження повітряного простору вільних маршрутів в переважній більшості Європейських країн. Суттєві зміни структури повітряного простору вже відбуваються протягом тривалого часу. Вони також зумовлюють значні зміни конфігурації наземної інфраструктури, нові технологічні процедури в роботі операційного персоналу, перенаправляють існуючі потоки повітряного руху та змінюють їх обсяги, внаслідок чого, в одних країнах ці потоки збільшуються, в інших, відповідно, вони пропорційно зменшуються.

Це, в свою чергу, викликає певні проблеми у національних провайдерів аеронавігаційних послуг та національних авіаційних адміністрацій. Значне збільшення потоків повітряного руху в окремих районах повітряного простору вільних маршрутів може призвести до перевантаження системи обслуговування повітряного руху, збільшення завантаженості авіадиспетчерів, затримки виконання польотів, застосування термінових заходів з організації потоків повітряного руху та менеджменту пропускної спроможності. Це також впливає на дотримання цільового рівня безпеки польотів в цих районах повітряного простору вільних маршрутів, що потребує додаткової уваги та заходів з безпеки від національних авіаційних адміністрацій.

Відповідно, зменшення потоків повітряного руху викликає фінансові збитки провайдерів аеронавігаційного обслуговування та дисбаланс розподілу потоків повітряного руху в загальній системі. Тому, ефективно визначення, прогноз та пошук нових перспективних напрямків збільшення транзитного потенціалу є запорукою сталого розвитку та прибутковості кожного національного провайдера аеронавігаційних послуг. Залучення нових перспективних користувачів (транснаціональних авіакомпаній) до використання прямих маршрутів в межах національного повітряного простору вільних маршрутів є вигідним, як користувачам (економія палива, часу польоту), так і провайдерам аеронавігаційних послуг (нові джерела надходження аеронавігаційних зборів). Також відзначимо екологічний аспект, а саме зменшення викидів шкідливих речовин у повітря (діоксиду вуглецю, парів води, оксиду вуглецю, оксидів азоту, оксидів сірки, що зберігаються в атмосфері тривалий час, до 2 років).

ПОВІТРЯНИЙ ПРОСТІР ВІЛЬНИХ МАРШРУТІВ, ТРАНЗИТНИЙ ПОТЕНЦІАЛ, ОСНОВНІ ПОТОКИ ПОВІТРЯНОГО РУХУ, ОРГАНІЗАЦІЯ ПОТОКІВ ПОВІТРЯНОГО РУХУ, ПРОГРАМНИЙ ЗАСІБ NEST, ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ, ЗАЛУЧЕННЯ НОВИХ КОРИСТУВАЧІВ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ.

АРКУШ ЗАУВАЖЕНЬ

ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ	99
ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ	11
ВСТУП.....	13
РОЗДІЛ 1. СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ ОБСЯГІВ ВИКОНАННЯ ПОЛЬОТІВ ТА ВИЗНАЧЕННЯ НАЯВНОГО ТРАНЗИТНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ УКРАЇНИ ПРИ ВПРОВАДЖЕННІ FRA.....	15
1.1 Статистичний аналіз виконання польотів у повітряному просторі України (ретроспективний аналіз за 2019 рік).....	15
1.2 Основні потоки повітряного руху в повітряному просторі України та визначення важливих напрямків для розширення транзитного потенціалу ...	19
1.3 Концепція повітряного простору вільних маршрутів Євроконтролю	22
1.4 Етапи реалізації проекту FRAU	28
Висновок до розділу 1	38
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОТОКІВ ПОВІТРЯНОГО РУХУ В ВИЗНАЧЕНИХ ОБ'ЄМАХ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ.....	39
2.1 Опис операційного середовища обслуговування повітряного руху	39
2.2 Особливості організації потоків повітряного руху та менеджменту пропускної спроможності в Європейському повітряному просторі та Україні..	43
2.3 Перспективні моделі організації потоків повітряного руху	54
Висновок до розділу 2	59
РОЗДІЛ 3. ПРИКЛАДНІ МЕТОДИКИ ТА АЛГОРИТМИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗШИРЕННЯ ТРАНЗИТНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ УКРАЇНИ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАСОБУ NEST ДЛЯ РОЗРОБКИ ПРОПОЗИЦІЙ З РОЗШИРЕННЯ ТРАНЗИТНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ УКРАЇНИ ТА ЇХ ОБҐРУНТУВАННЯ	0
3.1 Огляд програмних засобів дослідження повітряного простору	600
3.2 Застосування Eurocontrol Network Strategic Tool (NEST) для розрахунку потоків повітряного руху	622

3.3	Методика визначення транзитного потенціалу (за допомогою програмного засобу NEST)	644
3.4	Алгоритм дослідження та розширення транзитного потенціалу повітряного простору України (за допомогою програмного засобу NEST)....	67
3.5	Обґрунтування пропозицій щодо розширення транзитного потенціалу України	690
3.6	Моделювання в програмному засобі NEST пропозицій щодо розширення транзитного потенціалу України	735
	Висновок до розділу 3	777
РОЗДІЛ 4. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ.....		79
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА		844
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....		88
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....		920

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

- ATFCM** – Air Traffic Flow and Capacity Management (організація потоків повітряного руху та менеджмент пропускної спроможності)
- СТА** – Control area (диспетчерський район)
- DCT** – Позначення щодо спрямування польоту повітряного судна маршрутом поза опублікованої мережі маршрутів ОПР (Direct)
- ERNIP** – European Route Network Improvement Plan (Європейський план вдосконалення мережі маршрутів)
- EUROCONTROL** – The European Organisation for the Safety of Air Navigation (Європейська організація з безпеки авіації)
- ICAO** – International Civil Aviation Organization (Міжнародна організація цивільної авіації)
- FBZ** – FPL Buffer Zone (Буферна зона для планування польотів повітряних суден)
- FRA** – Free Route Airspace (Повітряний простір вільних маршрутів)
- FRA-H24** – H24 Free Route Airspace (Цілодобовий повітряний простір вільних маршрутів)
- FRAU** – Free Route Airspace of Ukraine (Повітряний простір вільних маршрутів України)
- FRP** – FRA Relevant Point (Основна точка FRA)
- FUA** – Flexible Use of Airspace (Гнучке використання повітряного простору)
- GAT** – General Air Traffic (Загальний повітряний рух)
- LoA** – Letter of Agreement (Письмова угода)
- NEST** – Eurocontrol Network Strategic Modelling Tool (програмний засіб Євроконтролю з дослідження мережі маршрутів ОПР на стратегічному рівні)
- NM** – Network Management (Менеджер мережі Євроконтролю)
- NOP** – Network Operations Portal (Портал мережевих операцій)
- NOTAM** – Notice to Airman (Повідомлення для пілотів)
- RAD** – Route Availability Document (Документ доступності маршрутів)

- STATFOR** – online-сервіс Statistics and Forecast Євроконтролю
- TMA** – Terminal Control Area (Термінальний район)
- TRA** – Temporary Reserved Area (Тимчасово зарезервована зона)
- TSA** – Temporary Segregated Area (Тимчасово відокремлена зона)
- UIR** – Upper Flight Information Area (Верхній район польотної інформації)
- UTA** – Upper Control Area (Верхній диспетчерський район)
- ВПП** – використання повітряного простору
- ОПР** – обслуговування повітряного руху
- ОрПР** – організація повітряного руху
- ПП** – повітряний простір
- ПС** – повітряне судно
- РДЦ (АСС)** – Районний диспетчерський центр (Area Control Centre)
- РПІ** – район польотної інформації

ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ

Маршрут ОПП – визначений маршрут, призначений для спрямування потоку руху з метою забезпечення ОПП. Зазначене поняття використовується для повітряної траси, консультативного маршруту, контрольованого чи неконтрольованого маршруту, умовного маршруту, маршруту прибуття або вильоту тощо. Зазначені маршрути утворюють мережу маршрутів ОПП.

Обслуговування з використанням систем спостереження ОПП – термін, який використовується для позначення, що обслуговування забезпечується безпосередньо за допомогою систем спостереження ОПП;

Основна точка – встановлене географічне місце, яке використовується для визначення маршрутів ОПП або траєкторії польоту ПС та для інших потреб навігації і ОПП.

Перехідний маршрут FRA – один або більше сегментів, що з'єднує останню точку SID (або іншої процедури вильоту) з точкою вильоту FRA (D), або точку прибуття FRA (A) з початковою точкою STAR (або іншої процедури прибуття).

Повітряний простір вільних маршрутів – визначений повітряний простір, у межах якого експлуатанти ПС можуть вільно планувати польоти між визначеною точкою входу та визначеною точкою виходу, з можливістю використання проміжних точок (опублікованих або неопублікованих), без посилання до мережі маршрутів ОПП, з урахуванням доступності повітряного простору. Польоти ПС у цьому повітряному просторі підлягають диспетчерському обслуговуванню.

Проміжна точка FRA (FRA Intermediate Point) (I) – опублікована основна точка або неопублікована точка, визначена географічними координатами або пеленгом та відстанню, через яку дозволяються процедури FRA.

Точка прибуття FRA (FRA Arrival Connecting Point) (A) – опублікована основна точка, до якої дозволяються процедури FRA для ПС, що прибувають на відповідні аеродроми.

Точка вильоту FRA (FRA Departure Connecting Point) (D) – опублікована основна точка, від якої дозволяються процедури FRA для ПС, що вилітають з відповідних аеродромів.

Точка входу FRA (FRA Horizontal Entry Point) (E) – опублікована основна точка, що знаходиться на горизонтальній межі повітряного простору вільних маршрутів, від якої дозволяються процедури FRA.

Точка виходу FRA (FRA Horizontal Exit Point) (X) – опублікована основна точка, що знаходиться на горизонтальній межі повітряного простору вільних маршрутів, до якої дозволяються процедури FRA.

ВСТУП

Концепція повітряного простору вільних маршрутів (Free Route Airspace, FRA) полягає у вільному доступі користувачів до всіх наявних можливостей повітряного простору (ПП) країни (за виключенням зарезервованого повітряного простору та буферних зон навколо них), надає планувальникам польотів значні можливості для вибору оптимального (переважно, найкоротшого) маршруту польоту.

В сучасних конкурентних умовах, для того щоб постійно зберігати та підвищувати свою привабливість для користувачів повітряного простору, національний провайдер аеронавігаційних послуг має постійно використовувати наявний транзитний потенціал [1-3], підтримувати оптимальну мережу основних точок FRA, також впроваджувати ефективну систему цивільно-військової координації.

Зазначимо, що у повітряному просторі вільних маршрутів можливе значне додаткове навантаження на авіадиспетчера, пов'язане з аналізом складної динамічної повітряної обстановки, тому необхідно постійно вдосконалювати національну структуру FRA [4-9], покращувати процедури роботи, нарощувати засоби автоматизації на робочому місці та контролювати дотримання належного рівня компетентності операційного персоналу.

В процесі реалізації національного проекту FRA, **актуальною проблемою** є оцінка всіх складових наявного транзитного потенціалу (а також його прогнозування на майбутнє) з урахуванням основних потоків повітряного руху, факторів, що додатково впливають на обсяги виконання польотів, як в Україні, так і на загальноєвропейському рівні.

Додатковою **актуальною задачею** є своєчасне виявлення та проактивне прогнозування потенційних негативних факторів, які потенційно призводять до суттєвого зменшення обсягів виконання польотів (наприклад, COVID-19, економічний спад світової економіки, перевантаженість повітряного простору, недосконалість обладнання, тощо), але ця задача є досить складною для надійного моделювання (прогнозування).

Мета роботи полягає в оцінці транзитного потенціалу повітряного простору України (станом на 2019 рік) та розробці рекомендації щодо його розширення (за допомогою програмного засобу NEST) в умовах поетапного впровадження FRA.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі **задачі**:

1. Проаналізувати основні потоки повітряного руху України (ретроспективний аналіз за 2019 рік) з метою оцінки наявного транзитного потенціалу (особливо в умовах впровадження FRA).
2. Узагальнити існуючі теоретичні методи та моделі дослідження потоків повітряного руху в визначених об'ємах повітряного простору, обрати з них найбільш прийнятні для цієї роботи.
3. Запропонувати прикладні моделі та рекомендації з розширення транзитного потенціалу повітряного простору України, сформулювати відповідні робочі пропозиції щодо прогнозу транзитного потенціалу (із застосуванням програмного засобу NEST).

Результати даної роботи можуть мати **теоретичне значення** для обґрунтування принципів залучення нових користувачів до повітряного простору України. Також вони важливі для більш глибокого розуміння впливу впровадження FRA на структуру національного повітряного простору, основні потоки повітряного руху та майбутні обсяги виконання польотів.

З практичної точки зору, результати цієї роботи важливі для вдосконалення процесів з виконання прикладних розрахунків у програмному засобі NEST щодо аналізу поточного стану використання наявного повітряного простору України (станом на 2019 рік) та пошуку нових перспективних транзитних коридорів в умовах впровадження національного проекту FRA (а також подальшої участі України в регіональних ініціативах FRA [5-8], разом із суміжними країнами, такими, як, наприклад, Польща, Румунія, Словаччина, Болгарія, тощо).

РОЗДІЛ 1. СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ ОБСЯГІВ ВИКОНАННЯ ПОЛЬОТІВ ТА ВИЗНАЧЕННЯ НАЯВНОГО ТРАНЗИТНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ УКРАЇНИ ПРИ ВПРОВАДЖЕННІ FRA

1.1 Статистичний аналіз виконання польотів у повітряному просторі України (ретроспективний аналіз за 2019 рік)

Загальна кількість виконаних у 2019 році польотів ПС становила 335 407, що, у порівнянні з попереднім роком (300 853 ПС), більше на 11,5%.

За окремими видами польотів ПС, у ПП під відповідальністю України відбулися такі зміни (у порівнянні з 2018 роком):

- внутрішні польоти ПС – збільшилися на 4,0% (з 29 593 до 30 790);
- міжнародні польоти ПС – збільшилися на 11,5% (з 146 115 до 162 937);
- транзитні польоти ПС – збільшилися на 13,2% (з 125 145 до 141 680).

Відзначимо, що у 2019 році (у порівнянні з 2018 роком) транзитні польоти ПС продемонстрували найбільші темпи росту, а внутрішні польоти ПС – найменші (13,2% та 4,0% відповідно). Тенденції зміни співвідношення кількості міжнародних, транзитних та внутрішніх польотів ПС у ПП під відповідальністю України протягом 2013-2019 років, наведені на Рис. 1.1.

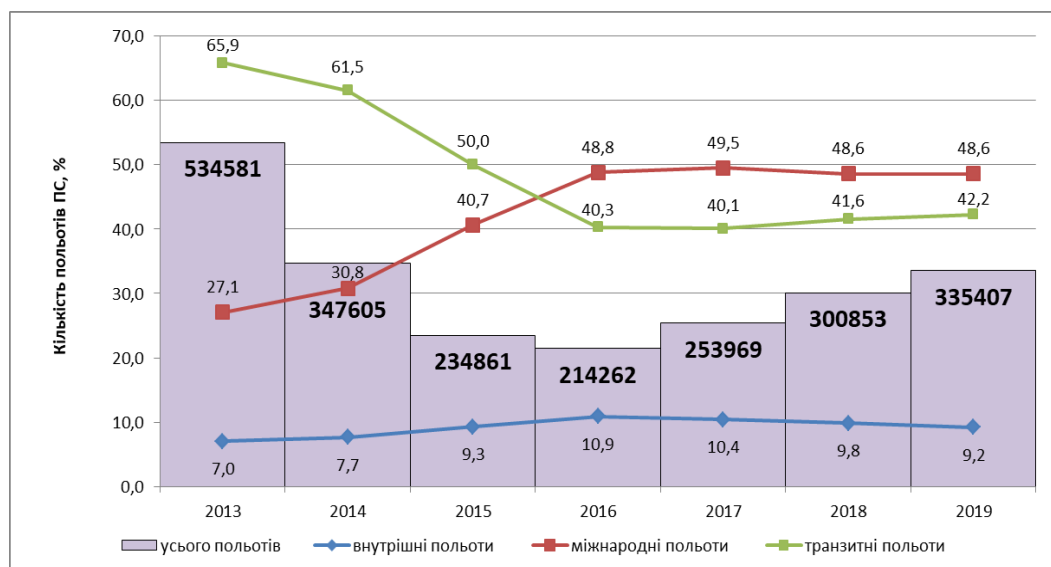


Рисунок 1.1 – Тенденції виконання польотів ПС протягом 2013-2019 років
Виконання польотів ПС авіакомпаніями (у порівнянні з 2018 роком):

- українські – збільшились на 2,9% (з 106 654 до 109 777);
- іноземні – збільшились на 16,2% (з 194 199 до 225 630).

Відзначимо, що темпи зростання обсягів виконання польотів ПС іноземними авіакомпаніями (у порівнянні з 2018 роком) більш ніж в п'ять разів перевищують відповідний показник для українських авіакомпаній. Основний чинник зростання транзитного потенціалу належить до іноземних авіакомпаній.

Кількісний розподіл виконання польотів ПС у 2018-2019 роках у РПІ України представлено у Таблиці 1.1 та на Рис. 1.2.

Таблиця 1.1 – Розподіл виконання польотів ПС у 2018-2019 роках у РПІ України (за рік)

Види польотів ПС	РПІ Київ			РПІ Одеса			РПІ Дніпро			РПІ Львів		
	2019 р.	2018 р.	%	2019 р.	2018 р.	%	2019 р.	2018 р.	%	2019 р.	2018 р.	%
Транзитні	32840	35457	-7,4	36358	37407	-2,8	283	1139	-75,2	83738	67478	24,1
Міжнародні	131983	119801	10,2	66126	61478	7,6	13 115	11691	12,2	76976	65021	18,4
Внутрішні	18800	18368	2,4	5128	5236	-2,1	8 469	7726	9,6	5209	5030	3,6
Усього	183623	173626	5,8	107612	104121	3,4	21 867	20556	6,4	165923	137529	20,6

Аналіз даних, наведених у Таблиці 1.1, показує, що у 2019 році зафіксовано суттєве зростання загальних обсягів польотів ПС у всіх РПІ України порівняно з 2018 р., найбільше – у РПІ Львів (20,6%), найменше – у РПІ Дніпро (6,4%).

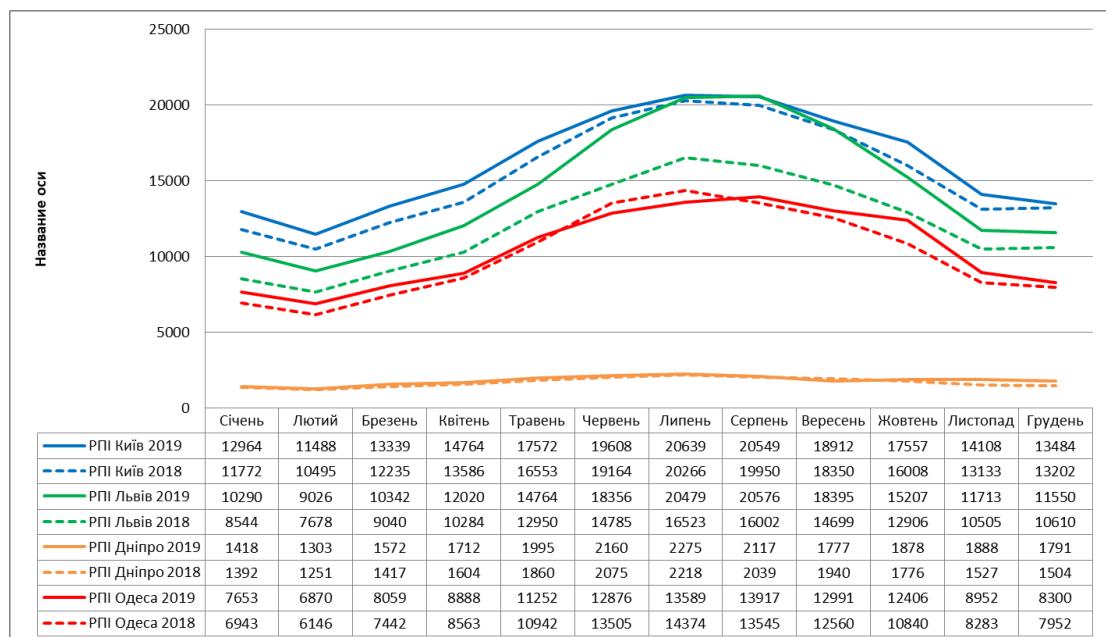


Рисунок 1.2 – Розподіл виконання польотів ПС у 2018-2019 роках у РПІ України (за місяцями)

Аналіз даних, наведених у Таблиці 1.2, вказує на стає зростання обсягів польотів ПС у всіх РПП України починаючи з 2017 р., зростання транзитного потенціалу. Порівнюючи обсяги польотів ПС у РПП України за 2019 р. з відповідними показниками 2013 р., відзначимо, що вони досі залишаються значно меншими для РПП Дніпро (-83,67%) та РПП Київ (-24,42%). При цьому РПП Львів та РПП Одеса практично вийшли на рівень 2013 року за кількістю польотів ПС, а саме -8,98% та -6,32% відповідно.

Таблиця 1.2 – Порівняння загальних обсягів польотів ПС у РПП України за 2013-2019 роки

Рік	Обсяги польотів ПС у РПП України / Зміни обсягів польотів ПС у 2019 році порівняно з попередніми роками (у %)				
	РПП Київ	РПП Сімферополь	РПП Дніпро	РПП Львів	РПП Одеса
2019	184552	- / -	26913	167480	109834
2018	174423 / 5,81	- / -	24460 / 10,03	138507 / 20,92	106253 / 3,37
2017	154016 / 19,83	- / -	22270 / 20,85	110228 / 51,94	91097 / 20,57
2016	125897 / 46,59	- / -	20802 / 29,38	95005 / 76,29	72463 / 51,57
2015	152810 / 20,77	- / -	19618 / 37,19	87361 / 91,71	88763 / 23,74
2014	200849 / -8,11	48425 / -	85353 / -68,47	130978 / 27,87	105742 / 3,87
2013	244192 / -24,42	216594 / -	164832 / -83,67	184002 / -8,98	117242 / -6,32

У 2019 році на аеродромах України було виконано загалом 224 517 вильотів/посадок ПС, що на 9,36% більше ніж у 2018 році (205 301 вильотів/посадок ПС).

В тому числі, виконано 61 580 вильотів/посадок ПС, які відносяться до внутрішніх польотів ПС, що на 4,0% більше ніж у 2018 році (59 186 вильотів/посадок ПС) та 162 937 вильотів/посадок ПС, які відносяться до міжнародних польотів ПС, що на 11,5% більше ніж у 2018 році (146 115 вильотів/посадок ПС).

Детальна інформація стосовно кількості вильотів/посадок ПС з/на аеродромів України у 2019 році та порівняння з відповідними показниками 2018 року наведені у Таблиці 1.3.

У 2019 році зафіксовані такі показники виконання польотів ПС авіакомпаній у ПП під відповідальністю України:

- виконано 225 630 польотів ПС іноземних авіакомпаній, що на 16,2% більше, ніж у 2018 році (194 199 польотів ПС);

- виконано 109 777 польотів ПС українських авіакомпаній, що на 2,9% більше, ніж у 2018 році (106 654 польотів ПС).

Таблиця 1.3 – Використання аеродромів України у 2019 році

№	Аеродром	Зміна з 2018р.	Кількість вильотів/посадок ПС у		%
			2018 році	2019 році	
1	Київ (Бориспіль)	=	97928	111667	14,03
2	Київ (Жуляни)	=	33808	29806	-11,84
3	Львів	+1	15566	19334	24,21
4	Одеса	-1	15979	17265	8,05
5	Харків		8978	11291	25,76
6	Дніпро	+1	5823	6779	16,42
7	Запоріжжя	-1	6396	5914	-7,54
8	Полтава (Супрунівка)	+1	3162	4121	30,33
9	Херсон	-1	3292	2872	-12,76
10	Івано-Франківськ	=	2106	2288	8,64
11	Кропивницький	+1	1144	1265	10,58
12	Чернівці	+1	1137	1110	-2,37
13	Вінниця (Гавришівка)	-2	1585	1066	-32,74
14	Кривий Ріг	=	710	994	40,00
15	Ужгород	=	354	503	42,09
16	Рівне	=	257	318	23,74
17	Інші аеродроми		7076	7924	11,98
	Усього		205301	224517	9,36

З точки зору оцінки транзитного потенціалу, у рейтингу 50-ти найбільших користувачів ПП під відповідальністю України за 2019 рік знаходяться 7 українських авіакомпаній (10 – у 2018 році).

Покращили свої показники з виконання польотів ПС у ПП під відповідальністю України у 2019 році (у порівнянні з показниками 2018 року) – SKYUP Airlines (10 631/2 411, на 340,94%), «Wind Rose» Aviation Company (10 185/9 301, на 9,50%) та AZUR Air Ukraine Airlines LLC (7 229/4 859, на 48,78%), погіршили – Ukraine International Airlines (58 772/61 691, на -4,73%), Bravo Airways (565/4 459, на -87,33%) та Motor Sich JSC Airlines (3 549/3 854, на -7,91%).

У рейтингу з'явилась українська авіакомпанія PJSC «Bukovyna» Airlines (2 971 політ у 2019 році), залишили рейтинг такі українські авіакомпанії, як Yanair LTD (4 324 польоти ПС у 2018 році), Anda Air LLC (978 польотів ПС у 2018 році), Aircompany «Atlasjet Ukraine» LTD (667 польотів ПС у 2018 році) та Antonov Company (346 польотів ПС у 2018 році).

Значне збільшення кількості польотів ПС у ПП під відповідальністю України у 2019 році (у порівнянні з 2018 роком) у таких авіакомпаній (Топ-5): Ryanair LTD (438,53%), SKYUP Airlines (українська а/к, 340,94%), Enter Air SP. Z O.O. (117,67%), Air Arabia PJSC (85,87%), Azur Air Ukraine Airlines LLC

(українська а/к, 48,78%) та інші. Відзначимо, що в лідерах за темпами зростання кількості польотів ПС, знаходяться дві українські авіакомпанії – SKYUP Airlines та Azur Air Ukraine Airlines LLC. Ці авіакомпанії важливі для подальшого зростання транзитного потенціалу повітряного простору України.

Однак, для деяких авіакомпаній, кількість виконаних польотів ПС у ПП під відповідальністю України у 2019 році (у порівнянні з 2018 роком) зменшилась: Bravo Airways (українська а/к, -87,33%), Atlasjet Havacilik A.S. (-63,35%), Ellinair S.A. (-28,72%), Norwegian Air International LTD (-25,57%), Pegasus Hava Tasimaciligi A.S. (-21,57%) та інші.

Нові авіакомпанії у рейтингу 50 найбільших користувачів ПП під відповідальністю України за 2019 рік – Getjet Airlines UAB (3 460 польотів ПС), PJSC «Вуковуна» Airlines (українська а/к, 2 971 політ), Sunclass Airlines (2 109 польотів ПС), Wizz Air UK Limited (1 502 польоти ПС), Freebird Airlines (1 222 польоти ПС), Emirates (871 політ), Ethiopian Airlines SC (799 польотів ПС) та Swiss International Air Lines AG (635 польотів ПС).

Залишили рейтинг 50 найбільших користувачів ПП під відповідальністю України за 2019 рік – Small Planet Airlines UAB (4 581 політ у 2018 році), Yanair LTD (українська а/к, 4 324 польоти ПС у 2018 році), Thomas Cook Airlines Scandinavia A/S (1 188 польотів ПС у 2018 році), Anda Air LLC (українська а/к, 978 польотів ПС у 2018 році), British Airways PLC (689 польотів ПС у 2018 році), Aircompany «Atlasjet Ukraine» LTD (українська а/к, 667 польотів ПС у 2018 році). Активна робота з цими авіакомпаніями допоможе повернути їх у повітряний простір України та допоможе розширити транзитний потенціал.

1.2 Основні потоки повітряного руху в повітряному просторі України та визначення важливих напрямків для розширення транзитного потенціалу

Розподіл транзитних потоків повітряного руху, що проходять через ПП під відповідальністю України у 2019 році та їх зміни у порівнянні з 2018 роком (за даними online-сервісу Statistics and Forecast (STATFOR)), наведені у

Таблиці 1.4. Ці потоки та їх структура важливі для розуміння існуючого транзитного потенціалу.

Таблиця 1.4 – Транзитні потоки повітряного руху України у 2019 році

Потік повітряного руху (та у зворотному напрямі)		Середня добова кількість польотів ПС у 2018 р.	Середня добова кількість польотів ПС у 2019 р.	Абсолютне значення зміни потоку	19/18, %
Країна 1	Країна 2				
РФ	Туреччина	88,7	94,8	6,1	6,9
РФ	Італія	36,7	38,9	2,2	5,9
Румунія	Великобританія	24,7	27,8	3,1	12,7
Польща	Греція	18,5	16,0	-2,5	-13,4
РФ	Греція	17,8	15,4	-2,4	-13,3
Польща	Туреччина	9,7	14,0	4,2	43,2
РФ	Сербія та Чорногорія	11,2	13,3	2,1	19,0
РФ	Ізраїль	11,8	11,7	-0,1	-0,6
Швеція	Греція	11,0	10,0	-1,0	-8,9
Швеція	Туреччина	9,2	9,8	0,5	5,8
РФ	Болгарія	9,6	8,0	-1,6	-17,0
РФ	Молдова	10,1	7,8	-2,3	-22,5
Польща	Ізраїль	8,3	7,7	-0,6	-6,7
Польща	Болгарія	8,0	7,3	-0,7	-9,3
Польща	Єгипет	5,0	6,1	1,2	23,2
Норвегія	Туреччина	4,8	6,1	1,3	26,8
Польща	Румунія	5,6	5,8	0,1	2,5
Молдова	Туреччина	4,4	4,2	-0,2	-4,1
Фінляндія	Туреччина	3,8	4,0	0,2	4,0
Білорусь	Туреччина	3,2	3,5	0,3	9,1

У 2019 році зафіксовано стрімке зростання транзитних потоків повітряного руху з Польщі до Туреччини (43,2%) та Єгипту (23,2%), що, зокрема, було одним з факторів зростання загальної кількості польотів ПС у районі польотної інформації (РПІ) Львів. Ці напрямки є важливими для зростання транзитного потенціалу.

Також суттєвим було зростання транзитних потоків повітряного руху з РФ до Сербії та Чорногорії (19,0%) та з Норвегії до Туреччини (26,8%). Відзначимо стале зростання транзитних потоків повітряного руху до/з Туреччини та Єгипту. Подальша робота з авіакомпаніями, що виконують польоти за цими транзитними коридорами також сприятиме сталому зростанню транзитного потенціалу.

Значне зменшення транзитних потоків повітряного руху спостерігалось у 2019 році за напрямками Польща – Греція (-13,4%), РФ – Греція (-13,3%), РФ – Болгарія (-17,0) та РФ – Молдова (-22,5), незначне – Польща – Болгарія (-9,3%). Актуальною задачею є активізація роботи з користувачами повітряного простору (авіакомпаніями), що виконують польоти за цими транзитними коридорами, з метою можливого відновлення, пов'язаного з ними транзитного потенціалу.

Дані щодо **розподілу міжнародних польотів ПС** у ПП під відповідальністю України у 2019 році та їх зміни у порівнянні з 2018 роком (за даними online-сервісу STATFOR) наведені у Таблиці 1.5. Ці дані стосуються вильотів та прильотів з/до міжнародних аеропортів України та їх сполучення з міжнародними аеропортами іноземних країн. Аналіз цих даних дозволяє зрозуміти найбільш популярні напрямки виконання польотів, перспективні зв'язки аеродромів (City Pairs) та сезонний розподіл цих показників. Обробка цих даних допомагає краще визначити транзитний потенціал та перспективні напрямки його розширення в майбутньому.

Відзначимо значне зростання за підсумками 2019 року міжнародних польотів ПС з України до Єгипту (30,8), Польщі (28,9) та Іспанії (28,2) та зменшення – з Білоруссю (-9,8) та Грузією (-6,6). Це перспективні напрямки для розширення транзитного потенціалу в майбутньому.

Таблиця 1.5 – Міжнародні польоти ПС в Україні у 2019 році

<i>Потік повітряного руху (та у зворотному напрямі)</i>		<i>Середня добова кількість польотів ПС у 2018 р.</i>	<i>Середня добова кількість польотів ПС у 2019 р.</i>	<i>Абсолютне значення зміни потоків</i>	<i>19/18, %</i>
<i>Країна 1</i>	<i>Країна 2</i>				
УКРАЇН А	Туреччина	32,8	33,2	0,4	1,1
	Польща	19,0	24,4	5,5	28,9
	Єгипет	17,5	23,0	5,4	30,8
	Німеччина	16,7	19,6	2,9	17,5
	Італія	9,7	11,1	1,4	14,6
	Білорусь	12,1	10,9	-1,2	-9,8
	Австрія	7,5	9,3	1,8	24,3
	Ізраїль	9,0	8,7	-0,3	-3,3
	О Region*	8,0	8,1	0,1	1,1
	Латвія	4,8	5,9	1,2	24,4
	Великобританія	4,7	5,5	0,8	17,3
	Іспанія	4,1	5,3	1,2	28,2
	Франція	4,8	5,3	0,4	9,2
	Грузія	4,5	4,2	-0,3	-6,6
	Греція	2,7	3,7	0,9	34,7

Внутрішні польоти ПС в Україні спрямовані, переважно, за такими напрямками (двосторонні), як:

- UKBB/UKKK – UKDD;
- UKBB/UKKK – UKOO;
- UKBB/UKKK – UKDE;
- UKBB/UKKK – UKOH;

- UKBB/UKKK – UKLL;
- UKBB/UKKK – UKNN;
- UKBB/UKKK – UKLI,

тощо, з сумарною середньою кількістю польотів ПС – 40-60 ПС за добу. Ці польоти не становлять значного впливу на показники транзитного потенціалу та його зміну в майбутньому. Але їх вивчення дозволяє краще зрозуміти розподіл основних потоків повітряного руху всередині країни.

1.3 Концепція повітряного простору вільних маршрутів Євроконтролю

Повітряний простір вільних маршрутів [5] – це визначена зона у просторі, в межах якої оператори повітряних суден (авіакомпанії) можуть вільно планувати маршрути між певним відправним та призначеним пунктом, з можливістю використання проміжних точок (опублікованих або неопублікованих), без обов'язковості дотримуватися мережі встановлених маршрутів, з урахуванням доступності цієї частини простору. Рух повітряних суден у цих зонах підлягає контролю з боку авіадиспетчерів.

Основними перевагами реалізації FRA є [10]:

- надання експлуатантам ПС можливості планувати польоти за прямими маршрутами, що зробить діючі наразі на тактичному етапі спрямлені маршрути доступними для планування;
- підвищення економічної ефективності польотів ПС;
- зниження негативного впливу на навколишнє середовище від польотів ПС;
- передбачуваність потоків повітряного руху.

Додатковою перевагою реалізації FRA є потенційне збільшення транзитного потенціалу країни.

Національні проекти FRA повинні базуватися на проведенні аналізу безпеки польотів, включати вимоги щодо оптимального використання повітряного простору з урахуванням потоків повітряного руху, гарантувати сумісність з

Європейською мережею маршрутів ОПП, бути підтвердженими додатковою оцінкою, включаючи оптимальне використання технічних і людських ресурсів на основі аналізу рентабельності, гарантувати легку і гнучку передачу відповідальності за ПС між органами ОПП, забезпечувати сумісність між суміжним повітряним простором та його конфігураціями, оптимізуючи, зокрема, існуючі райони польотної інформації, дотримуватись умов, що базуються на регіональних угодах, укладених в рамках ІСАО.

Загальні принципи та критерії щодо реалізації національних проектів FRA, маршрутів ОПП і секторів ОПП повинні бути створені для забезпечення безпечного, економічно ефективного та екологічно безпечного використання повітряного простору [9]. Для забезпечення реалізації транзитного потенціалу країни, дизайн секторів ОПП повинен бути безпосередньо пов'язаний з дизайном FRA та мережею маршрутів ОПП.

Деякі з основних аспектів FRA пов'язані з можливим вдосконаленням елементів структури повітряного простору, нових операційних підходів до дизайну повітряного простору та підвищення ефективності операційних характеристик. Узгоджені пропозиції щодо дизайну повітряного простору та нові операційні підходи необхідно розглядати у загальноєвропейській перспективі, а не лише з регіональної точки зору. Це гарантуватиме стале зростання транзитного потенціалу а також, що майбутні пропозиції та проекти будуть цілком погоджені із загальноєвропейськими ініціативами.

В межах FRA, процедури планування польотів мають бути простими та зрозумілими і відповідати процедурам для фіксованої мережі маршрутів ОПП. ПС мають виконувати звичайні процедури менеджменту потоків повітряного руху та пропускної спроможності (ATFCM), як у повітряному просторі FRA так і поза ним.

Розробка операційних аспектів FRA повинна базуватися на наступних принципах [5]:

- при розробці національного проекту FRA, повинні бути враховані потреби військових користувачів повітряного простору;

- методологія дизайну європейського повітряного простору, загальні принципи та технічні специфікації щодо дизайну повинні бути враховані у відповідності до ERNIP (Частина 1);
- загальна практика та методологія, що використовується Євроконтролем для забезпечення впровадження інших ініціатив FRA, буде використовуватися для дизайну оптимальної структури повітряного простору при впровадженні FRA.

Також має оцінюватися транзитний потенціал країни та можливі шляхи його подальшого розширення.

Тісна координація та підтримка від Євроконтролю/NM буде необхідна для досягнення ефективного і гнучкого впровадження FRA в межах європейського повітряного простору, що в свою чергу приведе до переваг як для користувачів повітряного простору, так і всіх інших партнерів з ОрПП.

Євроконтролем/NM надається підтримка щодо оптимізації структури FRA (структури FRA, маршрутів та секторів ОПР, елементів структури повітряного простору для провадження діяльності цивільних та військових користувачів повітряного простору) у короткостроковій, середньостроковій і довгостроковій перспективі [9].

Перевагами від такого співробітництва між Євроконтролем/NM на національними провайдерами аеронавігаційних послуг [8]:

- забезпечення взаємозв'язку з приводу різних рішень щодо проекту FRA;
- розробка узгодженої Європейської структури повітряного простору, здатної забезпечити переваги, пов'язані з безпекою польотів, пропускнуою спроможністю, ефективністю та впливом на оточуюче середовище;
- забезпечення скоординованого процесу у відношенні майбутнього дизайну повітряного простору на основі результатів проекту FRA та мережевого підходу;
- гармонізація мережі маршрутів ОПР та розвиток структури повітряного простору відповідно до Європейських планів;

- відкритий обмін інформацією на мережевому рівні шляхом використання даних майбутньої структури повітряного простору;
- гармонізація застосування концепції FUA та цивільно-військової координації при ОрПП з метою забезпечення узгоджених процедур та надання обслуговування в інтересах усіх користувачів повітряного простору, які мають доступ до FRA.

Євроконтроль/NM забезпечує доступ до загального набору даних та інструментальних засобів, що використовуються з метою дизайну проекту FRA;

- доступність Європейських планів на майбутнє щодо розвитку повітряного простору та прогнозу повітряного руху у Європі, що засновані на різних сценаріях, консолідованих на мережевому рівні;
- застосування єдиних методик для дизайну повітряного простору та оцінки характеристик;
- відкритий обмін інформацією на мережевому рівні.

Використовуючи операційно орієнтований підхід, можуть бути спроектовані оптимальні маршрути за допомогою DST в межах повітряного простору, де може бути визначена секторизація з урахуванням складності повітряного простору та обсягів повітряного руху, базуючись на згрупованих в декілька потенційних FRA сценаріях, на основі яких повинні бути розглянуті економічні, соціальні, військові, та інші елементи.

Операційно орієнтований підхід для FRA дизайну, як частина дизайну повітряного простору та послідовної операційної діяльності, будуть засновані на операційних вимогах незалежно від існуючих внутрішніх кордонів, якими є горизонтальні межі існуючих СТА/УТА, з подальшим впровадженням єдиного району FRA в межах усіх існуючих СТА/УТА.

Цей підхід заснований на наступних етапах [8]:

- дизайн секторів ОПР повинен бути переглянутий для задоволення вимог щодо організації потоків повітряного руху як в межах FRA, так і в межах фіксованої мережі маршрутів ОПР, що знаходиться нижче FRA і бути більш гнучким при зміні обсягів повітряного руху. При цьому дизайн

секторів ОПП повинен базуватися на районах, що мають високий рівень складності;

- у деяких випадках буде необхідно переглянути дизайн термінального повітряного простору (ТМА) та в залежності від складності повітряного простору, виникне необхідність проведення аналізу на предмет збільшення протяжності стандартних маршрутів вильоту/прибуття (SID/STAR) для забезпечення належного відокремлення повітряного руху;
- якщо для деяких аеропортів відповідні SID/STAR не встановлено, планування польотів повинно бути забезпечено з використанням DCT.

Наявність великого вибору прямих ділянок між визначеними точками в межах FRA буде надавати більш широкий вибір і гнучкість для експлуатантів ПС на етапі планування польотів. Можливість виконувати польоти за оптимальними профілями польоту, скорочення часу/відстані разом з очікуваним збільшенням пропускної спроможності секторів ОПП та скороченням затримок, пов'язаних з ОПП, повинно принести значне збільшення транзитного потенціалу при збереженні високого рівня безпеки польотів.

Для використання усього наявного транзитного потенціалу, сумісність між FRA і мережею маршрутів ОПП має бути організовано належним чином. Зміна дизайну повітряного простору та зміни до існуючої мережі маршрутів ОПП, ймовірно, будуть необхідними для сприяння ефективної передачі управління ПС між органами ОПП та збільшення переваг пропускної спроможності в межах FRA.

У відповідності з визначенням FRA, сумісність з мережею маршрутів ОПП буде реалізовано через визначені основні точки в межах FRA. Всі ці точки доступні в якості точок входу/виходу, проміжних точок та точок прибуття/вильоту. Всі деталі стосовно FRA та мережі маршрутів ОПП повинні бути опубліковані в документах аеронавігаційної інформації України.

Концепція FRA використовує основні принципи зональної навігації, яка полягає в тому, що ПС може виконувати політ за траєкторіями, що з'єднують

будь-які дві точки в межах встановлених допусків точності без необхідності польоту над будь-якими навігаційними засобами [3]. Це дозволить експлуатантам ПС планувати і виконувати польоти між точками входу/вильоту і виходу/прибуття в межах FRA без посилання на мережу маршрутів ОПП.

Існуючу схему секторизації повітряного простору слід переглянути та, за необхідності, реорганізувати з урахуванням основних потоків повітряного руху в межах FRA та мережі маршрутів ОПП. Особливістю FRA є те, що на відміну від мережі маршрутів ОПП, в якій ПС рухаються у вигляді впорядкованих потоків через визначені послідовні точки, при застосуванні FRA повітряний рух розподіляється по всьому об'єму сектору ОПП. Ця особливість потребує більш глибокої оцінки можливих конфліктних ситуацій за допомогою більш ефективної автоматизації процесу прогнозування таких ситуацій.

При можливій реорганізації структури секторів ОПП необхідно врахувати наступні чинники [1-3]:

- основні потоки повітряного руху та їх напрямки;
- уникнення транзитних польотів, які перетинають сектори за короткий проміжок часу;
- розташування об'ємів повітряного простору, виділеного для провадження військової діяльності;
- сумісність із суміжними секторами ОПП, в яких встановлена мережа маршрутів ОПП, та з термінальним повітряним простором;
- особливості цивільно-військової координації при ОПП.

Поетапний план впровадження концепції FRA в Європейському повітряному просторі передбачає поступове об'єднання окремих районів FRA в транснаціональні регіональні FRA, що будуть включати повітряний простір великої кількості суміжних РПІ без урахування їх національної приналежності (Рис. 1.3) [2].

Для аеронавігаційної системи України, основними завданнями є:

- підвищення пропускної спроможності системи організації повітряного руху (ОрПР) Європейського регіону;
- підвищення ефективності польотів та покращення екологічної ситуації за рахунок впровадження передових операційних концепцій, наприклад таких, як концепція FRA.

Також актуальною задачею є повне використання наявного транзитного потенціалу України та комплексні заходи з його розширення та підтримання в довготривалій перспективі.

Концепція FRA була ініційована на початку 1998 року в ряді країн Європи. Основною метою концепції було надання можливості експлуатантам ПС планувати та виконувати польоти за найкоротшою відстанню між аеродромами вильоту та прибуття, а не за маршрутами ОРП, відстань за якими, як правило, не є найкоротшою.

Україна своєчасно приєдналась до ініціативи з впровадження FRA і наразі виконує всі заплановані заходи з реалізації FRA. Поточний стан реалізації повітряного простору вільних маршрутів України (Free Route Airspace Ukraine, FRAU) [11,12]:

- 1-й етап, сценарій 1а – нічний FRA (FRA-Night) у межах окремих районів FRA, визначених AIP України, впроваджено з 05.03.2015;

- 1-й етап, сценарій 1б, фаза 1 – цілодобовий FRA у FRA Lviv (UTA Lviv), впроваджено з 06.12.2018;

- 1-й етап, сценарій 1б, фаза 2 – цілодобовий регіональний FRA у FRA KIDRO (UTA Kyiv, UTA Dnipro-North та UTA Dnipro-South (сектор DVS)), впроваджено з 23.05.2019;

- 1-й етап, сценарій 1б, фаза 3 – цілодобовий FRA у FRA Odesa (UTA Odesa-North), впроваджено з 22.04.2021;

2-й етап, сценарію 2а складається з трьох фаз:

- перша фаза (2-й етап, сценарій 2а, фаза 1) – впровадження цілодобового регіонального FRA у визначених межах UKNESFRA, що охоплює UTA Kyiv,

UTA Dnipro-North, UTA Dnipro-South (тільки DVK Zone 1) та UTA Lviv, впроваджено 12.08.2021;

- друга фаза (2-й етап, сценарій 2а, фаза 2) – впровадження цілодобового FRA у визначених межах UKODSFRA, що охоплює UTA Odesa-North та UTA Odesa-South (тільки в межах “Green zone”), впроваджено 02.12.2021 (див. Рис. 1.5);

- третя фаза (2-й етап, сценарій 2а, фаза 3) – впровадження процедур цілодобового регіонального FRA у всьому UIR Kyiv – UKBUFRA, що охоплює UTA Kyiv, UTA Dnipro-North, UTA Dnipro-South, UTA Lviv, UTA Odesa-North та UTA Odesa-South, дата впровадження була запланована на літо 2022 року, не визначена.

Виконання заходів, зазначених у плані реалізації FRAU, надає можливість користувачам ПП ефективно планувати польоти ПС, використовуючи оптимальні ділянки DCT між точками входу та виходу в межах окремих районів FRA, в умовах цілодобового FRA (FRA-H24). В рамках FRAU повністю реалізується наявний транзитний потенціал, існують численні можливості для його подальшого розширення.

Реалізація FRAU дозволить оптимізувати структуру повітряного простору, забезпечить гнучке і ефективне використання наявного повітряного простору та підвищить його пропускну спроможність, спростить процедури ОрПП щодо ОПР, організації потоків повітряного руху, управління використанням повітряного простору та цивільно-військової координації.

Для експлуатантів ПС – це підвищення привабливості повітряного простору через оптимізацію запланованих траєкторій польоту та, відповідно, додаткова можливість покращити витрати палива, скоротити загальний час польоту та звести до мінімуму викиди шкідливих речовин в атмосферу.

Процедури FRA застосовуються у горизонтальних межах UIR Kyiv в діапазоні FL275 - FL660. Повітряний простір вільних маршрутів України поділено на два окремі райони FRA, які охоплюють повітряний простір

відповідних верхніх диспетчерських районів (UTA), опублікованих у розділі ENR 2.1 AIP України (Рис. 1.5) [11,12]:



Рисунок 1.5 – Повітряний простір вільних маршрутів України (2-й етап, сценарій 2а, фаза 2)

- UKNESFRA охоплює UTA Lviv, UTA Kyiv, UTA Dnipro-North та UTA Dnipro-South (тільки сектор DVK Zone 1);

- UKODSFRA охоплює UTA Odesa-North та UTA-Odesa-South.

Період доступності FRAU:

- UKNESFRA та UKODSFRA – H24.

В межах FRAU встановлюється повітряний простір ОІР класу С (Рис. 1.6).

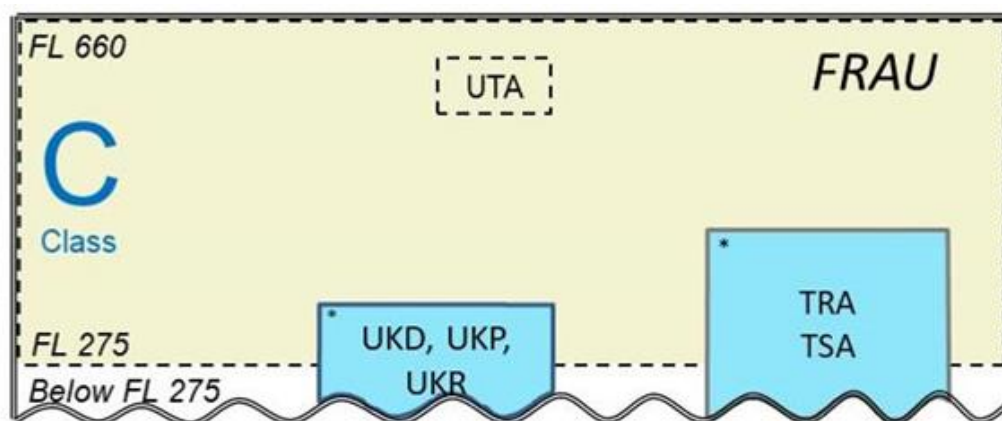


Рисунок 1.6 – Класифікація повітряного простору України в межах FRAU

Усі транзитні польоти ПС, польоти ПС, що прибувають або вилітають, та які планують принаймні частину свого маршруту в межах району FRA, доступні для процедур FRA. У межах окремих районів FRA експлуатанти можуть планувати траєкторії польотів, використовуючи код DCT для ділянок між основними точками FRA (FRP), або існуючу мережу маршрутів ОПП, або обидва варіанти одночасно.

Використання неопублікованих проміжних точок, визначених координатами або за допомогою пеленгу та відстані, не дозволяється при плануванні польоту. У межах окремих районів FRA немає обмежень щодо довжини сегментів DCT, а також кількості FRP, що використовуються в FPL.

В залежності від розподілу основних потоків повітряного руху та існуючої мережі маршрутів ОПП, FRP визначаються як [11,12]:

- (E) – точки входу FRA (FRA Horizontal Entry Points);
- (X) – точки виходу FRA (FRA Horizontal Exit Points);
- (I) – проміжні точки FRA (FRA Intermediate Points);
- (A) – точки прибуття FRA (FRA Arrival Connecting Points);
- (D) – точки вильоту FRA (FRA Departure Connecting Points).

При плануванні маршруту польоту експлуатанти ПС можуть використовувати FRP з метою оптимізації профілю польоту, для прильоту/вильоту на/з аеродром(у), обходу обмежень і резервувань повітряного простору (TRA/TSA, P, R, D зон). У випадку значних збоїв щодо надання ОПП та/або інших пов'язаних з ОПП послуг операції FRA будуть призупинені шляхом видання NOTAM. У цьому випадку польоти ПС будуть виконуватися за встановленою мережею маршрутів ОПП.

Транзитні польоти в межах FRAU з крейсерським ешеленом польоту вище FL275 можуть плануватися між точками входу та виходу FRA або через одну або більше проміжних точок FRA. Встановлена мережа маршрутів ОПП залишається доступною для планування у період доступності FRAU.

Транзитні польоти із запланованим переходом до/з районів FRA із зміною крейсерських ешелонів:

- для частини польоту нижче нижньої межі FRA повинні плануватися за встановленою мережею маршрутів ОПР, опублікованою у розділі ENR 3.2 AIP України;
- для частини польоту вище нижньої межі FRA можуть плануватись або відповідно до процедур FRA, або за встановленою мережею маршрутів ОПР, опублікованою в розділі ENR 3.2 AIP України.

Перехід у вертикальній площині між районом FRA та встановленою мережею маршрутів ОПР повинен плануватись через будь яку FRP. Польоти ПС, які прибувають або вилітають на/з аеродром/ів України, можуть виконуватись як за процедурами FRA, так і за встановленою мережею маршрутів ОПР (Рис. 1.7).

Польоти ПС, які прибувають з FRAU на будь-який аеродром України можуть плануватися за DCT від точки входу FRA до точки прибуття FRA з використанням проміжних точок FRA (за потреби). Частина польоту після точки прибуття FRA повинна плануватись за обов'язковими перехідними маршрутами FRA для прибуття. У випадках, коли точка прибуття FRA співпадає з початковою точкою STAR (або іншої процедури прибуття), перехідні маршрути FRA для прибуття не встановлюються. Перехідні маршрути FRA для прибуття описані на картах відповідних аеродромів в AIP України.

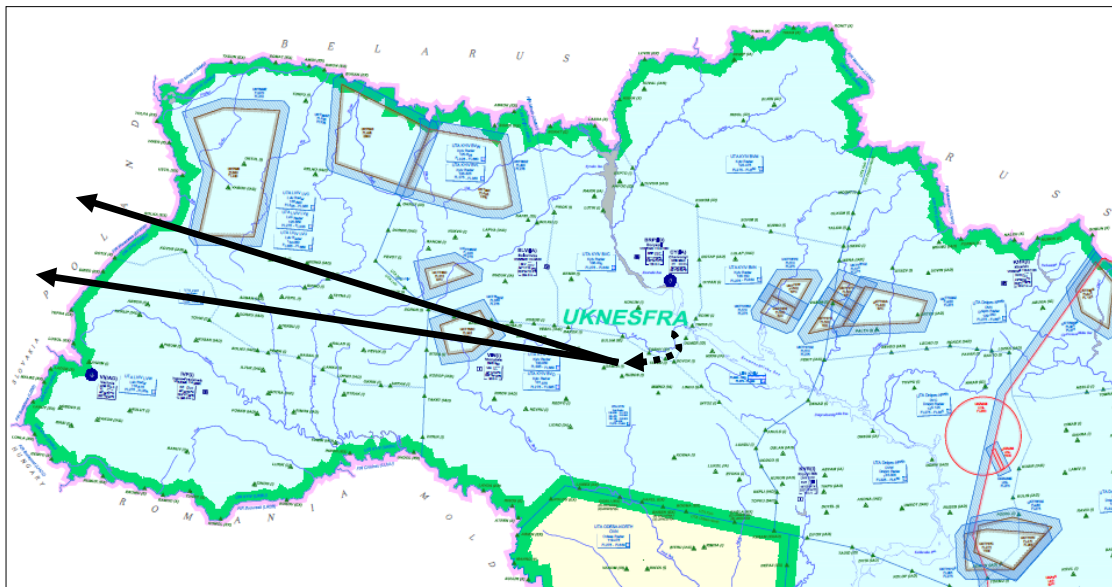


Рисунок 1.7 – Вихід з ТМА в межах FRAU

Польоти ПС, які вилітають з подальшим входженням до FRAU з будь-якого аеродрому України, можуть плануватися за DCT від точки вильоту FRA до точки виходу FRA з використанням проміжних точок FRA (за потреби). Частина польоту до точки вильоту FRA повинна плануватись за обов'язковими перехідними маршрутами FRA для вильоту. У випадках, коли точка вильоту FRA співпадає з останньою точкою SID (або іншої процедури вильоту), перехідні маршрути FRA для вильоту не встановлюються. Перехідні маршрути FRA для вильоту описані на картах відповідних аеродромів в AIP України.

Обмеження і резервування повітряного простору

На сьогодні, польоти ПС загального повітряного руху (GAT) здійснюються як за маршрутами ОПП, так і за ділянками DCT, які встановлені з урахуванням наявності іншої діяльності з використання повітряного простору, що впливає на GAT, операційних та технічних можливостей органів ОПП, рівня навігаційного обладнання повітряних суден, при цьому, безумовно, враховуються вимоги щодо безпеки та ефективності польотів [1-3,11,12].

Всі TSA/TRA, P, R або D зони вище FL275 відповідно до публікації в ENR 5.1-5.2 AIP України вносяться до Додатку 7 RAD як «FUA обмеження». Навколо TSA/TRA, R, D зон, а також P зон, де провадиться діяльність з оперативного використання повітряного простору, вище FL275 встановлюються FBZ з метою подання планів польотів за ППП, та, відповідно, дотримання безпечних інтервалів між ПС в межах FRAU та діяльністю з використання повітряного простору, що проводиться у зазначених районах.

FBZ активуються одночасно з асоційованими TSA/TRA та P, R, D зонами. У випадку планування користувачами використання повітряного простору TSA/TRA, R або D зон вище FL275 в межах FRAU, інформація про таку діяльність отримується експлуатантами ПС, що планують польоти в межах FRAU, за допомогою NM через Портал мережевих операцій (Network Operations Portal, NOP).

Експлуатанти повинні планувати польоти в обхід активованих TSA/TRA або P, R, D зон з урахуванням FBZ, використовуючи точки FRA (Рис. 1.8) та/або відповідно до умов, опублікованих в RAD як «FUA обмеження».

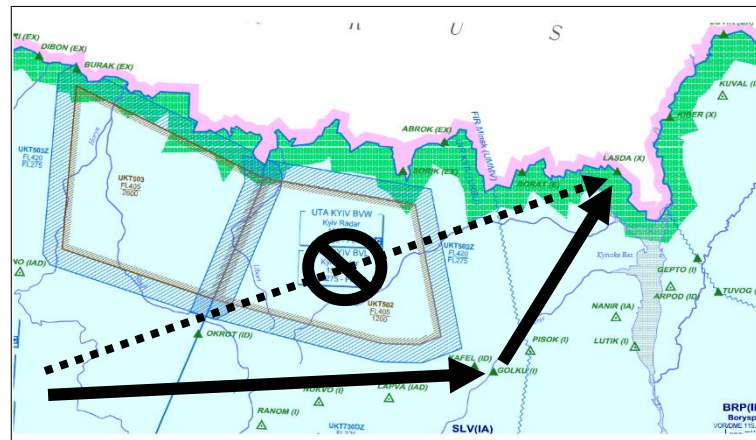


Рисунок 1.8 – Маршрут польоту ПС, що оминає зону тренувальних польотів з урахуванням FBZ з використанням проміжної точки

Вертикальне ешелонування застосовується в межах FRAU [4] відповідно до Правил ешелонування під час обслуговування повітряного руху. Експлуатанти повинні планувати ешелони польоту згідно з таблицею ешелонів польоту у повітряному просторі України, опублікованою в ENR 1.7 AIP України та наведеною у колонці «Remarks/Usage» ENR 4.4 та «Remarks» ENR 4.1 AIP України. Напрямок ешелону польоту (ODD чи EVEN) повинен бути обраний відповідно до необхідного напрямку через точки входу/виходу FRA, як описано в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Обрання напрямку ешелону польоту через точки FRA

Direction of Cruising levels within FRAU		
FLs over FRA (E)	FLs over FRA (X)	FLs inside FRA area
EVEN	EVEN	EVEN FLs for all DCT segments
ODD	ODD	ODD FLs for all DCT segments
EVEN	ODD	A change from EVEN FLs to ODD FLs shall be planned inside FRA area
ODD	EVEN	A change from ODD FLs to EVEN FLs shall be planned inside FRA area

Особливості ОПП

Польоти ПС в межах FRAU забезпечуються ОПП у порядку, визначеному нормативно-правовими актами України, Стандартами та рекомендованою практикою ІСАО у цій сфері.

У письмовій угоді між РДЦ (робочих інструкціях органів ОПП) повинні бути передбачені процедури делегування ОПП у випадках, коли [1-3,12]:

- маршрут польоту ПС короткочасно проходить з перетинанням границі суміжного сектору ОПП (UTA) або близько до неї (менше 5NM);
- виконується проліт ПС району FRA за короткий проміжок часу (до 5 хв.);
- виконується проліт ПС сектору ОПП за короткий проміжок часу (до 5 хв.).

За запитом екіпажу ПС або при виникненні в польоті ситуації, що створює загрозу безпеці польотів (виникнення особливих випадків (ситуацій) у польоті), орган ОПП може дозволити політ ПС поза межами основних точок, розташованих на границі району FRA, за наступних умов:

- політ погоджений із суміжним органом ОПП;
- відсутність конфліктів з іншими ПС;
- постійний контроль за використанням засобів спостереження;
- наявності дозволу відповідного органу управління Повітряних Сил ЗС України на перетинання держкордону поза опублікованими основними точками.

Письмові угоди та/або протоколи взаємодії, робочі інструкції повинні відображати специфіку процедур в межах районів FRA. Повинні бути встановлені нові процедури координації між РДЦ для точок входу/виходу районів FRA, які раніше були недоступні для певного повітряного руху, що пов'язаний з мережею маршрутів ОПП.

У деяких випадках, за необхідності, можуть бути визначені процедури (у письмовій угоді та/або протоколі взаємодії), які вимагають зміни напрямів польотів на крейсерських ешелонах через визначені основні точки. Вся інформація стосовно напрямів польоту через такі основні точки публікується в колонці «Remarks» таблиці ENR 4.1 та ENR 4.4 AIP України.

У Письмових угодах (Letter of Agreement, LoA), робочих інструкціях повинні бути визначені додаткові процедури координації для випадків, коли маршрут польоту певного ПС буде проходити в секторі ОПР протягом короткого проміжку часу (менше 5 хв.) або на незначній відстані від границі відповідного (суміжного) сектору ОПР (менше ніж 5 NM). Такі процедури можуть передбачати делегування ОПР відповідному органу ОПР, щоб уникнути передачі контролю за ПС (передачі зв'язку) від одного органу ОПР до іншого на дуже короткий проміжок часу.

Висновок до розділу 1

1. У ретроспективному аналізі використання повітряного простору України за 2019 році зафіксовано стрімке зростання транзитних потоків повітряного руху з Польщі до Туреччини (43,2%) та Єгипту (23,2%). Також суттєвим було зростання транзитних потоків повітряного руху з РФ до Сербії та Чорногорії (19,0%) та з Норвегії до Туреччини (26,8%). Зазначені транзитні потоки є перспективними напрямками розширення транзитного потенціалу України.
2. В зимовий період транзитні потоки спрямовані, переважно, за північним – південним та північно-західним – південно-східним напрямками (двосторонні). В літній період транзитні потоки спрямовані, переважно, за північним – південним та північно-західним – південним напрямками (двосторонні). Необхідно враховувати сезонний характер розподілу транзитних потоків при плануванні та реалізації заходів з розширення транзитного потенціалу України.
3. Впровадження FRA надає суттєві переваги всім зацікавленим користувачам повітряного простору – для провайдерів це нові можливості залучення нових користувачів та розширення транзитного потенціалу, для авіакомпаній – розширені можливості з планування польотів, економія часу та пального. Впровадження FRA дозволяє повноцінно реалізувати наявний транзитний потенціал та ефективно розширювати його у майбутньому.
4. Впровадження FRA, в цілому, підвищує привабливість повітряного простору для користувачів, проте, при цьому, може спричинити суттєві зміни транзитних та міжнародних потоків повітряного руху (збільшення або зменшення). Тому при впровадженні FRA необхідно перерахувати наявний та прогнозований транзитний потенціал країни.

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОТОКІВ ПОВІТРЯНОГО РУХУ В ВИЗНАЧЕНИХ ОБ'ЄМАХ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ

2.1 Опис операційного середовища обслуговування повітряного руху

Загальні положення

Украерорух забезпечує навігаційне обслуговування повітряних суден на всіх етапах їх польоту у повітряному просторі України та над акваторією у відкритому морі, де відповідно до міжнародних договорів Україна несе відповідальність за обслуговування повітряного руху.

До складу Украероруху входять підрозділи ОЦВС, які забезпечують всі етапи використання повітряного простору України, безпечно і регулярно обслуговування повітряного руху.

Органи обслуговування повітряного руху та кількість секторів органів ОПП наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Органи ОПП та кількість секторів органів ОПП

Орган ОПП	Кількість секторів			Пов'язані UIR / FIR(s)
	UTA	UTA/CTA	TMA	
ACC Kyiv	3	4	5	UIR Kyiv (UTA Kyiv), FIR Kyiv
ACC Odesa	1	4	1	UIR Kyiv (UTA Odesa-North, UTA Odesa-South), FIR Odesa, FIR Simferopol' (CTA Odesa-South)
ACC Lviv	2	2	1	UIR Kyiv (UTA Lviv), FIR Lviv
ACC Dnipro	2	3	1	UIR Kyiv (UTA Dnipro-North, UTA Dnipro-South), FIR Dnipro, FIR Simferopol' (CTA Dnipro-South)

Межі районів польотної інформації, в яких забезпечуються процедури FRA наведені на рис. 2.1:

- Kyiv FIR;
- Lviv FIR;
- Dnipro FIR;
- Odesa FIR;
- Simferopol FIR.

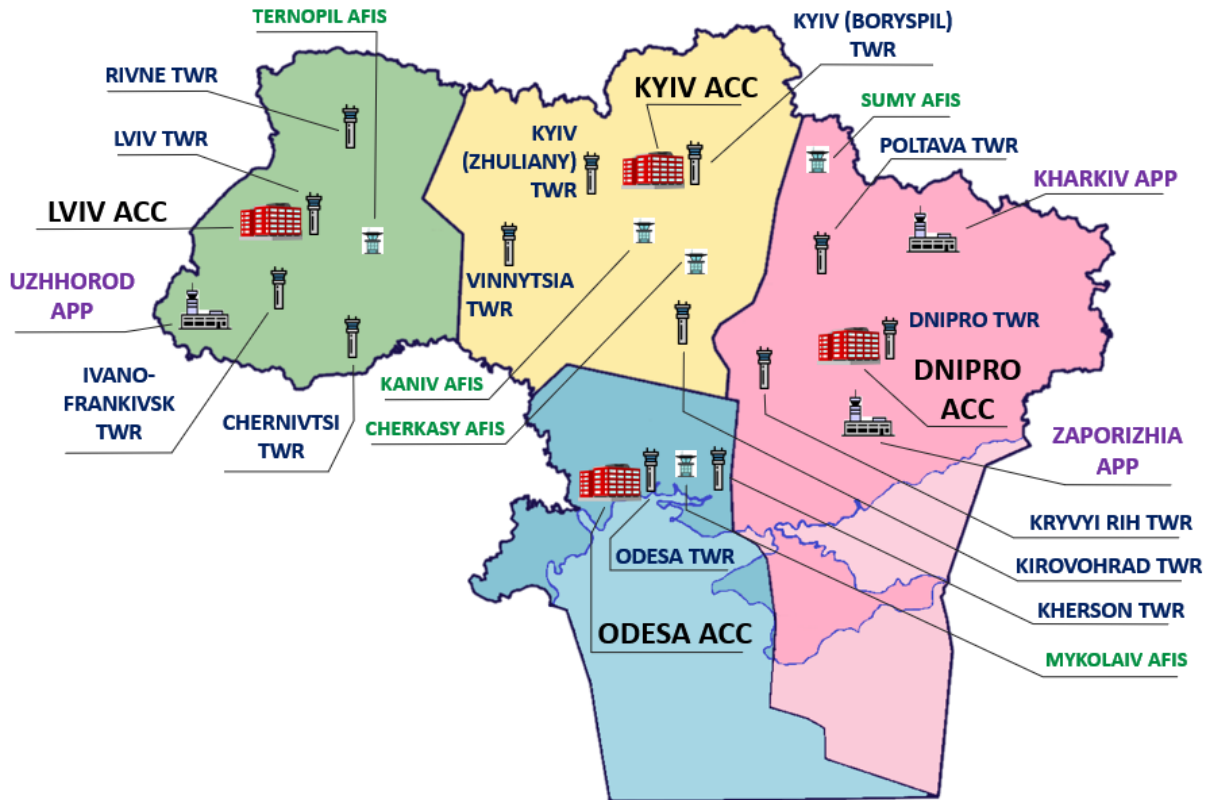


Рисунок 2.1 – Межі РПП та відповідні органи ОПР

Управління використанням (менеджмент) повітряного простору

Управління використанням повітряного простору України та над відкритим морем, де Україна несе відповідальність за обслуговування повітряного руху відповідно до міжнародних договорів, здійснюється за принципами гнучкого використання повітряного простору на трьох рівнях: стратегічному, передтактичному та тактичному.

Управління використанням (менеджмент) повітряного простору на стратегічному рівні передбачає заходи, спрямовані на визначення і, за необхідності, перегляд національної політики щодо менеджменту ПП, стратегічного планування, враховуючи потреби національних та міжнародних користувачів ПП, а також провайдерів аеронавігаційного обслуговування.

Управління використанням повітряного простору передтактичного рівня охоплює дії щодо планування, координації та щоденного розподілу повітряного простору між користувачами на тимчасовій основі відповідно до пріоритетів країни.

Управління використанням повітряного простору тактичного рівня передбачає заходи в реальному часі стосовно активації, деактивації та перерозподілу запланованого на передтактичному рівні повітряного простору. Також тактичний рівень включає процедури цивільно-військової координації між відповідними органами Організації повітряного руху (ОПР) та військовими органами управління повітряним простором (УПР) для вирішення можливих конфліктів під час обслуговування цивільної авіації та управління військовою авіацією.

Планування та координація використання повітряного простору на передтактичному та тактичному етапах відбувається Украєроцентром та Центрами Організації повітряного руху (Центрами ОрПР) в межах їх повноважень.

Украєроцентр та Центри ОрПР проводять аналіз, координацію та планування використання повітряного простору, отримавши заявки на користування повітряним простором. Після координації Украєроцентр включає опрацьовані заявки до Плану використання повітряного простору, який видає дозвіл або заборону на використання повітряного простору та повідомляє про це подавця відповідної заявки.

Регулювання одночасного використання повітряного простору двома або більше користувачами (у просторі, часі та висоті) здійснюється Украєроцентром або Центрами ОрПР відповідно до їх компетенції, відповідно до пріоритетів країни та з урахуванням принципів гнучкого використання повітряного простору. Украєроцентр формує та оновлює План використання повітряного простору відповідно до прийнятих рішень щодо розподілу та перерозподілу повітряного простору, а також у відповідності до наданих дозволів та заборон на його використання.

Дозвіл на використання повітряного простору надається Украєроцентром, або через відповідні Центри ОрПР. Рішення Украєроцентру, Центрів ОрПР у межах наданих повноважень щодо використання повітряного простору обов'язкові до виконання органами ОПР та користувачами повітряного простору.

Організація потоків повітряного руху

Україна повністю взаємодіє з EUROCONTROL як частина загальноєвропейської аеронавігаційної мережі (Network Manager – NM), яка безпосередньо відповідає за організацію потоків повітряного руху (ATFM) через NMOС на тактичному рівні, а також координує дії ATFM на стратегічному та передтактичному етапах в межах Європейського регіону.

Процедури ATFM в Україні забезпечуються органом EUROCONTROL NMOС за підтримки пунктів організації потоків повітряного руху (ОППР) – Flow Management Position (FMP), що діють у кожному Центрі ОпРР, для виконання таких задач:

- Запобігання перевантаженню диспетчерських органів УПР та забезпечення відповідності інтенсивності руху ПС можливостям системи ОПР;
- Підтримка ефективного використання наявної пропускної спроможності всієї системи управління повітряним рухом;
- Оптимізація потоків руху повітряних суден;
- Надання інформації експлуатантам повітряних суден щодо управління потоками повітряного руху для ефективного планування польотів.

FMP виконує моніторинг руху повітряних суден та аналіз завантаженості диспетчерських секторів та аеродромів відносно їх пропускної спроможності, щоб визначити, чи необхідно застосовувати певні заходи ATFM.

Пропускна спроможність секторів ОПР

Пропускна спроможність секторів ОПР залежить від завантаженості диспетчерів УПР (обсягу технологічних операцій з ОПР, виконаних у певний проміжок часу). Визначається в кількості ПС, які знаходяться під контролем диспетчера УПР у визначеній частині повітряного простору у відповідний період часу. Визначення пропускної спроможності сектора ОПР здійснюється за допомогою Методики визначення пропускної спроможності сектора ОПР та допустимої кількості ПС, які можуть знаходитися одночасно при наданні диспетчерського ОПР в секторі ОПР або за допомогою методики EUROCONTROL CAPAN.

Перспективна модель Single European Airspace System

У запропонованій перспективній моделі майбутньої архітектури організації повітряного простору (рис. 2.2), ПС та IFR RPAS будуть поступово інтегровані по всьому регіону ECAC і не будуть більше обмеженими фіксованими маршрутами ОПР. Організація повітряного простору в поєднанні з оперативним і технологічними рівнями дозволить ПС здійснювати польоти за FRA, що дозволить оптимізувати траєкторії польоту незалежно від меж FIR або державних кордонів.

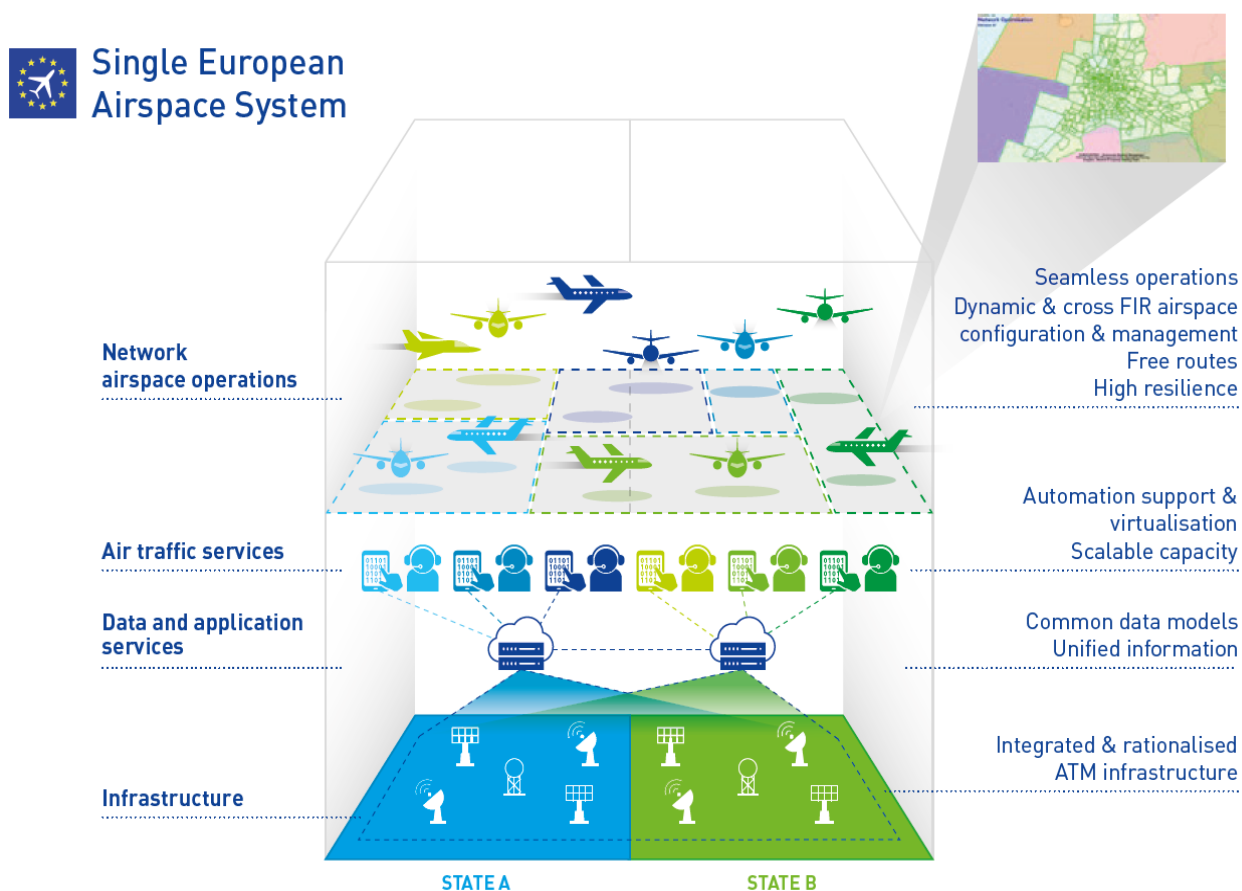


Рисунок 2.2 – Перспективна модель Single European Airspace System

2.2 Особливості організації потоків повітряного руху та менеджменту пропускної спроможності в Європейському повітряному просторі та Україні

Поєднані між собою автоматизовані системи у складі Network Manager формують та регулюють потоки повітряного руху та зменшують вплив

невизначеності на всіх етапах ATFCM у Європейському регіоні. Розуміння основних експлуатаційних процесів функціонування NM, дозволяє регулювати транзитні потоки в національному повітряному просторі, більш ефективно інтегрувати їх у міжнародні транзитні потоки, планувати та в подальшому реалізовувати заходи з розширення транзитного потенціалу.

Система Tactical (ETFMS) у складі NM містить польотні дані щодо наступних 48 годин, включаючи RPL та Flight Plan Messages для того, щоб забезпечити краще розуміння кількості та структури майбутніх потреб на використання ПП у всьому повітряному просторі ICAO EUR, з функціональної точки зору – IFPS Zone (IFPZ). В подальшому в ході безпосереднього ОПП ця інформація оновлюється та доповнюється актуальними даними з виконання польотів ПС та змінами в початкових FPL (зміни маршрутів, затримки, відміни польотів, тощо).

Важлива задача системи Tactical (ETFMS) полягає у порівнянні потреб на використання повітряного простору певних секторів/районів ОПП та їх пропускної спроможності (available capacity). У разі недостатньої пропускної спроможності, це може суттєво вплинути на розподіл транзитних потоків, як на національному, так і на регіональному рівні. У довготривалій перспективі це може впливати також і на плани з розширення транзитного потенціалу багатьох країн.

З огляду на потребу в забезпеченні безпеки польотів, на етапах планування та виконання вводяться буфери пропускної спроможності сектору ОПП, щоб компенсувати обмеження передбачуваності, таким чином зменшуючи ефективно використання наявних ресурсів авіадиспетчерів (Рис. 2.3). Ці буфери безпеки призводять до зменшення фактично доступної пропускної спроможності сектора ОПП.

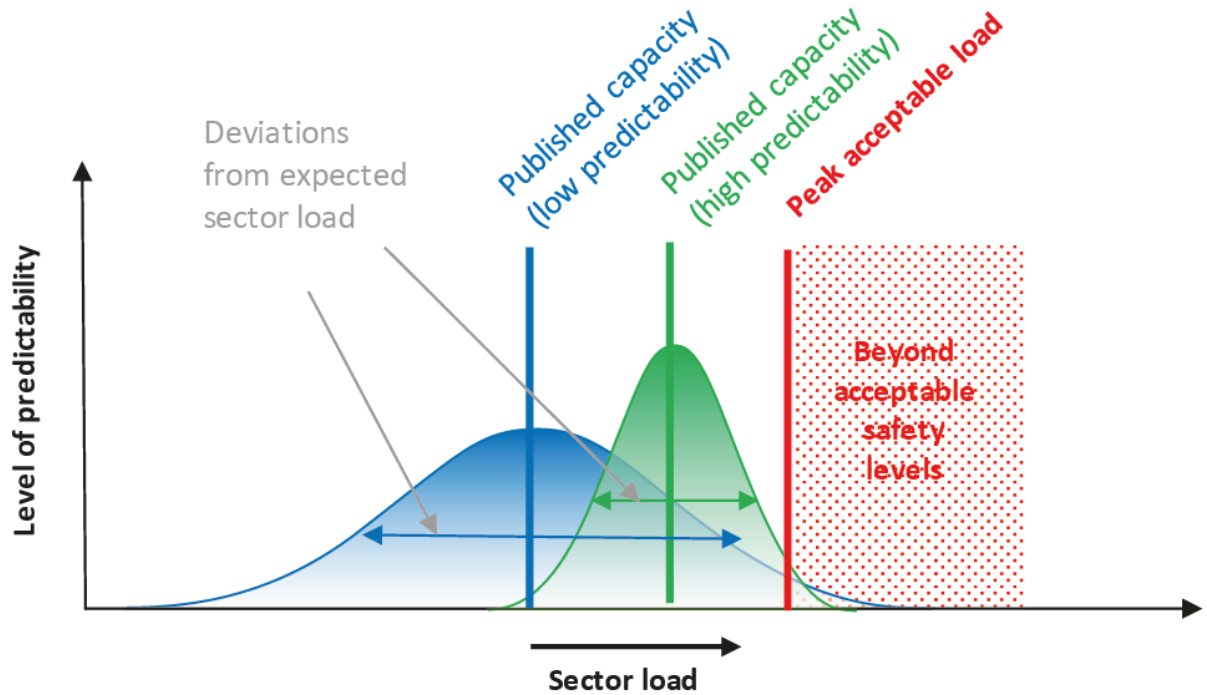


Рисунок 2.3 – Модель зв'язку між номінальною пропускнуною спроможністю сектора ОПП та невизначеністю в процесі обчислення складності та навантаження на авіадиспетчера в реальному секторі ОПП

Система ETFMS має дві важливі функції:

1. Розрахунок запитів на використання повітряного простору у кожному секторі ОПП в NM Area of Operations, із використанням FPL отриманих від Aircraft Operators (AOs) через Initial Flight Plan Processing System (IFPS).

2. Комплексний розрахунок слотів, їх розподіл між всіма зацікавленими сторонами (ACCs, AOs, тощо). Ця підсистема називається CASA (Computer Assisted Slot Allocation).

Додаткові функціональні підсистеми/задачі у складі ETFMS такі:

- підсистема з питань Environment Data Capture and Processing;
- підсистема з комплексного Flight Data Capture;
- підсистема з Profile Calculation;
- підсистема з Load Calculation;
- підсистема стосовно питань Rerouting;
- підсистема Human Machine Interface;
- підсистема для Exchange of Messages.

Основні складові діяльності Network Manager Євроконтролю стосовно ATFCM та регулювання транзитних потоків представлені на рис. 2.4.

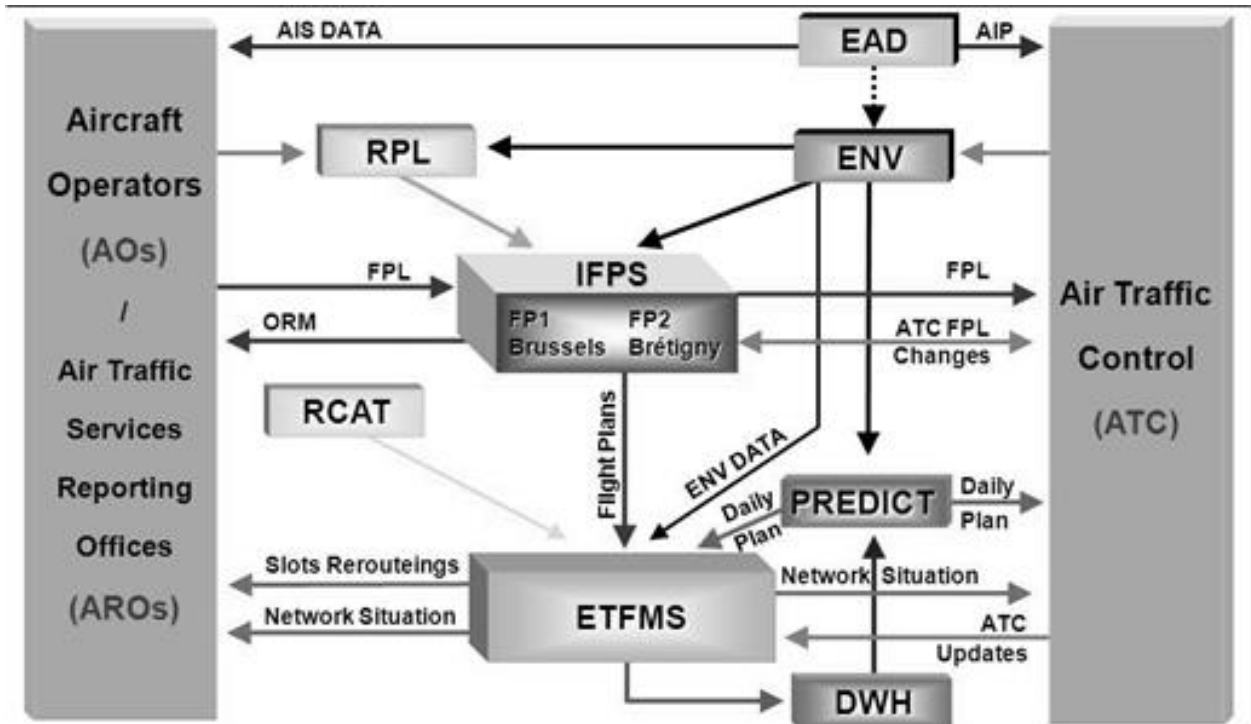


Рисунок 2.4 – Діяльність Network Manager Євроконтролю з ATFCM

Автоматизовані системи Network Manager з регулювання транзитних потоків повітряного руху включають ATS Environment System (CACD), Repetitive Flight Plan System (RPL), Integrated Initial Flight Plan Processing System (IFPS), TACTICAL System (ETfMS), сховище даних (DWH) а також Pre-Tactical System (PREDICT), наведені на рис. 2.5. Для ефективного вирішення задач з розширення транзитного потенціалу необхідно розуміти принципи роботи цих автоматизованих систем Network Manager та враховувати їх в роботі.

Оперативним підрозділом Network Manager, який відповідає за планування, координацію та реалізацію стратегічних, передтактичних і тактичних етапів управління потоками повітряного руху та пропускною здатністю, є підрозділ Network Manager Operations Centre (NMOC). Підрозділ збирає, оновлює та надає оперативну інформацію користувачам послуг щодо поточної ситуації та стану польотів та аеронавігаційної інфраструктури. Ефективність NMOC повністю залежить від актуальності, точності, надійності та актуальності доступної оперативної інформації.

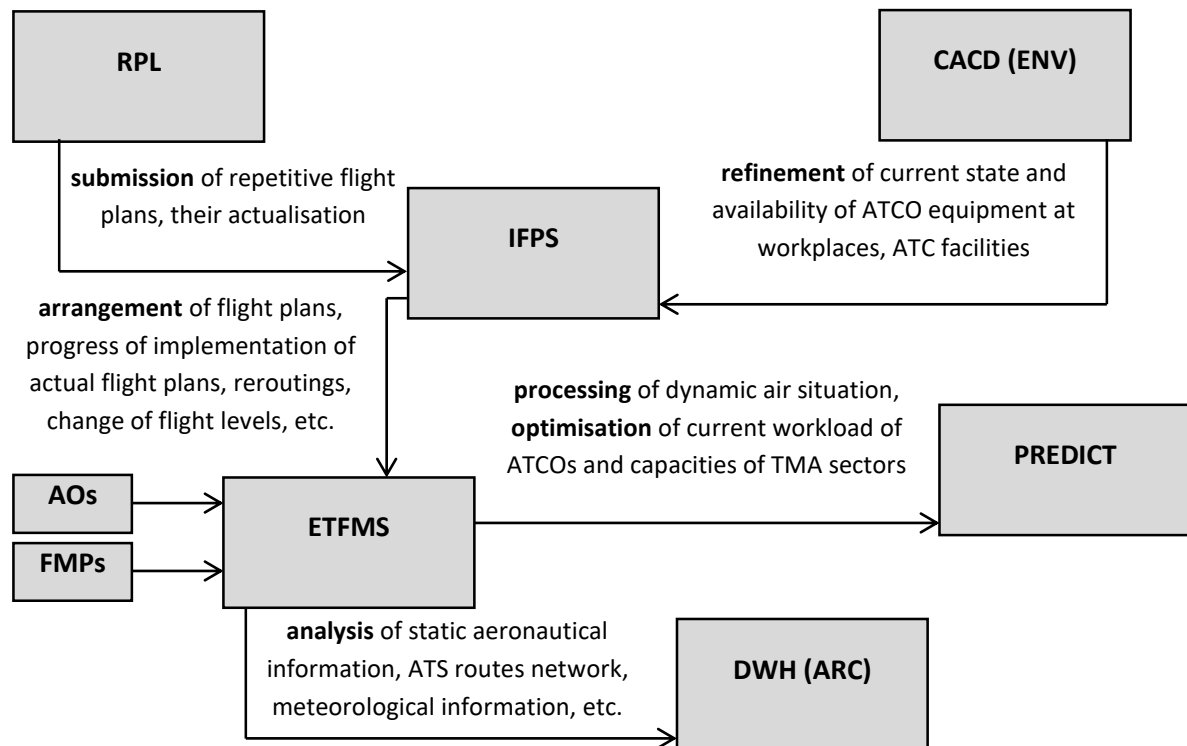


Рисунок 2.5 – Автоматизовані системи Network Manager з ATFCM

Функціонування ATFM засновано на принципах:

- Уникнення перевантаження органів управління повітряним рухом та збереження балансу між обсягом польотів і можливостями системи управління повітряним рухом у секторах ОПП або на аеродромах;
- Максимальне використання пропускної здатності Європейської мережі ATFM для оптимізації її продуктивності та мінімізації впливу на діяльність авіаційних операторів;
- Оптимізація пропускної здатності Європейської мережі ATFM шляхом удосконалення роботи органів управління повітряним рухом;
- Надання підтримки та сприяння у керуванні надзвичайними ситуаціями.

Для забезпечення функціонування системи ATFM у межах контрольованого повітряного простору України використовуються процедури, викладені в керівних документах ЄВРОКОНТРОЛЮ (Network Operations HANDBOOK).

Функції ATFM контрольованого повітряного простору України виконуються цілодобово НМОС через FMP, які виступають як місцеві координаційні органи НМОС у сфері ATFM для органів управління повітряним рухом, аеропортових операторів та інших учасників авіаційної діяльності.

Основні вимоги до організації роботи FMP:

- Взаємодія між NMOC та FMP з питань ATFM здійснюється на основі угоди (або додатка до угоди), що узгоджується центром управління повітряним рухом та NMOC відповідно;
- Організація робочих місць FMP відповідає вимогам, що затверджуються провайдером авіаційних навігаційних послуг;
- Область відповідальності, де FMP виконує свої функції, охоплює зону відповідальності регіонального диспетчерського центру та інших органів управління повітряним рухом у межах відповідних диспетчерських районів або зон.

Принципи ATFCM:

- ATFCM поліпшує ATFM, спрямовуючи заходи ATFCM на балансування попиту на повітряний рух та пропускну здатності, щоб оптимально використовувати наявні ресурси та координувати дії для забезпечення належної якості обслуговування та продуктивності системи управління повітряним рухом;
- ATFCM здійснюється за допомогою CDM (Collaborative Decision Making - спільне прийняття рішень). CDM базується на принципах взаємодії всіх зацікавлених сторін, транспарентності та довіри між учасниками процесів ATFCM. Принципи CDM застосовуються у щоденній операційній діяльності та плануванні з активною участю провайдерів (через FMP) та операторів авіакомпаній (через AOLC);
- Зв'язок з операторами повітряних суден щодо операційних питань ATFCM здійснюється через AOLC (Airline Operations Liaison Cell - центр зв'язку авіакомпаній), який складається з фахівців-представників авіакомпаній. AOLC взаємодіє з NMOC, FMP та користувачами повітряного простору, відстежує проблеми, які впливають на авіакомпанії, і надає пропозиції NM щодо їх вирішення та удосконалення процесу ATFCM з огляду на потреби авіаперевізників;

- Заходи ATFCM здійснюються на основі обміну інформацією та координації дій між NMOC, FMP та учасниками авіаційної діяльності.

Загальні обов'язки органів управління повітряним рухом стосовно ATFM:

- У разі необхідності застосування заходів ATFCM орган управління повітряним рухом координує дії через FMP з NMOC стосовно обрання заходів ATFCM, враховуючи відповідний вплив на продуктивність Європейської мережі ATFM;
- У разі необхідності ARO обмінюється інформацією між експлуатантами та NMOC або FMP;
- Органи управління повітряним рухом повідомляють NMOC через FMP про виявлені обставини, які можуть впливати на пропускну здатність та попит на повітряний рух.

Загальні обов'язки експлуатантів стосовно ATFM:

- Кожен політ має бути забезпечений одним планом польоту. Поданий план польоту повинен точно відображати запланований маршрут польоту повітряного судна;
- Під час планування та виконання польотів експлуатант зобов'язаний дотримуватись правил та процедур ATFM, включаючи вимоги до подання плану польоту та його змін;
- Всі заходи ATFCM та їх зміни повинні бути включені до планування запланованого польоту та доведені до відома екіпажу повітряного судна.

ATFCM складається з таких етапів:

- Стратегічний;
Передтактичний;
- Тактичний;
- Післяопераційний аналіз.

Урахування особливостей кожного з вищенаведених етапів ATFCM важливе для розуміння принципів формування транзитних потоків повітряного руху, особливостей зміни їх конфігурації, обсягів та інших характеристик.

Також, на кожному з етапів ATFCM важливо реалізовувати відповідні заходи з розширення транзитного потенціалу.

Стратегічний етап ATFCM розпочинається за сім днів або більше до дня виконання польотів. Цей етап включає в себе діяльність, спрямовану на аналіз проблем, планування та координацію відповідних заходів. Такий підхід, здійснюваний NM, включає співпрацю з відповідними структурними підрозділами постачальників авіаційних навігаційних послуг, управління повітряним простором, аеропортових операторів, користувачів повітряного простору та NM.

Документ, що узагальнює цей етап - це Операційний План Мережі (NOP), який розробляється NM та розміщується на порталі NOP для інформування зацікавлених сторін та координації дій.

Основні завдання та обов'язки сторін на стратегічному етапі:

- NM забезпечує загальну координацію щодо ATFCM з усіма учасниками повітряного простору.

Уповноважені підрозділи ANSP та центри управління повітряним рухом:

- Розробляють та забезпечують виконання проектів щодо оптимізації пропускної здатності;
- Розраховують критерії пропускної здатності секторів управління повітряним рухом відповідно до методик ЄВРОКОНТРОЛЮ, ANSP або інших методик;
- Розробляють конфігурації секторів управління повітряним рухом, планують заходи ATFCM з участю FMP, враховуючи прогнозовані обсяги повітряного руху та заплановану діяльність у повітряному просторі;
- Надають NM базову інформацію про плани щодо пропускної здатності та діяльність у повітряному просторі, а також іншу інформацію для підготовки NOP відповідно до діючих керівництв Network Operations HANDBOOK.

FMP:

- Передає NM дані щодо конфігурації секторів управління повітряним рухом та їх активації, пропускної здатності сектору управління повітряним рухом, TFV, критеріїв пропускної здатності аеропорту (якщо доступна інформація), часу руління, конфігурації ЗПС та іншу інформацію відповідно до керівництва Network Operations HANDBOOK;
- Забезпечує NM інформацією щодо планів центру управління повітряним рухом щодо ATFCM в непередбачуваних обставинах;
- Забезпечує NM інформацією про покращення або зміни (оновлення систем управління повітряним рухом, зміни у процедурах управління повітряним рухом тощо), що впливають на пропускну здатність.

Передтактичний етап ATFCM займає час від шести днів до дня виконання польотів і включає планування та координацію заходів ATFCM. Під час передтактичного етапу проводиться аналіз та визначення оптимального використання доступних ресурсів пропускної спроможності та впровадження відповідних заходів ATFCM. Результатом цього етапу є створення ATFCM Daily Plan (ADP), який оприлюднюється на порталі NOP (INP та ANM).

Завдання та обов'язки учасників на передтактичному етапі:

- NMOC координує та планує впровадження заходів ATFCM, розповсюджує та публікує ANM, INP, AIM та EAUP/EUUP. Напередодні виконання польотів NMOC повідомляє користувачів повітряного простору про планування заходів ATFCM через ANM та INP, які публікуються на порталі NOP.

Орган управління повітряним рухом центру ОрПР координується з FMP для планування дій з використання повітряного простору та мінімізації конфліктів між загальним та операційним повітряним рухом.

FMP:

- Аналізує прогнози обсягів повітряного руху в секторах управління повітряним рухом, на аеродромах та основні потоки повітряного руху в своєму районі відповідальності;

- Взаємодіє з органами управління повітряним рухом свого району відповідальності щодо подій або обставин, що впливають на пропускну здатність або регулярність польотів;
- Співпрацює з органом управління повітряним рухом центру ОрПР з питань планування та координації діяльності з використання повітряного простору, яка може впливати на ATFCM;
- Надає NМОС інформацію про заплановані (очікувані) події на день виконання польотів, діяльність з використання повітряного простору, зміни у використанні обладнання та інші операційні особливості, які можуть значно вплинути на пропускну здатність EATMN;
- Надає NМОС дані щодо узгоджених заходів ATFCM для впровадження наступного дня і формує відповідний ADP, а також надсилає запит на створення необхідних засобів для моніторингу потоків повітряного руху та застосування заходів ATFCM на тактичному етапі (за потреби);
- Інформує зацікавлені органи управління повітряним рухом у межах свого району відповідальності про заплановані заходи в ADP, які можуть вплинути на управління повітряним рухом, а також співпрацює з суміжними FMP (за потреби).

Тактичний етап ATFCM відбувається у день виконання польотів. На цьому етапі виконується або коригується ATFCM Daily Plan (ADP) відповідно до фактичних умов експлуатації (відношення попиту на повітряний рух та пропускну здатності). За необхідності вживаються узгоджені заходи ATFCM, такі як встановлення слотів ATFM (регулювання).

Обов'язки та завдання сторін на тактичному етапі ATFCM:

NМОС:

- Спільно з FMP виконує та коригує заплановані передтактичним етапом заходи ATFCM, зокрема регулювання.
- Координує з FMP та експлуатантом обхід ПС секторів управління повітряним рухом, де вжито регулювання;

- Розповсюджує користувачам повітряного простору відкориговані повідомлення ANM та AIM з урахуванням поточних змін.

FMP:

- Проводить аналіз основних потоків повітряного руху, попиту на повітряний рух та обсягів руху в секторах управління повітряним рухом, у певних частинах повітряного простору та на аеродромах у своєму районі відповідальності;
- Надає NМОС інформацію про зміну конфігурації секторів управління повітряним рухом, дані про критерії пропускної здатності секторів управління повітряним рухом та аеропортів, а також інші операційні параметри, такі як час руху, курси ЗПС тощо;
- Погоджує та реалізує впровадження заходів АТFCM у своєму районі відповідальності при очікуваному перевантаженні секторів управління повітряним рухом або аеропортів в порівнянні з встановленими критеріями пропускної здатності;
- Перевіряє правильність впровадження заходів АТFCM у своєму районі відповідальності та, якщо потрібно, вносить коригувальні дії згідно з тактичними умовами експлуатації;
- Забезпечує органи управління повітряним рухом у своєму районі відповідальності інформацією про затримки, попит на повітряний рух та обсяги руху в секторах управління повітряним рухом та на аеродромах;
- У разі необхідності діє після отримання від органу управління повітряним рухом центру ОрПР інформації про відміну запланованої діяльності з використання повітряного простору, що може вплинути на пропускну здатність.

Співпрацює з РДЦ або диспетчерським органом підходу та органом управління повітряним рухом центру ОрПР для використання умовних маршрутів або зарезервованого повітряного простору для уникнення перевищення пропускної здатності.

Післяопераційний аналіз виконується наступного дня після виконання польотів. На цьому етапі проводиться аналіз операційної діяльності в день польотів та перегляд діяльності з АТFCM на попередніх трьох етапах. У разі потреби розробляються відповідні **рекомендації для розширення транзитного потенціалу**.

2.3 Перспективні моделі організації потоків повітряного руху

Для ефективного аналізу транзитних потоків повітряного руху в національному повітряному просторі побудуємо теоретичну модель організації потоків повітряного руху (припустимо відсутність затримок польотів ПС та відсутність заходів з АТFCM). В цій моделі, окремі плани польоту з загальної сукупності польотів у визначеному повітряному просторі $f \in F$ виконуються за мережею з n основних точок району FRA (X_1^f, \dots, X_n^f) та пов'язаних з n випадкових змінних T_1^f, \dots, T_n^f , де T_i^f представляє час польоту f між основними точками X_i^f , у підсумку кожен момент часу характеризується кількісними значеннями транзитних потоків повітряного руху, позначених p_i^f та відповідною щільністю T_i^f . Перевищення цього показника T_i^f змінює базову конфігурацію польотів у секторі X_1^f, \dots, X_n^f та призводить до небажаних змін запланованих транзитних потоків повітряного руху.

Відповідно до стандартного позначення, ймовірність виникнення відповідних сценаріїв виконання польотів у секторі ОПР визначається як:

$$P[T_j \in \Delta t | T_i = t_i] = \int_{\Delta t} p_{i|j}(\tau | t_i) d\tau \quad (2.1)$$

де $p_{i|j}(\tau | t_i)$ це умовна ймовірність того, що політ через X_j під час інтервалу часу Δt відбудеться через точку X_i та за час t_i .

Запропонуємо спрощене подання моделі організації потоків повітряного руху, придатної для розрахунку транзитних потоків та можливих траєкторій польоту ПС. Графічне подання цієї моделі представлено на рис. 2.6, це стандартна Bayesian Network, в якій визначені зв'язки між випадковими змінними, а саме: γ_i^j – запити на використання повітряного простору у кожному секторі ОПП в NM Area of Operations, T_i^f – час польоту f між основними точками X_i^f з кількісними значеннями для транзитних потоків повітряного руху, $S_{s,f}^t$ – здатність сектору ОПП забезпечувати обслуговування транзитного потоку (із заданим рівнем ефективності та безпеки польотів), враховуючи завантаженість сектору ОПП на основі заявленої пропускної спроможності.

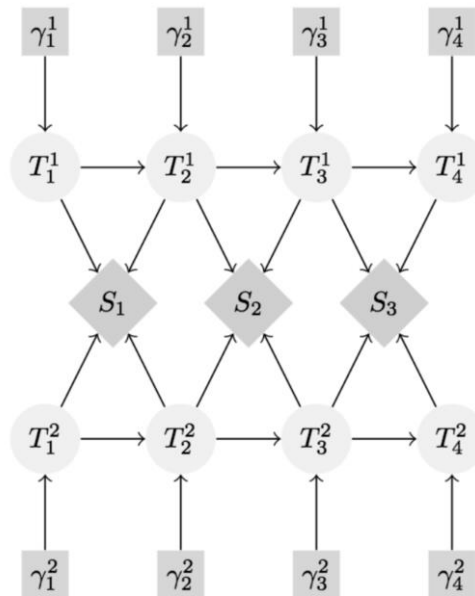


Рисунок. 2.6 – Модель Bayesian network для планів польотів транзитних ПС

Стрілки між T_i та T_{i+1} вказують на зв'язки між змінними, які не є незалежними одна від одної. Об'єднана функція щільності T_i та T_{i+1} подається у такому вигляді:

$$p_{i,i+1}(t_i, t_{i+1}) = p_{i+1|i}(t_i, t_{i+1}) \cdot p_i(t_i) \quad (2.2)$$

Це рівняння представляє направлений рух (вектори) транзитних потоків повітряного руху у вигляді послідовності основних точок за маршрутами ОПР. Обмеження цього рівняння, представимо у такому вигляді:

$$p_{i,j}(t_i, t_j) = 0, \text{ if } t_i \geq t_j, \forall j > i \quad (2.3)$$

Тепер, виконаємо узагальнення для спільного розподілу довільної кількості основних точок за маршрутом ОПР:

$$\begin{aligned} p_{i:N}(t_{i:N}) &= p_{N|i:N-1}(t_N | t_{1:N-1}) \cdot p_{1:N-1}(t_{1:N-1}) \\ &= p_{N|N-1}(t_N | t_{N-1}) \cdot p_{1:N-1}(t_{1:N-1}) \\ &= \prod_{i=2}^N p_{i|i-1}(t_i | t_{i-1}) \cdot p_1(t_1) \end{aligned} \quad (2.4)$$

Перше рівняння отримано з визначення спільної ймовірності, друге рівняння вимагає наявності умовної незалежності змінних, відоме як припущення Маркова. Процес виконується визначену кількість ітерацій для кожного T_i з $N-1$ для того, щоб отримати останнє рівняння. Це рівняння представляє собою модель невизначеності Маркова для обчислення плану польоту $f \in F$ транзитного потоку повітряного руху (X_1^f, \dots, X_n^f) .

Наведемо модель сектору ОПР $S_{s,f}^t$ в умовах невизначеності транзитних потоків повітряного руху, засноване на Poisson Binomial Distribution, де ми даємо закрити форму рівняння для обчислення точної ймовірності завантаженості (перевірка наявності перевантаженості) сектору ОПР із застосуванням випадкової змінної Bernoulli для польоту f в секторі s , час t , та $\overline{S_{s,f}^t}$ його доповнення. Відзначимо, що $(S_{s,f}^t : t \in \Omega)$ стохастичний процес, де Ω , це визначений горизонт часових обмежень дослідження (48 годин, що достатньо для тактичного етапу НМОС планування транзитних потоків повітряного руху).

Тоді, ймовірність для ПС не знаходитись у секторі ОПР протягом інтервалу часу $\Delta t = (t_{\min}, t_{\max})$, це ймовірність входу після t_{\max} , або ймовірність виходу перед t_{\min} . З урахуванням спрямованості часових обмежень (див. Рис. 2.6), ці дві події взаємно виключають одна одну, внаслідок чого отримаємо:

$$\begin{aligned}
 \overline{P(S_{s,f}^{\Delta t})} &= P(T_i^f > t_{\max}) + P(T_i^f \leq t_{\min}) \\
 &= [1 - P(T_i^f \leq t_{\max})] + P(T_i^f \leq t_{\min}) \\
 &= 1 - F_i^f(t_{\max}) - F_j^f(t_{\min}) \\
 \Rightarrow P(S_{s,f}^{\Delta t}) &= F_i^f(t_{\max}) - F_j^f(t_{\min})
 \end{aligned} \tag{2.5}$$

Коли $(t_{\max} - t_{\min}) \rightarrow 0$, ми отримуємо значення для $S_{s,f}^t$. В таких умовах, вплив від одночасної присутності великої кількості ПС у певному секторі ОПР може бути обчисленим. Відповідно, можна обчислити вплив повітряної обстановки у секторі ОПР на транзитні польоти, зокрема, в кожний момент часу. Щоб виконати це, позначимо K_s^t у якості випадкової змінної кількості польотів у секторі ОПР s за час t та представимо у такому поданні:

$$P(K_s^t = n) = \sum_{|a|=n, f \in F} \prod P(S_{s,f}^t)^{a_f} \cdot \overline{P(S_{s,f}^t)}^{1-a_f} \tag{2.6}$$

де $a = (a_1, \dots, a_{N_s^t}) \in \{0,1\}^{N_s^t}$, $|a| = a_1 + \dots + a_{N_s^t}$ та $N_s^t = |\{i | P(S_{s,f}^t) \neq 0\}|$. Зазначимо, що $\{K_s^t : t \in \Omega\}$ відповідає стохастичному процесу, позначеному на графічній моделі (див. Рис. 2.6) у вигляді ромбів.

З урахуванням основних задач Network Manager з АТФСМ та діяльності, що виконується на національному рівні, представимо **модель інформаційних потоків Network Manager Operations Centre (NМОС)** у вигляді, наведеному на рис. 2.7.

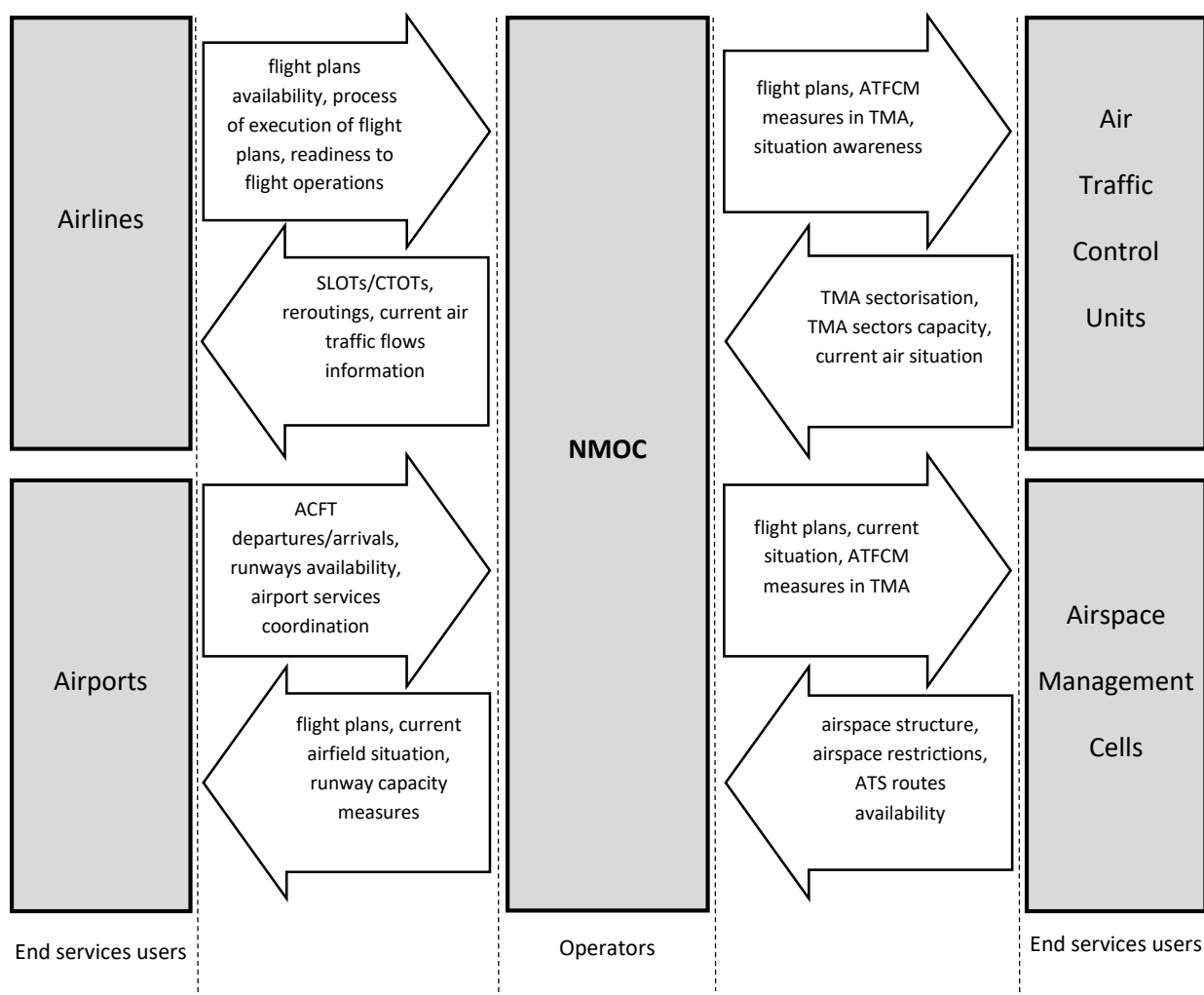


Рисунок 2.7 – Модель інформаційних потоків НМОС

Подальше вдосконалення та практичне застосування цієї моделі допоможе успішно вирішувати задачі з дослідження транзитних потоків повітряного руху, як на загальноєвропейському, так і на національному рівні (наприклад, в Україні).

Висновок до розділу 2

1. Операційне середовище ОПП включає процеси управління використанням (менеджмент) повітряного простору, планування використання повітряного простору, організації потоків повітряного руху та пропускної спроможності секторів ОПП. Урахування цих процесів, разом з перспективною моделлю Single European Airspace System, необхідне для ефективного дослідження транзитних потоків повітряного руху та розширення транзитного потенціалу України.

2. Системи у складі Network Manager регулюють потоки повітряного руху на всіх етапах ATFCM у Європейському регіоні. Розуміння принципів функціонування NM, дозволяє більш ефективно регулювати транзитні потоки в національному повітряному просторі, інтегрувати їх у міжнародні транзитні потоки та реалізовувати заходи з розширення транзитного потенціалу.

3. Функція системи Tactical (ETFMS) полягає у порівнянні потреб на використання ПП певних секторів/районів ОПП та їх пропускної спроможності (available capacity). У разі недостатньої пропускної спроможності, це може суттєво вплинути на розподіл транзитних потоків, як на національному, так і на регіональному рівні. У довготривалій перспективі це може впливати також і на національні плани з розширення транзитного потенціалу багатьох країн.

4. Оперативним підрозділом Network Manager, що відповідає за планування, координацію та реалізацію всіх етапів ATFCM, є підрозділ Network Manager Operations Centre (NМОС). Підрозділ збирає, оновлює та надає оперативну інформацію щодо поточної ситуації та стану виконання польотів, тому гармонізація взаємодії з NМОС є важливою умовою для реалізації заходів з розширення транзитного потенціалу. Запропоновано модель інформаційних потоків в структурі NМОС.

5. Розроблено теоретичну модель організації потоків повітряного руху. Практичне використання цієї моделі дозволяє вирішувати задачі з дослідження транзитних потоків повітряного руху та розширення транзитного потенціалу, як на загальноєвропейському, так і на національному рівні.

РОЗДІЛ 3. ПРИКЛАДНІ МЕТОДИКИ ТА АЛГОРИТМИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗШИРЕННЯ ТРАНЗИТНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ УКРАЇНИ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАСОБУ NEST ДЛЯ РОЗРОБКИ ПРОПОЗИЦІЙ З РОЗШИРЕННЯ ТРАНЗИТНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ УКРАЇНИ ТА ЇХ ОБҐРУНТУВАННЯ

3.1 Огляд програмних засобів дослідження повітряного простору

Розглянемо програмні системи для тренування (тренажерні системи), які не взаємодіють з користувачем для відтворення повітряної обстановки. Ці програмні рішення призначені для ілюстрації авіаційних подій, які відбулися, а також для аналізу чинників, що призвели до цих подій. Вони використовуються для зручного візуального подання етапів розвитку аварійних ситуацій та слугують додатковим джерелом інформації для письмових звітів щодо розслідування авіаційних інцидентів. Ці інструменти не лише дозволяють відобразити всі ключові моменти реальних ситуацій, але й створюють сценарії можливих подій на основі статистичних даних.

У цих програмах також наявні додаткові програмні модулі, які виконують різноманітні завдання. Вони дозволяють змінювати параметри працездатності людини-оператора в широкому спектрі, керувати кількістю та траєкторіями руху повітряних суден, налаштовувати структуру маршрутів управління повітряним рухом, а також процедури для персоналу і багато іншого.

До подібних тренажерних систем відносяться:

- Radar Analysis Debriefing System;
- Future ATM Concepts Evaluation Tool;
- Graphical Airspace Design Environment;
- Reorganized ATC Mathematical Simulator (RAMS Plus);
- Replay Interface of TCAS Events.

Програмний засіб Reorganized ATC Mathematical Simulator (The RAMS Plus™) – це комплексний моделюючий комплекс для цілей ОПР, що дозволяє

виконувати моделювання великої кількості процесів в системі ОПР в довільному/прискореному масштабі часу.

Комплекс RAMS Plus™ представляє собою інструмент, який спроможний створювати докладну модель системи повітряного руху, включаючи діяльність авіадиспетчерів. Це програмне забезпечення надає можливість високоточного та деталізованого моделювання процедур повітряного руху, включаючи 4D моделювання руху понад 300 літаків одночасно, виявлення літаків у чотиримірному просторі, вирішення потенційно-конфліктних ситуацій відповідно до системи правил та моделювання роботи авіадиспетчера в залежності від повітряної ситуації.

Програмні розробки Євроконтролю націлені на моделювання та дизайн повітряного простору, оптимізацію мережі маршрутів, дослідження пропускної здатності маршрутів ОПР та аеродромів, а також аналіз навантаження на авіадиспетчерів.

Євроконтроль розробляє різноманітні програмні засоби, одним з яких є NEVAC: Network Evaluation & Visualization of ACC Capacity. NEVAC є комплексним програмним інструментом, що використовує дані з NM та STATFOR, поєднує PACT, FIPS (Flight Increase Process) та ICO (Improved Configuration Organiser).

NEVAC здатний розраховувати пропускну здатність маршрутів ОПР, виявляти проблемні ділянки в мережі маршрутів ОПР, розраховувати зміни при впровадженні нових конфігурацій та пропускної спроможності ACC та всієї мережі маршрутів ОПР.

NEVAC може візуалізувати дані ACC та додаткові дані, оптимізувати конфігурацію відкритих схем польоту, розраховувати майбутні сценарії повітряного руху, створювати віртуальні ACCs та виконувати різноманітний аналіз щодо використання повітряного простору.

Також важливою програмною платформою є SAAM: System for Traffic Assignment & Analysis at a Macroscopic level, яка використовується для аналізу структури повітряного простору. SAAM моделює, аналізує та візуалізує мережу

маршрутів ОПР та повітряний простір з поточними та прогнозованими потоками повітряного руху на рівнях національного, регіонального та загальноєвропейського масштабів.

SAAM є потужним засобом стратегічного моделювання повітряного простору, який може застосовуватись для попереднього огляду, тестування різних конфігурацій повітряного простору та для підготовки сценаріїв для програм швидкого моделювання та моделювання у реальному часі.

3.2 Застосування Eurocontrol Network Strategic Tool (NEST) для розрахунку потоків повітряного руху

З часом програмні засоби SAAM та NEVAC були об'єднані в інтегрованому програмному комплексі – NEST (Network Strategic Tool), що представляє собою комп'ютерну програму в середовищі Windows для використання Network Manager (EUROCONTROL) та ANSPs (Air Navigation Service Providers) для різноманітних задач, в том числі, дизайну структури повітряного простору та його вдосконалення, планування пропускну здатності та післяопераційного аналізу, стратегічного планування потоків повітряного руху, «fast» та «real-time» моделювань та для вивчення мережі на локальному і регіональному рівнях.

NEST відрізняється інтуїтивним дизайном, зручним інтерфейсом для користувачів, навіть новачків без відповідного досвіду роботи. Робота програмного комплексу побудована на моделюванні сценаріїв, з використанням складного операційно-орієнтованого аналізу та функціоналу з оптимізації тих, чи інших елементів структури повітряного простору (потоків повітряного руху).

Вхідними даними для NEST є:

- Структура повітряного простору та мережа маршрутів ОПР, включаючи FRA;
- Фактичні обсяги виконання польотів, потоки повітряного руху (завантажуються з веб-сайту сервісу Demand Data Repository (DDR) по завершенні кожного циклу AIRAC);
- Потреби на використання повітряного простору (traffic demand) та

розподіл потоків повітряного руху, за даними прогностичними STATFOR (надаються EUROCONTROL у кінці кожного циклу AIRAC).

NEST дозволяє будувати 4D траєкторії, що відображають реальні маршрути польоту ПС, можливі налаштування та зміни мережі маршрутів ОПР за критеріями найкоротшого чи найдешевшого маршруту ОПР. 3D елементи структури повітряного простору можуть бути змінені, включаючи пропускну спроможність, розміри, конфігурації та режими роботи.

В NEST можна моделювати FRA, вплив обмежень на використання повітряного простору, аналізувати вплив цих факторів на зміну потоків повітряного руху (або окремих ПС). Також можна моделювати зміни кількості доступних авіадиспетчерів у певних секторах ОПР та оцінювати вплив, наприклад, від нехватки персоналу, тощо.

Філософія NEST полягає в тому, що він простий, зрозумілий та потужний (Рис. 3.1). Застосування NEST значно підвищує продуктивність, експерта в галузі планування потоків повітряного руху, розробника мережі маршрутів ОПР та аналітика з питань розширення транзитного потенціалу. Завдяки простій та зрозумілій візуалізації основних процесів, NEST дозволяє експерту сфокусуватись на основних аналітичних задачах в ході виконання роботи. NEST дозволяє швидко згенерувати та перевірити різні сценарії реалізації проекту, а також порівняти їх між собою за основними показниками.

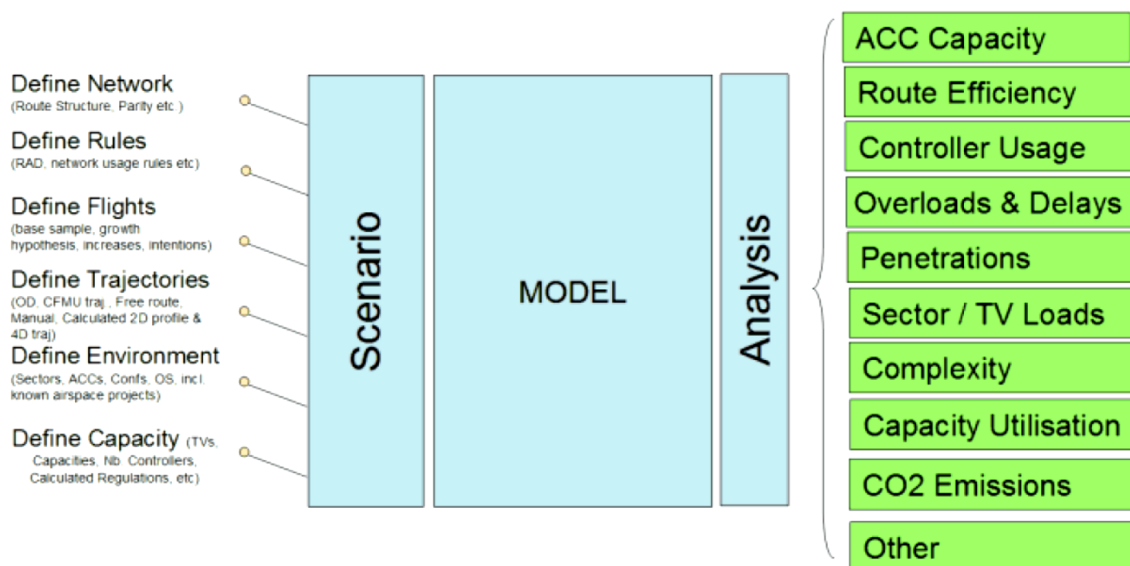


Рисунок 3.1 – Дизайн NEST та його можливості

Основний інтерфейс NEST в режимі експерта (Рис. 3.2) включає такі елементи, як: «3D map», «Data browsers» та «Date and time period» перемикач.

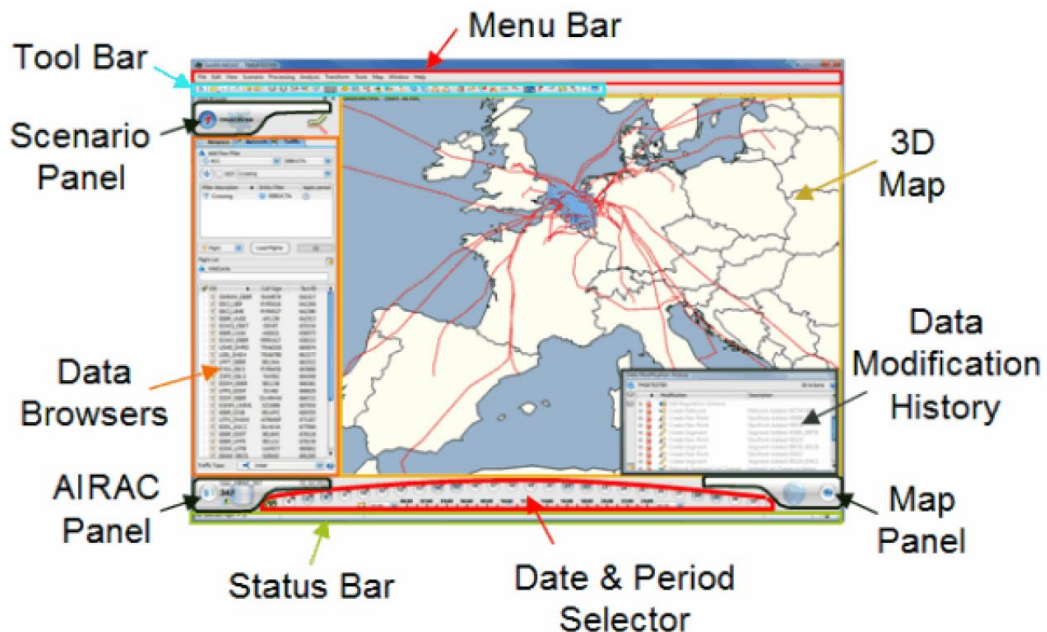


Рисунок 3.2 – Основні компоненти інтерфейсу NEST

Таким чином, програмний комплекс NEST за своїми параметрами, повністю відповідає потребам з виконання дипломної роботи і може бути успішно використаний для дослідження потоків повітряного руху в Україні та розробки пропозицій з розширення транзитного потенціалу.

3.3 Методика визначення транзитного потенціалу (за допомогою програмного засобу NEST)

Методика визначення транзитного потенціалу складається з декількох послідовних етапів, наведених на рис. 3.3:

- Етап 1 включає визначення потреб на використання повітряного простору (Raw Traffic Demand) а також обчислення потоків повітряного руху (Traffic Flow);
- Етап 2 полягає у ідентифікації районів виникнення та розповсюдження потоків повітряного руху (Traffic Flow Areas);
- Етап 3 передбачає групування окремих дрібних потоків повітряного руху у групи, для формування основних потоків повітряного руху (Traffic Flows Groups);

- Етап 4 передбачає дослідження основних потоків повітряного руху (Traffic Flows Families), оцінку їх можливостей для розширення транзитного потенціалу (як відомо, основні потоки повітряного руху у відповідних секторах ОПР (Sectors), є найважливішим джерелом для потенційного збільшення транзитних потоків повітряного руху).

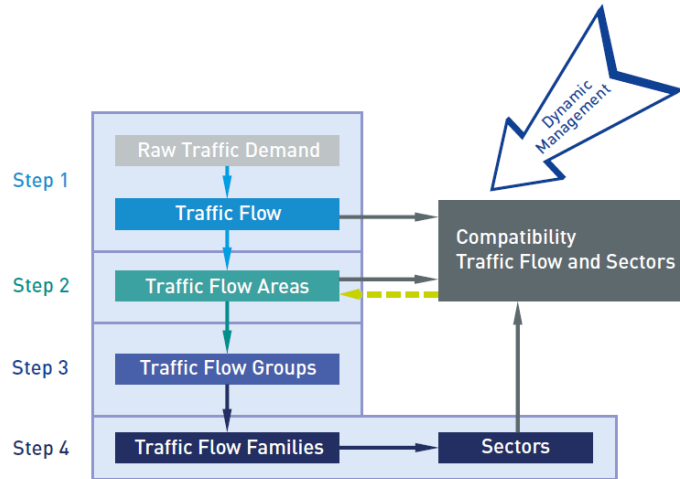


Рисунок 3.3 – Етапи визначення транзитного потенціалу

Методика визначення транзитного потенціалу, зокрема, включає визначення потреб на використання повітряного простору та розподіл потоків повітряного руху. З урахуванням сумісності регіональних FRA інтерфейсів, це можна представити у вигляді, наведеному на рис. 3.4 (результати моделювання у програмному середовищі NEST).



Рисунок 3.4 – Розподіл основних потоків повітряного руху у середовищі FRA (моделювання у NEST)

Аналіз розподілу основних потоків дозволяє визначити важливі точки входу/виходу в райони FRA (червоні кола), а також перевантажені проміжні точки (сині кола) всередині регіональних районів FRA (з урахуванням важливих ТМА), графічне подання наведено на рис. 3.5. Ця інформація дозволяє оцінити наявні можливості окремих районів FRA, та потенційні напрямки для розширення транзитного потенціалу. Всередині червоних кіл знаходяться точки концентрації основних потоків, сині кола – вказують на перевантажені зони та мають, відповідно, обмежені можливості для подальшого збільшення транзитних потоків і, таким чином, для збільшення транзитного потенціалу.

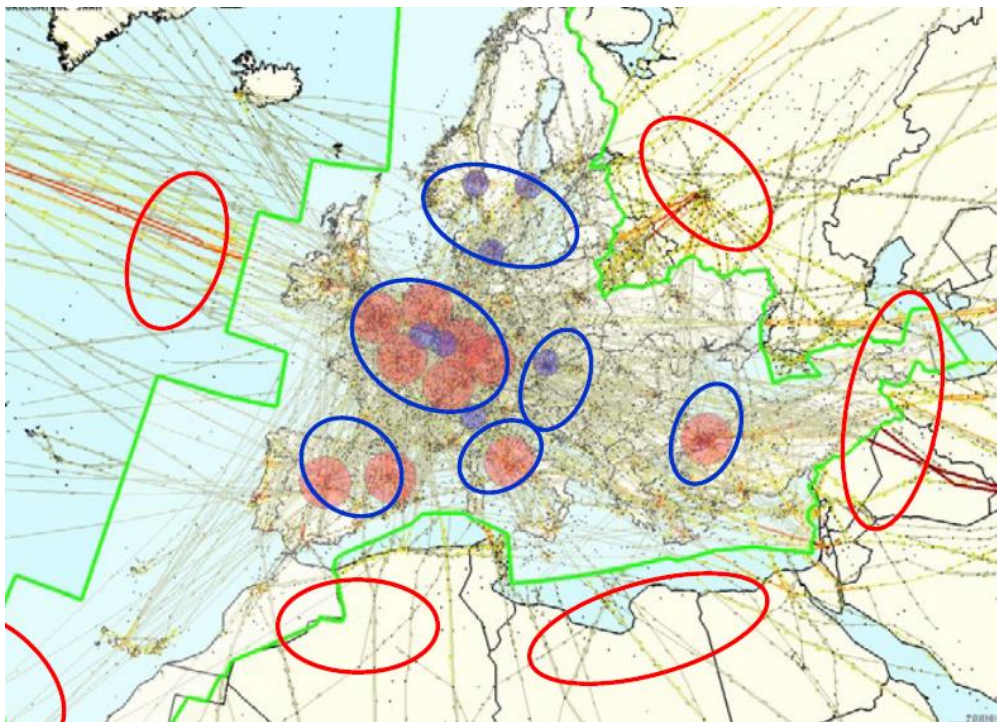


Рисунок 3.5 – Важливі точки в регіональній структурі районів FRA (моделювання у NEST)

Ідентифікація районів виникнення та розповсюдження потоків повітряного руху (Traffic Flow Areas) полягає у групуванні польотів з схожими елементами (географічний розподіл, орієнтація траєкторій польоту, порівняння аеродромів вильоту та прильоту, інші параметри).

Результат виконання задачі формування Traffic Flow Areas наведено на рис. 3.6.

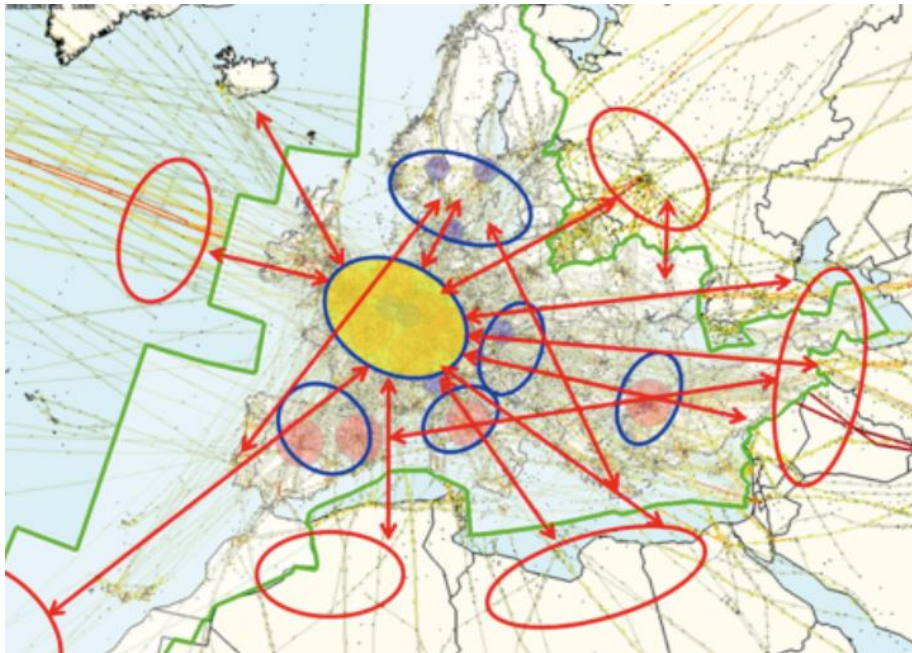


Рисунок 3.6 – Ідентифікація районів виникнення та розповсюдження потоків повітряного руху (моделювання у NEST)

Подальша діяльність щодо Traffic Flows Groups та Traffic Flows Families полягає в уточненні параметрів основних потоків повітряного руху та їх можливостей щодо розширення транзитного потенціалу:

- щільність повітряного руху;
- можливі конфлікти повітряного руху;
- складність повітряного руху;
- зони з ускладненою координацією.

Ці задачі виконуються у середовищі NEST шляхом виконання необхідної кількості ітерацій моделювання з різними вхідними параметрами (гіпотези) для отримання фінального оптимального рішення.

3.4 Алгоритм дослідження та розширення транзитного потенціалу повітряного простору України (за допомогою програмного засобу NEST)

Алгоритм з дослідження та потенційного розширення транзитного потенціалу повітряного простору України виконується у такій загальній послідовності:

- Визначення перспективних районів FRA, в яких доцільно дослідити наявні потоки повітряного руху та виявити потенційні можливості;

- Розрахунок реальних потоків повітряного руху за певний період часу (цикл AIRAC) у визначених районах FRA. Етап виконується у програмному комплексі NEST на основі фактичних даних, отриманих з DDR Eurocontrol (Demand Data Repository);
- Внесення в середовище FRA змін у структурі (робоча гіпотеза) з метою перевірки впливу цих змін на існуючі транзитні потоки повітряного руху, виконується у програмному комплексі NEST;
- Моделювання в програмному середовищі NEST потоків повітряного руху (з урахуванням внесених змін у структурі середовища FRA);
- Порівняння отриманих даних (результати моделювання) з фактичними даними (отриманими з DDR Eurocontrol) за критеріями кількості ПС, розподілу потоків повітряного руху, часу перебування в національному повітряному просторі;
- Повторити 3 попередні пункти потрібну кількість ітерацій до досягнення такої конфігурації середовища FRA, яка демонструє значне збільшення транзитних потоків повітряного руху за всіма заданими параметрами. Якщо задача є недосяжною, обрати інший перспективний район FRA та виконати послідовно всі пункти, починаючи з другого;
- У разі, якщо вдалось створити перспективну конфігурацію середовища FRA, а саме, результати порівняння з фактичними даними успішні (демонструється значне збільшення за всіма показниками), ініціювати внесення відповідних змін у реальне середовище FRA у вигляді проекту з вдосконалення структури повітряного простору;
- Налагодити попередній контакт з потенційними новими користувачами повітряного простору (авіакомпаніями), що були виявлені, як складові нових потоків повітряного руху з розширення транзитного потенціалу, для їх інформування про нові можливості з покращення маршрутів польоту (економії часу та палива, низька ставка аеронавігаційних зборів, тощо).

3.5 Обґрунтування пропозицій щодо розширення транзитного потенціалу України

У зв'язку зі значними коливаннями кількісних значень транзитних потоків повітряного руху у ПП під відповідальністю України протягом року, наведемо більш детальний аналіз цих потоків повітряного руху в зимовий та літній періоди.

В зимовий період транзитні потоки повітряного руху у ПП під відповідальністю України характеризуються відносно низькою інтенсивністю польотів ПС.

Наприклад, 10 лютого 2019 року (за даними моделювання у програмі The network strategic modelling tool, EUROCONTROL (NEST)) зафіксовано 213 транзитних ПС за добу (598 ПС за добу загалом), графічні дані наведено на Рис. 3.7.

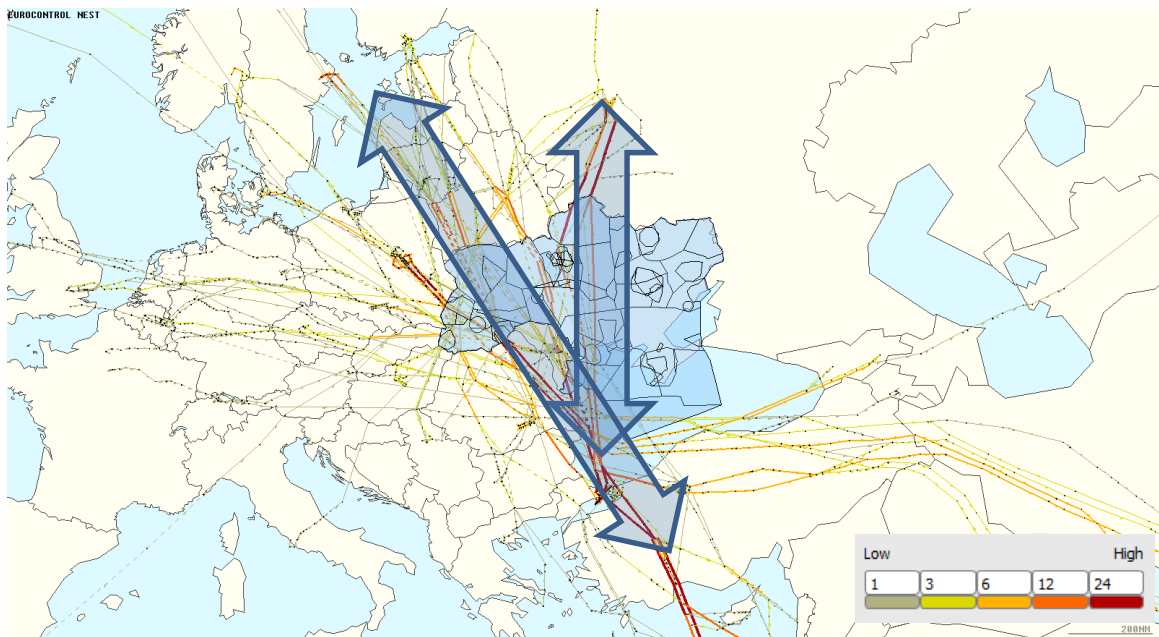


Рисунок 3.7 – Приклад розподілу транзитних потоків повітряного руху у ПП під відповідальністю України в зимовий період (дані за 10 лютого 2019 року)

До основних транзитних потоків, що проходять через ПП під відповідальністю України в зимовий період, віднесемо такі:

- РФ – Туреччина, Молдова, Ізраїль (та у зворотному напрямку);

- Швеція, Фінляндія, Латвія, Норвегія – Туреччина, Катар (та у зворотному напрямку);

- Польща – Туреччина, Ізраїль, Румунія, Катар (та у зворотному напрямку).

Таким чином, в зимовий період основні транзитні потоки через ПП під відповідальністю України спрямовані, переважно, за північним – південним та північно-західним – південно-східним напрямками (двосторонні).

В літній період транзитні потоки повітряного руху у ПП під відповідальністю України характеризуються відносно високою інтенсивністю польотів ПС.

Наприклад, 10 липня 2019 року (за даними моделювання у програмі NEST EUROCONTROL), зафіксовано 559 транзитних ПС за добу (1 156 ПС за добу загалом), графічні дані наведено на Рис. 3.8.

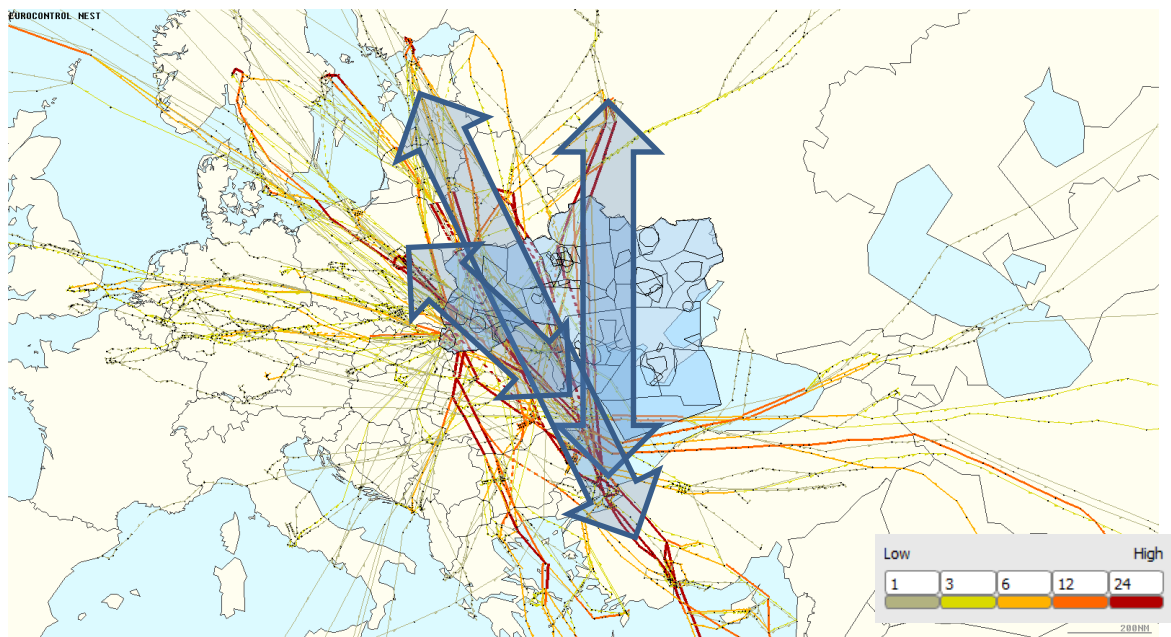


Рисунок 3.8 – Приклад розподілу транзитних потоків повітряного руху у ПП під відповідальністю України в літній період (дані за 10 липня 2019 року)

До основних транзитних потоків, що проходять через ПП під відповідальністю України в літній період, віднесемо такі:

- РФ – Туреччина, Молдова, Греція, Болгарія, Ізраїль (та у зворотному напрямку);

- Швеція, Фінляндія, Латвія, Норвегія, Білорусь – Туреччина, Греція, Туніс (та у зворотному напрямку);

- Польща – Туреччина, Греція, Ізраїль, Румунія, Болгарія, Єгипет (та у зворотному напрямку).

Таким чином, в літній період основні транзитні потоки через ПП під відповідальністю України спрямовані, переважно, за північним – південним та північно-західним – південним напрямками (двосторонні).

Відзначимо, практично повну відсутність транзитних польотів ПС у східно-західному напрямку (двосторонній) протягом усього року.

З метою поступового відновлення «транзитного потенціалу» України у найближчі роки (та післявоєнний період), пропонується продовжити діяльність з формування додаткових напрямків основних транзитних потоків через ПП під відповідальністю України (за існуючих обмежень на виконання польотів ПС), за перспективними напрямками, що наведені на Рис. 3.9 (стрілки синього кольору).

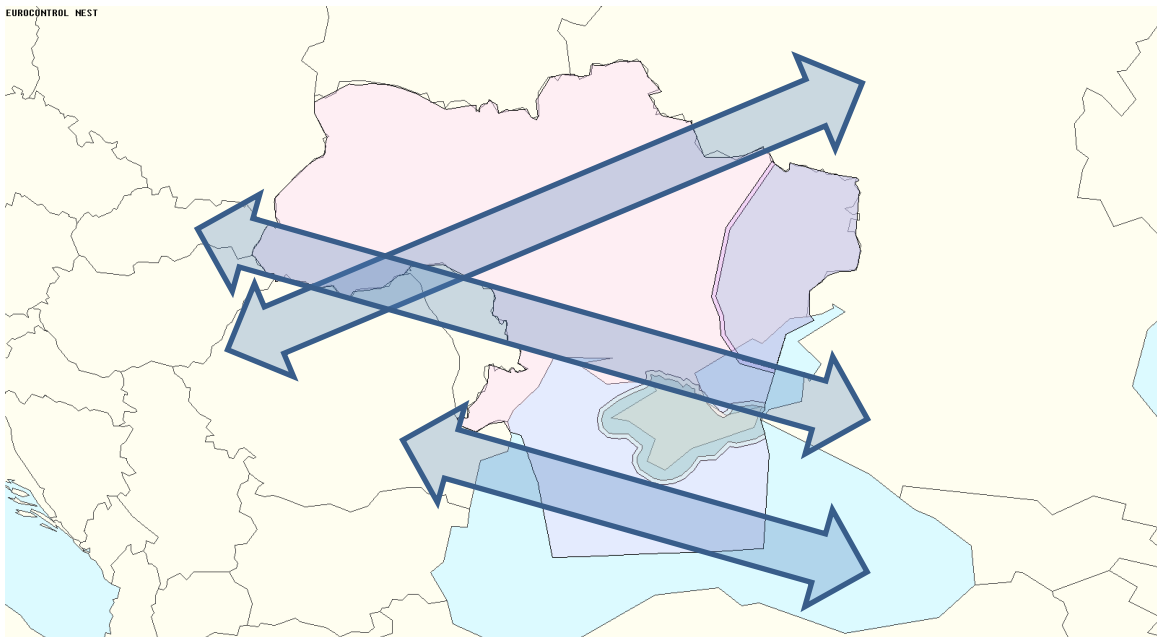


Рисунок 3.9 – Перспективні напрямки основних транзитних потоків через ПП під відповідальністю України (стрілки синього кольору)

Проте, в даний момент, формування зазначених додаткових напрямків основних транзитних потоків через ПП під відповідальністю України (Рис. 3.9) повністю унеможлиблюється необхідністю узгодження регіональних «транзитних коридорів» (сукупності маршрутів обслуговування повітряного руху (ОПР)) з наявною (або такою, що планується) мережею маршрутів ОПР на території РФ (тобто, в умовах війни це неможливо).

З урахуванням зазначених аналітичних даних (див. Рис. 3.9), для виконання подальшого моделювання у програмному засобі NEST та пошуку можливостей для розширення транзитного потенціалу, розглянемо повітряний простір ATS над відкритим морем у межах FIR Simferopol' та UTA Dnipro-South/UTA Odesa-South (за 2-м етапом, сценарію 2а, фази 2 впровадження FRAU).

В цьому ПП планування польотів як за процедурами FRA так і за маршрутами ОІР дозволено виключно в межах “Green zone” UTA Odesa South (Рис. 3.10):

- в горизонтальній площині в координатах: 453047N 0313803E - 434206N 0332812E - 431435N 0340943E - 424600N 0344908E - 424650N 0340516E - 424756N 0331052E - 424756N 0315652E - 424800N 0304500E - 431512N 0303824E - 434812N 0303018E - 440511N 0302619E - 441500N 0302400E - 444244N 0301010E - 444845N 0300750E - 445447N 0300448E - 445230N 0302130E - 445848N 0303342E - 451530N 0310642E - 452436N 0312500E - 453047N 0313803E;

- в вертикальній площині: FL275-FL660.

Наступні основні точки визначені для застосування процедур FRA в межах “Green zone” (Рис. 4.4):

- як (EX): KUGOS, SUMOL, RAKUR, INKOM, ADINA;
- як (E): TALAM, TUREL;
- як (X): OGATA;
- як (I) (compulsory for flights between UTA Odesa South & UTA Odesa North): BIRMA, DIGAM, RASIL, OTRPOL;
- як (I): PERUN, BABIN, LAROM, BOMKI, IBROK, PESED, BANUR, NEVKA, TUNSA, ROPUT, ROMOK, LAGIR, ABRAN, SUGUL.

Наступні ділянки маршрутів ОІР будуть доступні для планування польотів в межах “Green zone” (Рис. 3.10):

- L851 (ADINA – KUGOS), M854 (RASIL – SUMOL), M856 (DIGAM – RAKUR), M860 (DIGAM – KUGOS), M861 (BIRMA – RAKUR), N604 (INKOM – PERUN), N613 (INKOM – IBROK), T555 (INKOM – ROMOK) та T504 (SUGUL

– TUNSA) – двосторонній напрямок руху, FL275-FL660 (відповідно до Доповнення 3а Додатку 2 ICAO – Таблиці крейсерських ешелонів);

- M435 (LAROM – RASIL), N605 (INKOM – LAGIR), L850 (BOMKI – OGATA) та M747 (TALAM – ROPUT) – односторонній напрямок руху, FL275-FL660 (відповідно до Доповнення 3а Додатку 2 ICAO – Таблиці крейсерських ешелонів).

Всі інші ділянки існуючих маршрутів ОІР над відкритим морем у межах FIR Simferopol та UTA Dnipro-South/UTA Odesa South недоступні для планування польотів.

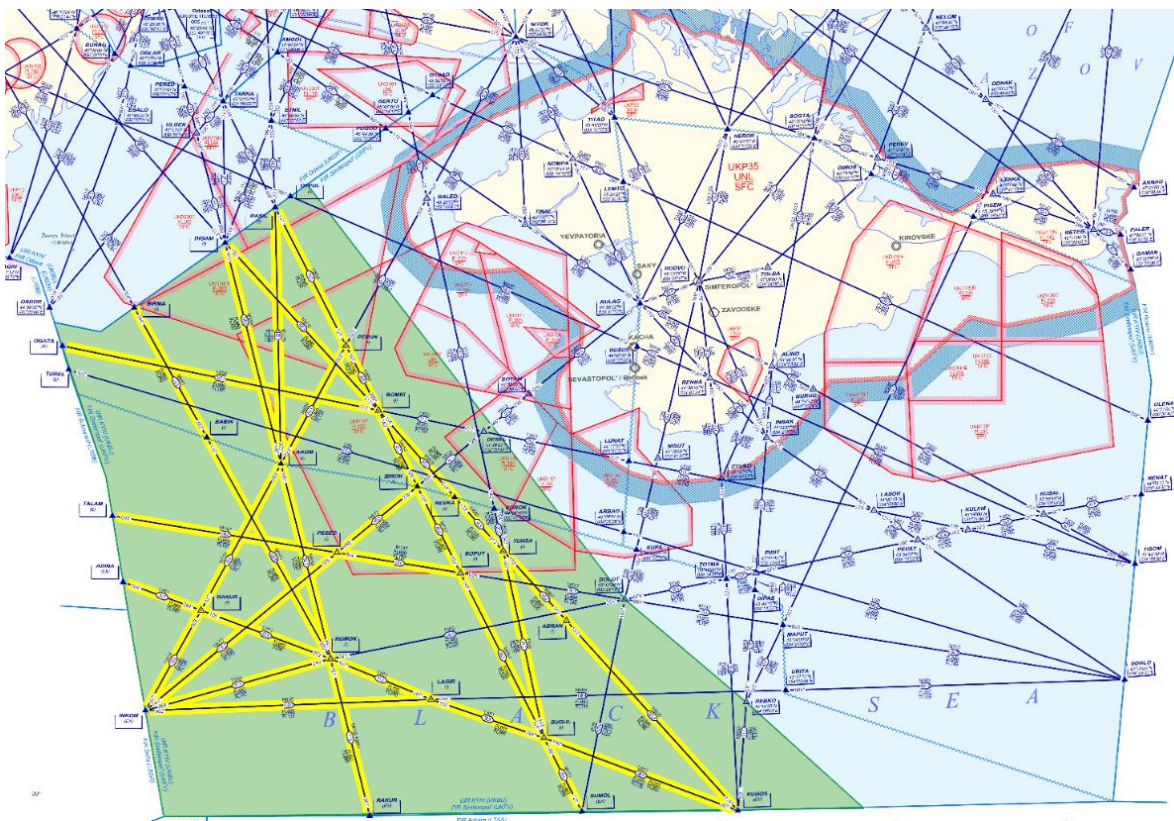


Рисунок 3.10 – Аеронавігаційна карта району (зеленим позначена «Green zone», жовтим – доступні для планування ділянки маршрутів ОІР)

3.6 Моделювання в програмному засобі NEST пропозицій щодо розширення транзитного потенціалу України

За допомогою програмного засобу NEST було виконано моделювання польотів у повітряному просторі АТS над відкритим морем у межах FIR

Simferopol' та UTA Dnipro-South/UTA Odesa-South (за 2-м етапом, сценарію 2а, фази 2 впровадження FRAU).

Метою моделювання за допомогою програмного засобу NEST було дослідження транзитного потенціалу України. Було виконано моделювання щодо порівняння існуючих польотів, а також потенційних рейсів, які можуть виконувати польоти у цьому ПП (за критеріями скорочення траєкторії польоту, витрат палива та впливу на навколишнє середовище).

Результати моделювання у NEST наведені на Рис. 3.11, польотні дані та дата моделювання взяті за 07 серпня 2019 року.

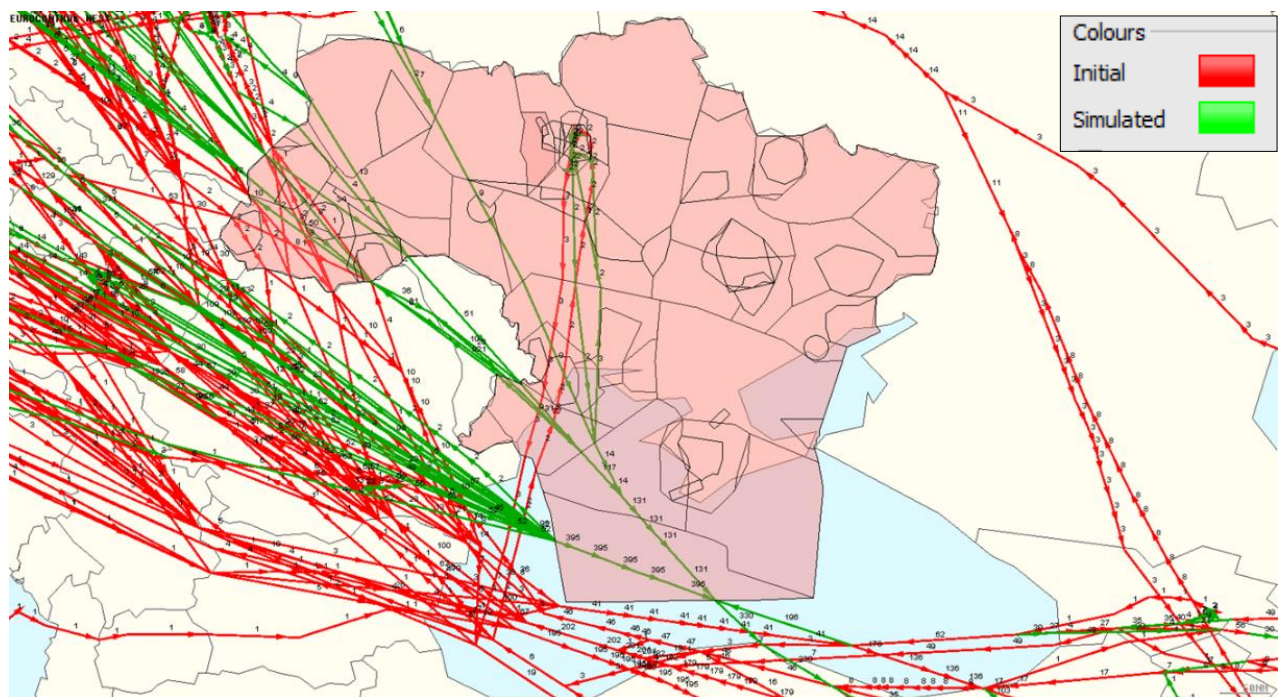


Рисунок 3.11 – Загальні результати моделювання за допомогою програмного засобу NEST з дослідження транзитного потенціалу України

На Рис. 3.11 червоним кольором зазначені реальні траєкторії руху ПС у ПП над Чорним морем (як бачимо, вони оминають ПП під відповідальністю України). Зеленим кольором позначені ПС, що, за результатами моделювання у NEST, потенційно мають кращі траєкторії руху (відстань, пальне, шкідливі викиди) та проходять через ПП під відповідальністю України. Ці траєкторії руху є більш привабливими для користувачів ПП (міжнародних авіакомпаній).

Промодельовані рейси (зелений колір) можуть принести значний вклад в розширення транзитного потенціалу України. Як видно з Рис. 3.11, потенційно

можуть бути сформовані два потужні транзитні коридори (основні потоки повітряного руху), позначені зеленим кольором:

- ADINA-KUGOS –395 додаткових ПС/день;
- KUGOS-DIGAM/RASIL –131 додаткових ПС/день.

По авіакомпаніям, розподіл промодельованого потоку такий:

- Qatar Airways, Qatar (QTR) – 156 flights (Рис. 4.6);
- Emirates Airline, United Arab Emirates (UAE) +143 flights;
- Etihad Airways, United Arab Emirates (ETD) +63 flights;
- Lufthansa, Germany (DLH) +42 flights;
- British Airways, United Kingdom (BAW) +33 flights;
- Oman Air, Oman (OMA) +22 flights;
- Thai Airways, Thailand (THA) + 20 flights;
- Air France, France (AFR) + 17 flights;
- Singapore Airlines, Singapore (SIA) + 16 flights;
- Air India Limited, India (AIC) + 14 flights;
- Swiss International Air Lines, Switzerland (SWR) + 12 flights та інші авіакомпанії.

Розподіл основного потоку на прикладі Qatar Airways наведено на Рис. 3.12 та у таблиці 3.1.

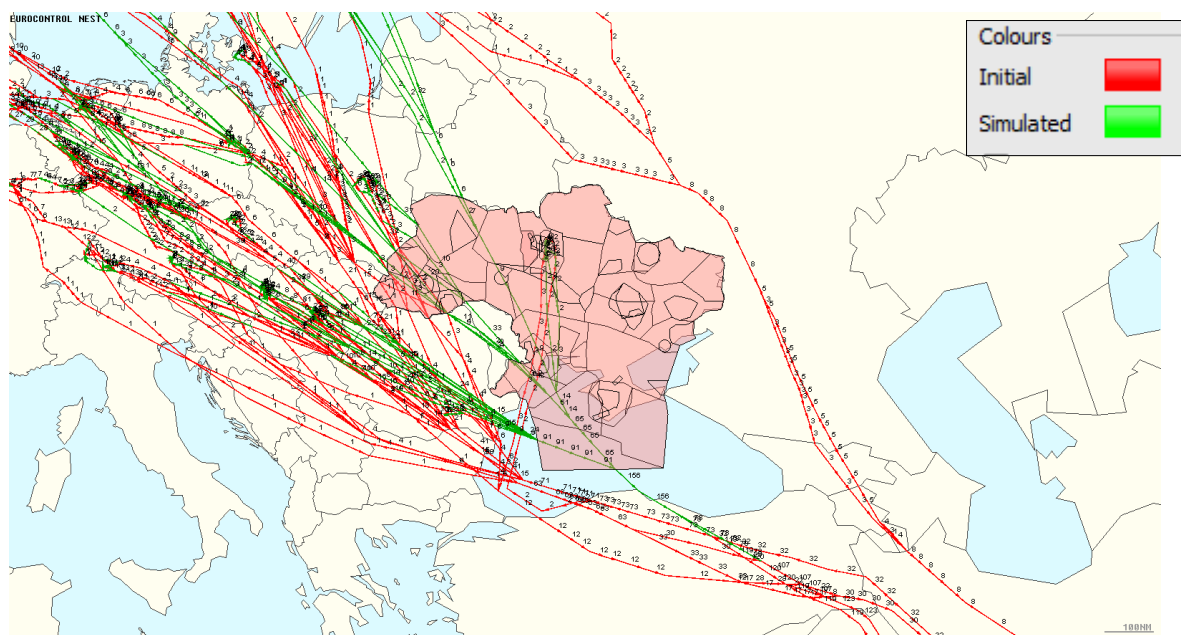


Рисунок 3.12 –Розподіл основного потоку на прикладі Qatar Airways

Таблиця 3.1 – City Pairs на прикладі Qatar Airways

City Pairs Examples					
Route	ACFT Type	Initial, NM	Simulated, NM	Length, NM	Fuel Economy, kg
EGCC - OTNH	Boeing 787-8	3082,72	3032,24	-50,48	498,61
EGLL - OTNH	Airbus A350-900	2937,09	2920,02	-17,07	203,73
EGBB - OTNH	Boeing 787-8	3010,85	2986,36	-24,49	241,90
OTNH - UKBB	Airbus A320-200	2131,8	1955,81	-175,99	905,37
EDDT - OTNH	Boeing 777-300ER	2518,16	2461,53	-56,63	908,95
LSZH - OTNH	Airbus A350-900	2555,09	2535,72	-19,37	231,18
EDDF - OTNH	Airbus A380	2612,23	2572,45	-39,78	982,30

Як видно з таблиці 3.1, всі рейси мають економічну вигоду з **траєкторій польоту ПС (Length, NM)** та **витрат пального (Fuel Economy, kg)**. Тому для реалізації цих пропозицій бажано налагодити робочі контакти з відповідними представниками цих авіакомпаній, проінформувати про результати моделювання та довести аргументовану позицію з переваг використання ПП під відповідальністю України для цих транзитних рейсів.

Висновок до розділу 3

1. Виконано аналіз програмних засобів з дослідження повітряного простору. Застосування NEST значно підвищує продуктивність, експерта в галузі планування потоків повітряного руху, розробника мережі маршрутів ОПР та аналітика з питань розширення транзитного потенціалу. Завдяки простій та зрозумілій візуалізації основних процесів, NEST дозволяє експерту сфокусуватись на основних аналітичних задачах в ході виконання роботи. NEST дозволяє швидко згенерувати та перевірити різні сценарії реалізації проекту, а також порівняти їх між собою за основними показниками.
2. Програмний комплекс NEST за своїми параметрами, повністю відповідає потребам з виконання дипломної роботи і може бути успішно використаний для дослідження потоків повітряного руху в Україні та розробки пропозицій з розширення транзитного потенціалу.
3. Запропоновано методику визначення транзитного потенціалу (за допомогою програмного засобу NEST).
4. Запропоновано Алгоритм дослідження та розширення транзитного потенціалу повітряного простору України (із застосуванням програмного засобу NEST).
5. В ході обґрунтування пропозицій щодо розширення транзитного потенціалу України необхідно враховувати коливання кількісних значень транзитних потоків повітряного руху у ПП під відповідальністю України протягом року. Виконано більш детальний аналіз цих потоків повітряного руху в зимовий та літній періоди.
6. За результатами проведеного аналітичного дослідження, визначено перспективний об'єм повітряного простору для подальшого виконання моделювання у програмному засобі NEST та пошуку можливостей для розширення транзитного потенціалу України, а саме повітряний простір ATS над відкритим морем у межах FIR Simferopol' та UTA Dnipro-

South/UTA Odesa-South (за 2-м етапом, сценарію 2а, фази 2 впровадження FRAU).

7. За допомогою програмного засобу NEST було виконано дослідження транзитного потенціалу України у зазначеному об'ємі повітряного простору. Було виконано моделювання щодо порівняння існуючих польотів, а також потенційних рейсів, які можуть виконувати польоти у цьому ПП (за критеріями скорочення траєкторії польоту, витрат палива та впливу на навколишнє середовище).
8. В результаті було виявлено, що промодельовані рейси можуть принести значний вклад в розширення транзитного потенціалу України. Потенційно можуть бути сформовані два потужні транзитні коридори (основні потоки повітряного руху):
 - ADINA-KUGOS –395 додаткових ПС/день;
 - KUGOS-DIGAM/RASIL –131 додаткових ПС/день.
9. Для реалізації цих пропозицій потрібно налагодити робочі контакти з представниками цих авіакомпаній, проінформувати про результати моделювання та довести аргументовану позицію з переваг використання ПП під відповідальністю України для цих транзитних рейсів.

РОЗДІЛ 4. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

В дипломній роботі, за допомогою програмного комплексу NEST, було виконане комплексне моделювання потоків повітряного руху у визначеному об'ємі повітряного простору – повітряний простір ATS над відкритим морем у межах FIR Simferopol' та UTA Dnipro-South/UTA Odesa-South (за 2-м етапом, сценарію 2а, фази 2 впровадження FRAU) – «Green Zone». Фактичний розподіл польотів ПС іноземних авіакомпаній у межах «Green Zone» за 2020 рік наведено на Рис. 4.1.

Згідно з Рис. 4.1, найбільшу кількість польотів ПС іноземних авіакомпаній у межах «Green Zone» за 2020 рік виконали Fly Dubai (717 польотів ПС), Air Arabia (363 польотів ПС) та Georgian Airways (303 польотів ПС).

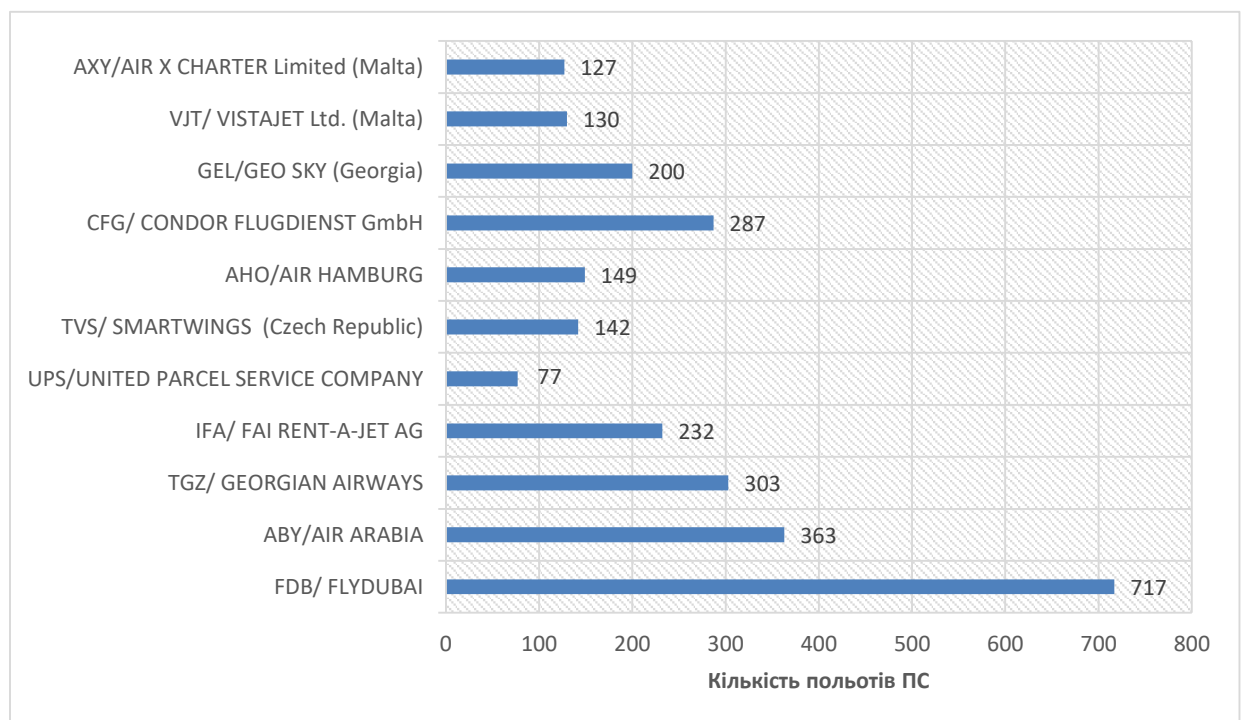


Рисунок 4.1 – Фактичний розподіл польотів ПС іноземних авіакомпаній у межах «Green Zone» за 2020 рік

Перелік основних іноземних авіакомпаній, які потенційно мають (на підставі економічної ефективності, розрахованої у програмному комплексі NEST) виконувати транзитні польоти ПС через «Green Zone», наведено у Таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Перелік іноземних авіакомпаній, що потенційно мають виконувати транзитні польоти ПС через «Green Zone»

<i>Назва авіакомпанії, країна реєстрації</i>	<i>Очікувана добова кількість польотів ПС (за результатами моделювання у програмному комплексі NEST)</i>
Qatar Airways, Qatar (QTR)	~150
Emirates Airline, United Arab Emirates (UAE)	~140
Etihad Airways, United Arab Emirates (ETD)	~60
Lufthansa, Germany (DLH)	~40
British Airways, United Kingdom (BAW)	~30
Oman Air, Oman (OMA)	~20
Thai Airways (THA), Thailand	~20
Air France, France (AFR)	~15

За результатами моделювання визначено великі потенційні можливості для розширення транзитного потенціалу України у зазначеному об'ємі повітряного простору.

Виявлено, що можуть бути сформовані два потужні транзитні коридори (основні потоки повітряного руху):

- ADINA-KUGOS –395 додаткових ПС/день;
- KUGOS-DIGAM/RASIL –131 додаткових ПС/день.

Відповідно до внутрішнього алгоритму роботи програмного комплексу NEST, ці два транзитні коридори складаються з сукупності потоків ПС, що виконують польоти за більш економічно ефективними траєкторіями, чим їх фактичні траєкторії польоту (плани польотів за якими виконуються польоти).

Виконаємо **оцінку економічної ефективності** від запропонованих в даній дипломній роботі пропозицій щодо розширення транзитного потенціалу у повітряному просторі України.

У якості практичного прикладу, розглянемо політ ПС авіакомпанії Qatar Airways за маршрутом EGCC – ОТНН (Рис. 4.2 та Таблиця 4.1):

- **Червона лінія** відображає фактичну траєкторію польоту – її довжина складає 3082 км, маршрут проходить **за межами повітряного простору України;**

- **Зелена лінія** відображає змодельовану програмним комплексом NEST траєкторію польоту – її довжина становить 3032 км, маршрут коротший на 50 км, він **проходить через повітряний простір України (ADINA-KUGOS)** та, відповідно, дає свій внесок в розширення транзитного потенціалу України (виконується стягнення аеронавігаційних зборів).

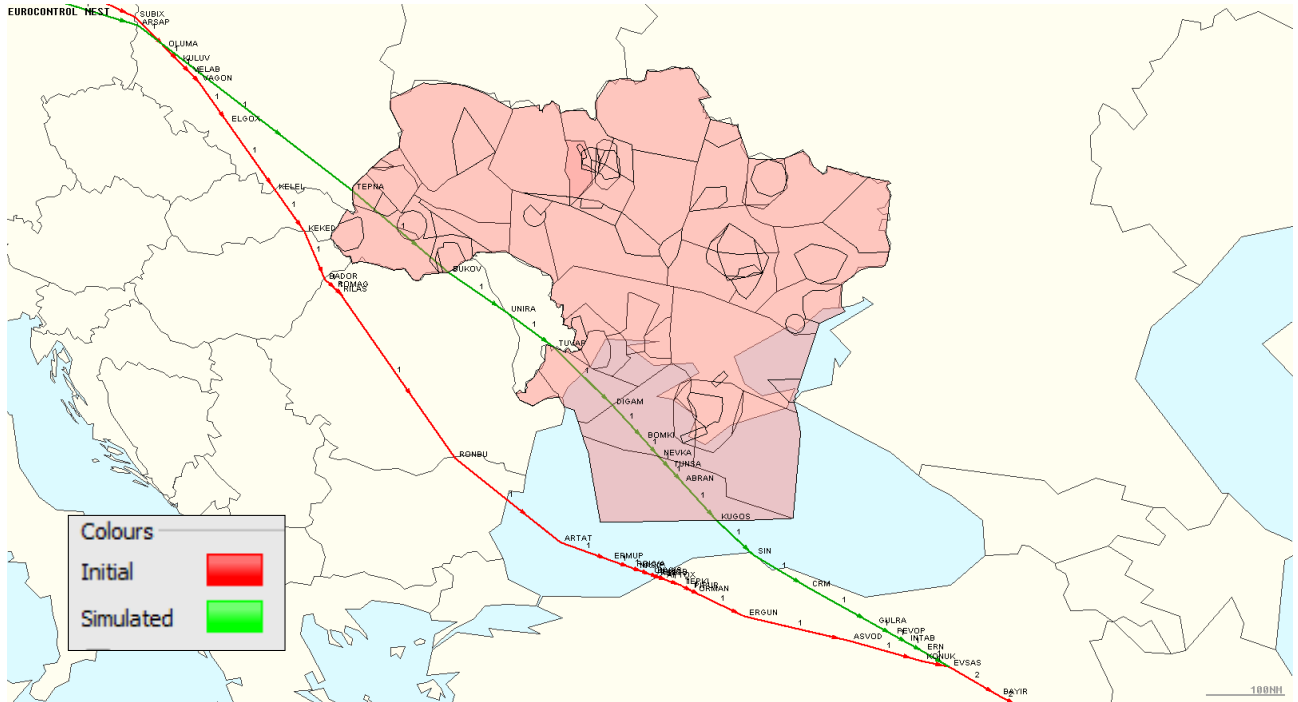


Рисунок 4.2 – Політ Qatar Airways за маршрутом EGCC – ОТНН

В таблиці 4.2 наведено більш детальні дані щодо польоту за цим маршрутом.

Таблиця 4.2 – Аналіз польоту Qatar Airways за маршрутом EGCC – ОТНН

Flight: AA16511667 Initial / Simulated 07.08.2019. Delay sum : 0 min							
Call Sign	Origin	Initial/Simulated	Destination	RFL	Airline	Aircraft	Initial/Simulated Route Length (NM)
QTR7DH	EGCC	ОТНН / ОТНН		410	QTR	B788	3082,72 / 3032,24

Аналіз економічної ефективності у програмному комплексі NEST виконується за критеріями:

- Скорочення змодельованої **траєкторії польоту** у порівнянні з початковою траєкторією (за планом польоту, або фактична траєкторія);
- **Економія палива**;
- **Зменшення викидів у навколишнє середовище.**

У програмному комплексі NEST є вбудований модуль для автоматизованого розрахунку економічної ефективності польотів (Рис. 4.3).

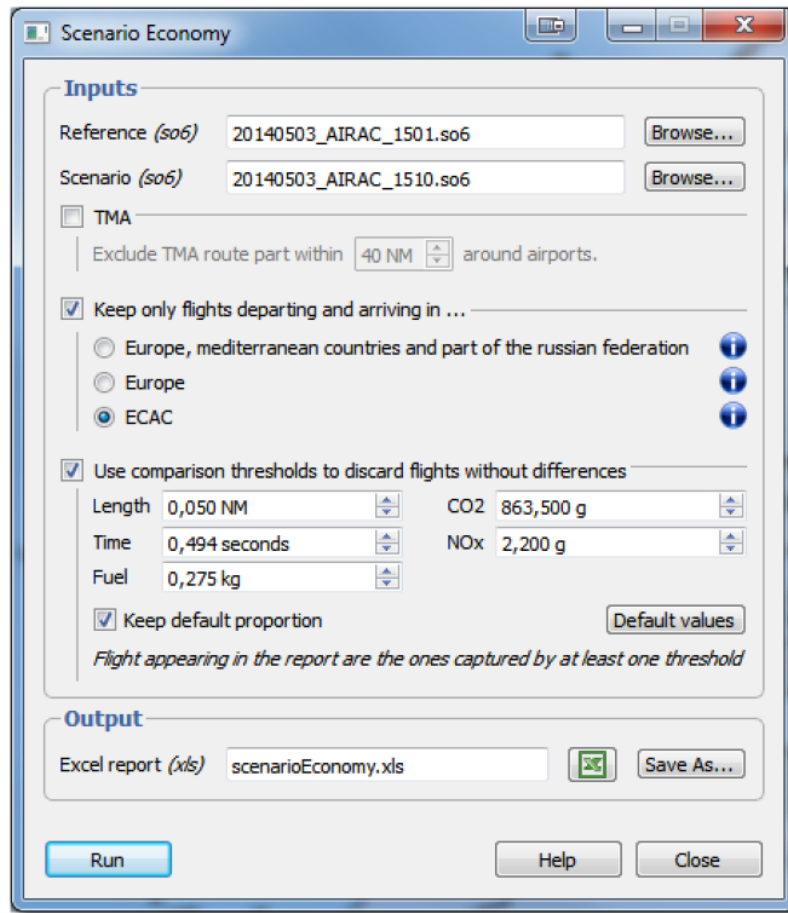


Рисунок 4.3 – Scenario Economy Dialog Box

За результатами роботи цього модуля, автоматично генерується таблиця у форматі Excel, в якій зазначена вся інформація щодо розрахунку економічної ефективності в **цілому по потоку** (приклад наведено у Таблиці 4.3) та **по окремим ПС** (приклад наведено у Таблиці 4.4).

У прикладі наведено моделювання польотів авіакомпанії Air Canada у визначеному об'ємі повітряного простору – повітряний простір ATS над відкритим морем у межах FIR Simferopol' та UTA Dnipro-South/UTA Odesa-South (за 2-м етапом, сценарію 2а, фази 2 впровадження FRAU). Як видно, у таблиці 4.3, **економічна ефективність за відстанню** становить 177,2 NM, **за часом** 23,7 хвилин та **значне зменшення викидів в атмосферу**. Відповідно, у таблиці 4.4 наведені дані окремо за кожним з 4 ПС, що потенційно можуть виконувати політ

у визначеному обсязі повітряного простору (всі вони мають економічну ефективність за критеріями відстані, часу, палива, скорочення шкідливих викидів в атмосферу).

Таблиця 4.3 – Приклад авіакомпанії Air Canada для розрахунку економічної ефективності в цілому по потоку (програмний комплекс NEST)

Comparison thresholds:										
Length:	0,05 NM									
Time:	0,00823333 min									
Fuel:	0,275 kg									
CO2:	0,8635 kg									
NOx:	0,0022 kg									
Simple report										
Scenario Economy (Potential gains/losses)										
Total impacted flights	Length (NM)	Time (min)	Fuel (kg)	CO2 (kg)	NOx (kg)					
4	-177,2	-23,7	-824,7	-2606,2	-9,7					
Detailed report										
Status	Length (NM)		Time (min)		Fuel (kg)		CO2 (kg)		NOx (kg)	
	Nb flights	Total	Nb flights	Total	Nb flights	Total	Nb flights	Total	Nb flights	Total
Increase	0	0,000	0	0,000	0	0,000	0	0,000	0	0,000
Equal	0	0,000	0	0,000	0	0,000	0	0,000	0	0,000
Decrease	4	-177,220	4	-23,744	4	-824,700	4	-2606,200	4	-9,672
Total	4	-177,220	4	-23,744	4	-824,700	4	-2606,200	4	-9,672

Таблиця 4.4 – Приклад авіакомпанії Air Canada для розрахунку економічної ефективності по окремим ПС (програмний комплекс NEST)

Results				
Length (NM)	Time (min)	Fuel (kg)	CO2 (kg)	NOx (kg)
-42,030	-5,623	-193,000	-609,900	-2,254
-42,030	-5,623	-193,000	-609,900	-2,254
-46,580	-6,249	-219,400	-693,200	-2,582
-46,580	-6,249	-219,300	-693,200	-2,582
-177,220	-23,744	-824,700	-2606,200	-9,672

Таким чином, у даному розділі дипломної роботи виконано оцінку економічної ефективності (за допомогою програмного комплексу NEST) від запропонованих пропозицій щодо розширення транзитного потенціалу у повітряному просторі України («Green Zone»).

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Програмний комплекс NEST представляє собою комп'ютерну програму, що встановлюється на персональний комп'ютер з операційною системою Windows. Тому, при використанні програмного комплексу NEST, для моделювання потоків повітряного руху, дослідження транзитного потенціалу та виконання інших задач з вдосконалення повітряного простору, необхідно дотримуватись загальних правил з охорони праці при використанні персонального комп'ютера.

Користувач персонального комп'ютера повинен:

- Строго дотримуватися внутрішнього трудового розпорядку, режиму праці та відпочинку відповідно до тривалості, виду та категорії виконуваних робіт;
- Не допускати сторонніх осіб до своєї робочої зони;
- Не виконувати вказівок, які суперечать принципам охорони праці;
- Розуміти особисту відповідальність за дотримання правил охорони праці і безпеки для колег;
- Мати навички надання першої допомоги постраждалим від нещасних випадків, знати місцезнаходження засобів пожежогасіння та уміти ними користуватися;
- Протягом усього робочого дня підтримувати чистоту та порядок на своєму робочому місці;
- Бути обізнаним із можливими шкідливими виробничими факторами, що характерні для роботи з персональним комп'ютером;

Головні фактори ризику та потенційно шкідливі аспекти виробництва, які можуть впливати на користувача персонального комп'ютера:

1. Фізичні:

- підвищений рівень статичної напруги, а також ураження електричним струмом;
- підвищений рівень запиленості повітря робочої зони;
- понижена або підвищена вологість і рухливість повітря робочої зони;

- підвищений або понижений рівень освітленості;
- підвищений рівень прямої і відбитої блискоті, засліпленості.

2. Психофізіологічні:

- Напруженість зору та уваги;
- Інтелектуальне, емоційне та тривале статичне навантаження;
- Монотонність роботи;
- Великий обсяг інформації, що обробляється за обмежений час;
- Неправильна організація робочого місця.

Для того, щоб зменшити негативний вплив на здоров'я користувачів персональних комп'ютерів, необхідно рівномірно розподіляти та чергувати характер роботи залежно від їх складності. Також важливо використовувати регулярні перерви, під час яких рекомендується виконувати комплекс вправ виробничої гімнастики:

- Для творчої роботи в режимі діалогу з персональним комп'ютером (налаштування програм, переклад та редагування текстів та інше) потрібно робити перерву на 15 хвилин після кожної години роботи.
- При введенні інформації рекомендується робити перерву на 10 хвилин після кожної години роботи.
- При читанні інформації з попереднім запитом (діалоговий режим роботи) рекомендується робити перерву на 15 хвилин через кожні 2 години роботи.

Тривалість безперервної роботи за персональним комп'ютером без регламентованої перерви не повинна перевищувати 2 годин.

У приміщенні, де виконуються роботи за персональними комп'ютерами, для нейтралізації зарядів статичного поля рекомендується підвищувати вологість повітря за допомогою кімнатних зволожувачів. Важливо також забезпечити ефективну вентиляцію та підтримувати відносну вологість повітря у межах 40-60%.

Площа для кожного робочого місця, де працює користувач персонального комп'ютера, має становити не менше 4,5 квадратних метрів. Робочі місця з

комп'ютерами мають бути розташовані так, щоб відстань між екранами не менше 2,0 метра, а розміщення персональних комп'ютерів збоку – не менше 1,2 метра.

Екран персонального комп'ютера має бути віддалений від очей користувача на 500-700 міліметрів, залежно від розміру екрана, а також мати антиблиськове покриття. Клавіатуру необхідно розташовувати на робочому столі так, щоб вона не тремтіла, або на окремому столі на відстані 100-300 міліметрів від його краю. Положення та кут нахилу клавіатури (5° до 15°) повинні відповідати потребам користувача персонального комп'ютера.

Принтер та іншу техніку необхідно розташовувати зручно для доступу користувача персонального комп'ютера та його колег: відстань до клавіш управління не повинна перевищувати розмаху руки (900-1300 мм по висоті, 400-500 мм по глибині).

Не рекомендується розміщувати персональний комп'ютер прямо від стіни або перекривати задню стінку системного блоку, оскільки це може завадити процесу охолодження та призвести до перегріву. Важливо, щоб всі вентиляційні отвори пристроїв були вільними. Кабелі комп'ютера мають бути розміщені так, щоб уникнути їх пошкодження під час руху.

Беззаперечним є факт, що разом із проблемами соціально-економічного характеру найбільш актуальними є питання забезпечення екологічної безпеки. Одним з найважливіших є питання охорони навколишнього природного середовища від негативного впливу авіації.

Складовою безпеки авіації є екологічна безпека. Екологічна безпека є складним соціальним явищем. Екологічну безпеку ми розглядаємо як компонент національної безпеки, що забезпечує захищеність життєво важливих інтересів людини, суспільства, довкілля та держави від реальних або потенційних загроз, що створюються антропогенними чи природними чинниками. З метою запобігання виникненню небезпеки для людини і навколишнього природного середовища держава повинна розробити систему заходів, що були б спрямовані

на запобігання виникненню небезпеки для людини і навколишнього природного середовища від природних стихій, техногенних аварій і катастроф.

Найважливіше місце посідають, серед таких заходів, саме правові заходи. Правові норми, на основі яких регулюються відносини по забезпеченню екологічної безпеки у тих сферах, де є потенційний екологічний ризик складають особливий юридичний режим використання небезпечних речовин, здійснення потенційно небезпечних видів діяльності, експлуатації екологічно небезпечних об'єктів.

Залежно від територіальних факторів екологічна безпека авіації має глобальних і локальний характер. Глобальним є вплив авіації на озоновий шар атмосфери та всі наслідки, що пов'язані з цим; серед основних локальних є проблеми пов'язані авіаційним шумом, забрудненням атмосферного повітря викидами забруднюючих речовин, забруднення природних ресурсів (вод, ґрунту) в районі розташування аеропортів.

Наукові визначення екологічної безпеки виходять з того, що вона є різновидом загального поняття безпека (англ. security), яке означає стан захищеності життєво важливих інтересів особи, суспільства, держави від внутрішніх та зовнішніх загроз.

Екологічну безпеку в сфері авіації можна розглядати в суб'єктивному розумінні, тобто як суб'єктивне право громадян, що тісно пов'язане з правом громадян на безпечне для життя і здоров'я довкілля, закріплене в ст. 50 Конституції України та ст.9 Закону України „Про охорону навколишнього природного середовища”. В об'єктивному розумінні, тобто як систему правових норм на основі якої здійснюється забезпечення екологічної безпеки авіаційної галузі та регламентується екологічно небезпечна діяльність, попереджується погіршення екологічного стану та виникнення небезпеки для природного середовища, його об'єктів і населення.

Отже, екологічна безпека в сфері авіації – це такий стан навколишнього природного середовища і створюваних цілеспрямованою діяльністю людини умов, що досягається за допомогою системи політичних, правових, економічних

та технологічних заходів, при якому попереджується погіршення стану навколишнього природного середовища, забезпечується збереження здоров'я і життя людей та виключається настання негативних наслідків для теперішнього і наступних поколінь.

Основною метою екологічної безпеки України у сфері авіації є вироблення концептуальних засад у сфері охорони навколишнього середовища та раціонального природокористування, а також втілення їх на практиці з метою сталого економічного та соціального розвитку держави.

Для комплексного розв'язання проблем екологічної безпеки авіації, насамперед, необхідно розробити реальний механізм її забезпечення.

Складовими такого механізму є система державно-правових заходів, які в залежності від спрямованості дій можна поділити на декілька видів, зокрема: організаційно-превентивні, регулятивно-стимулюючі, охоронно-відновлювальні та забезпечувальні.

Група організаційно-превентивних заходів включає в себе всі дії, що спрямовані на виявлення небезпечних для здоров'я людей та довкілля територій, зон, об'єктів і видів діяльності, а також здійснення певних заходів для попередження виникнення екологічної небезпеки. Так, Систему юридичних норм і правил, спрямованих на регулювання відносин, забезпечення дотримання пріоритетів, нормативів, стандартів, лімітів та інших вимог у галузі екологічної безпеки складають регулятивно-стимулюючі заходи.

Реалізація державними органами, їх посадовими та службовими особами обов'язку по забезпеченню екологічної безпеки, контроль за додержанням вимог екологічного законодавства і застосування юридичної відповідальності за порушення вимог екологічної безпеки – в цьому суть розпорядчо-виконавчих заходів.

Охоронно-відновлювальні заходи здійснюються для ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру, локалізацію зон надзвичайної ситуації, визначення правового статусу осіб, які постраждали від наслідків екологічної небезпеки.

До основних джерел, що негативно впливають на стан довкілля та здоров'я людей в сфері авіації, необхідно віднести такі: повітряні судна здійснюють акустичний вплив на навколишнє природне середовища та викиди забруднюючих речовин, аеропорти-використовують радіотехнічні пристрої з потужними електромагнітними полями, підприємства цивільної авіації – використовують природні ресурси землю, води, нафтопродукти тощо і несуть в собі потенційну загрозу.

Гострою на сьогодні є проблема впливу авіаційного шуму на населення і довкілля. Основними методами зниження авіаційного шуму є розробка менш шумних повітряних суден, застосування спеціальних прийомів пілотування при зльоті та посадці, зниженню шуму сприяє також раціональна організація повітряного руху та обмеження житлової забудови поблизу аеропортів.

Основою законодавства, що регулює забезпечення екологічної безпеки авіаційної діяльності є Конституція України, де в ст.16 визначено, що держава повинна проводити екологічну політику, спрямовану на забезпечення екологічної безпеки.

Цивільна авіація є складовою частиною єдиної транспортної системи України, тому в Законі України „Про транспорт” є ряд норм, щодо охорони навколишнього природного середовища від негативного впливу авіації, зокрема, в ст.10 визначено, що транспортні засоби повинні відповідати вимогам безпеки, охорони праці та екології, державним стандартам, мати відповідний сертифікат, а ст.16 передбачено, що підприємства транспорту зобов'язані забезпечувати безпеку життя і здоров'я громадян, безпеку експлуатації транспортних засобів, охорону навколишнього природного середовища.

Основними законодавчими актами при забезпеченні вимог екологічної безпеки в авіаційній сфері є Закон України „Про охорону навколишнього природного середовища” та Повітряний кодекс України.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Впровадження FRA надає суттєві переваги всім зацікавленим користувачам повітряного простору – для провайдерів це нові можливості залучення нових користувачів та розширення транзитного потенціалу, для авіакомпаній – розширені можливості з планування польотів, економія часу та пального. Впровадження FRA дозволяє повноцінно реалізувати наявний транзитний потенціал та ефективно розширювати його у майбутньому.
2. Операційне середовище ОПР включає процеси управління використанням (менеджмент) повітряного простору, планування використання повітряного простору, організації потоків повітряного руху та пропускної спроможності секторів ОПР. Урахування цих процесів, разом з перспективною моделлю Single European Airspace System, необхідне для ефективного дослідження транзитних потоків повітряного руху та розширення транзитного потенціалу України.
3. Розроблено теоретичну модель організації потоків повітряного руху. Практичне використання цієї моделі дозволяє вирішувати задачі з дослідження транзитних потоків повітряного руху та розширення транзитного потенціалу, як на загальноєвропейському, так і на національному рівні.
4. Програмний комплекс NEST за своїми параметрами, повністю відповідає потребам з виконання дипломної роботи і може бути успішно використаний для дослідження потоків повітряного руху в Україні та розробки пропозицій з розширення транзитного потенціалу.
5. Запропоновано методику визначення транзитного потенціалу та Алгоритм дослідження та розширення транзитного потенціалу повітряного простору України.
10. За допомогою програмного засобу NEST було виконано дослідження транзитного потенціалу України у зазначеному об'ємі повітряного простору. Було виконано моделювання щодо порівняння існуючих

польотів, а також потенційних рейсів, які можуть виконувати польоти у цьому ПП (за критеріями скорочення траєкторії польоту, витрат палива та впливу на навколишнє середовище).

11. В результаті було виявлено, що промодельовані рейси можуть принести значний вклад в розширення транзитного потенціалу України. Потенційно можуть бути сформовані два потужні транзитні коридори (основні потоки повітряного руху):

- ADINA-KUGOS –395 додаткових ПС/день;
- KUGOS-DIGAM/RASIL –131 додаткових ПС/день.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Про затвердження Положення про використання повітряного простору України*: Постанова Кабінету міністрів України від 06.12.2017 р N 954. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/954-2017-%D0%BF>.
2. *Про затвердження Авіаційних правил України «Правила використання повітряного простору України»*: Наказ Державіаслужби України та Міністерства оборони України від 11.05.2018р., № 430/210, зареєстрований в Міністерстві юстиції України 14 вересня 2018 р. за № 1056/32508). [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1056-18>.
3. *Про затвердження Авіаційних правил України «Загальні правила польотів у повітряному просторі України»*: Наказ Державіаслужби України та Міністерства оборони України від 06.02.2017 № 66/73. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 23 травня 2017 р. за № 654/30522 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0654-17>.
4. *Про затвердження Авіаційних правил України "Організація повітряного руху"*: Наказ Державної авіаційної служби України № 1920 від 09.12.2021. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 12 жовтня 2016 р. за № 165/37501 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0165-22#Text>
5. European Route Network Improvement Plan (ERNIP) - Part 1: European Airspace Design Methodology – Guidelines. – Brussels: EUROCONTROL, 2020.
6. European Route Network Improvement Plan (ERNIP) - Part 2: European ATS Route Network. – Brussels: EUROCONTROL, 2019.
7. European Route Network Improvement Plan (ERNIP) - Part 3: Airspace Management Handbook. – Brussels: EUROCONTROL, 2019.
8. European Route Network Improvement Plan (ERNIP) - Part 4: RAD User’s Manual. – Brussels: EUROCONTROL, 2020.
9. Free Route Airspace (FRA) Design Guidelines. – Brussels: EUROCONTROL, видання 1, 2019.

10. NM Flight Planning Requirements – Guidelines. – Brussels: EUROCONTROL, видання 1.3, 2020.

11. Free route airspace Ukraine (FRAU). Operational concept. Step 2 - Scenario 2a. – 2021.

12. FRA Україна (FRAU). Дизайн повітряного простору. Робочий план», видання 3.0, затверджений наказом Державіаслужби від 29.03.2018 № 289.

13. Харченко В.П., Ларін В.Ю. Методичні рекомендації до виконання магістерських робіт. Київ, НАУ, 2012. 52 с.

14. Бойченко С В., Іванченко О.В. Положення про дипломні роботи (проекти) випускників Національного авіаційного університету. Київ, НАУ, 2017. 63 с.