

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

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

д-р. техн. наук, проф.

_____ Ларін В.Ю.

«__» _____ 2020р.

ДИПЛОМНА РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА
ЗА ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЮ ПРОГРАМОЮ
«ОБСЛУГОВУВАННЯ ПОВІТРЯНОГО РУХУ»

Тема: «Автоматизована система підготовки передпольотної інформації.
Інтегровані моделі спільного передпольотного оцінювання аеронавігаційних
даних. Вибір запасного аеродрому (CDM)»

Виконала: _____ **Л.Р. Бохонська**

Керівник: д-р техн. наук, проф. _____ **Т.Ф. Шмельова**

Нормоконтролер _____ **Г.Ф. Аргунов**

Київ, 2020

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет аеронавігації, електроніки та телекомунікацій

Кафедра аеронавігаційних систем

Спеціальність: 272 «Авіаційний транспорт»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Ларін В.Ю.

«__» _____ 2020р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи

Бохонської Людмили Русланівни

1. Тема дипломної роботи «Автоматизована система підготовки передпольотної інформації. Інтегровані моделі спільного передпольотного оцінювання аеронавігаційних даних. Вибір запасного аеродрому(CDM)» затверджена наказом ректора від «29» вересня 2020 р. № 1815/ст.

2. Термін виконання роботи: з 5 жовтня 2020 року по 13 грудня 2020 року.

3. Вихідні дані до роботи: дані організацій EUROCONTROL, ICAO, EASA, УКРАЕРОРУХ.

4. Зміст пояснювальної записки: Розробка автоматизованої системи підготовки передпольотної інформації з урахуванням спільного прийняття рішень. Визначення оптимального вибору запасного аеродрому в умовах невизначеності. Дослідження критеріїв прийняття рішення та доцільності їх використання на етапі передпольотної підготовки при виборі запасного аеродрому.

5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: графіки результатів даних, таблиці, формули.

6. Календарний план-графік

№	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1	Підготовка та написання розділу 1 «Аналіз процесу підготовки передпольотної інформації»	10.10.20-10.10.20	Виконано
2	Підготовка та написання розділу 2 «Методи прийняття рішень при спільному прийнятті рішень»	11.10.20-12.10.20	Виконано
3	Підготовка та написання розділу 3 «Інтегрована модель спільного передпольотного оцінювання аеронавігаційних даних на прикладі вибору запасного аеродрому»	13.10.20-15.10.20	Виконано
4	Підготовка та написання розділу 4 «Автоматизована система підготовки передпольотної інформації з урахуванням спільного прийняття рішень»	16.10.20-17.10.20	Виконано
5	Підготовка презентації та доповіді	20.11.20-01.12.20	Виконано

7. Дата видачі завдання: «10» жовтня 2020 р.

Керівник дипломної роботи

Шмельова Тетяна Федорівна

(підпис керівника) (П.І.Б.)

Завдання прийняла до виконання

Бохонська Людмила Русланівна

(підпис студента) (П.І.Б.)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Автоматизована система підготовки передпольотної інформації. Інтегровані моделі спільного передпольотного оцінювання аеронавігаційних даних. Вибір запасного аеродрому (СДМ)» містить 99 сторінок, 7 рисунків, 13 таблиць, 34 використаних джерела.

Об'єкт дослідження – Автоматизована система підготовки передпольотної інформації.

Предмет дослідження – спільне прийняття рішень при підготовці передпольотної інформації.

Мета роботи – розробити автоматизовану систему підготовки передпольотної інформації з урахуванням спільного прийняття рішень пілота, диспетчера, співробітника із забезпечення польотів.

Методи дослідження – критерії прийняття рішень в умовах невизначеності: Вальда, Севіджа, Лапласа, Гурвіца; метод експертних оцінок.

У дипломній роботі досліджується статистичний аналіз авіаційних подій з урахуванням людського чинника на етапі підготовки до польоту, види порушень під час передпольотної підготовки, пропонується розробка автоматизованої системи підготовки передпольотної інформації (АС ПП) з урахуванням спільного прийняття рішень пілотом, диспетчером та співробітником із забезпечення польотів на прикладі вибору запасного аеродрому (ЗА), пропонується програмний метод розрахунку вибору оптимального ЗА в умовах невизначеності за чотирма критеріями.

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ПІДГОТОВКИ ПЕРЕДПОЛЬотної ІНФОРМАЦІЇ, СПІЛЬНЕ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ, КРИТЕРІЇ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ, ЗАПАСНИЙ АЕРОДРОМ, ПРОГРАМНЕ СЕРИДОВИЩЕ

АРКУШ ЗАУВАЖЕНЬ

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	8
ВСТУП	10
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ПІДГОТОВКИ ПЕРЕДПОЛЬОТНОЇ ІНФОРМАЦІЇ	13
1.1. Статистичний аналіз	13
1.2. Передпольотна підготовка.....	19
1.3. Спільне прийняття рішень (CDM)	35
Висновок до Розділу 1	45
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ СПІЛЬНОМУ ПРИЙНЯТТІ РІШЕНЬ	47
2.1. Прийняття рішень в умовах визначеності	47
2.2. Прийняття рішень в умовах невизначеності та ризику	48
2.2.1. Критерій Вальда	50
2.2.2. Критерій Севіджа	50
2.2.3. Критерій Лапласа	51
2.2.4. Критерій Гурвіца	52
2.3. Метод експертних оцінок	53
Висновок до Розділу 2	63
РОЗДІЛ 3. ІНТЕГРОВАНА МОДЕЛЬ СПІЛЬНОГО ПЕРЕДПОЛЬОТНОГО ОЦІНЮВАННЯ АЕРОНАВІГАЦІЙНИХ ДАНИХ НА ПРИКЛАДІ ВИБОРУ ЗАПАСНОГО АЕРОДРОМУ	64
3.1. Вимоги до вибору запасного аеродрому.....	64
3.2. Алгоритм визначення оптимального запасного аеродрому методом експертних оцінок	67

3.3. Дані по аеродромам України для формування матриці рішень методом експертної оцінки	76
Висновок до Розділу 3.....	82
РОЗДІЛ 4. АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ПІДГОТОВКИ	
ПЕРЕДПОЛЬОТНОЇ ІНФОРМАЦІЇ	84
4.1. Структура АС ППІ з урахуванням CDM	84
4.2. Перспективи розвитку системи в Україні	89
Висновок до Розділу 4	93
Загальний висновок	94
Основні джерела	96

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АНС – Аеронавігаційна система

АП – Авіаційна подія

АС ППІ – Автоматизована система підготовки передпольотної інформації

ВНМХ – Висота нижньої межі хмар

ЗА – Запасний аеродром

ЗПС – Злітно-посадкова смуга

КЛЕ – Керівництво з льотної експлуатації

ЛФ – Людський фактор

НБРЦА – Національне бюро з розслідування авіаційних подій та інцидентів з цивільними повітряними суднами

ОВП – Особливий випадок в повітрі

ОПР – Обслуговування повітряного руху

ОрПР – Організація повітряного руху

ПВП – Правила візуальних польотів

ППП – Правила польотів за приладами

ПР – Прийняття рішення

ПС – Повітряне судно

УПР – Управління повітряним рухом

ЦА – Цивільна авіація

A-CDM (Airport Collaborative Decision Making) – Спільне прийняття рішень в аеропортах

AIC (Aeronautical information circular) – Циркуляр аеронавігаційної інформації

AIP (Aeronautical Information Publication) – Збірник аеронавігаційної інформації

CDM (Collaborative Decision Making) – Спільне прийняття рішень

ETOPS (Extended-range Twin-engine Operational Performance Standards / Extended Twin OperationS - Розширені Правила Польотів для Двомоторних Літаків

FAR (Federal Aviation Regulations) – Федеральні авіаційні правила

ICAO (International Civil Aviation Organization) – Міжнародна організація цивільної авіації

JAR-OPS (Joint Aviation Requirements/Operations) – Спільні вимоги до авіації

NOTAM (Notice To AirMen) – Повідомлення авіаперсоналу

RVSM (Reduced Vertical Separation Minima) – Скорочений мінімум вертикального ешелонування

ВСТУП

Авіаційна пригода з людськими жертвами (авіакатастрофа) - це авіаційна подія, внаслідок якої загинули або зникли безвісти одна або більше осіб, які перебували на борту повітряного судна. [1]

Проблеми, які викликають авіаційні події або сприяють їм, виникають у зв'язку з поганим обладнанням, невдалими технологіями, тероризмом, неправильною чи недостатньою підготовкою авіаційного персоналу або невідповідними інструкціями. Правильне розуміння можливостей і певних обмежень людини, її поведінки в експлуатаційному контексті вважається головним для забезпечення безпеки польотів. Ціна людського життя, а також матеріальні втрати сьогодні зросли настільки, що просто неприпустимо нехтувати виконанням зазначених для конкретної особи авіаційних правил, процедур і обмежень.

Сфера обслуговування пасажирських та вантажних перевезень тісно пов'язана з авіаційною безпекою. Досвід показав, що аваріям часто передують інциденти і недоліки, пов'язані з безпекою, що свідчить про існування певних загроз безпеці. Таким чином, дані про безпеку є важливим ресурсом для виявлення потенційних загроз. [2]

Одним з найважливіших етапів безпечного та ефективного виконання польоту є підготовка передпольотної інформації. Однак з кожним роком авіаційних подій не меншає, що змушує задуматись над розробкою і впровадженням нових методів підготовки авіаційного персоналу та використання ними нових автоматизованих систем.

Такі заходи допоможуть зменшити можливість неправильного прийняття рішення в особливих випадках в повітрі.

Сьогодні авіаційний транспорт використовують для багатьох цілей:

- а) рейсові перевезення пасажирів;
- б) перевезення пошти;
- в) перевезення вантажу;

- г) пошуково-рятувальні операції;
- д) аерофотозйомка;
- е) монтаж будівельних конструкцій,
- є) гасіння пожеж лісових масивів та інших об'єктів;
- ж) патрулювання та інші види робіт.

Проблема неякісної передпольотної підготовки залежить від багатьох чинників:

- а) невчасне отримання польотної документації;
- б) нехтування правилами заповнення документів для виконання завдань рейсу членами екіпажу повітряного судна;
- в) недостатнє приділення уваги під час: перевірки метеорологічних умов (METAR, TAF, SPECI, AIRMET, GAMET та ін.); перевірки наявності перешкод по маршруту; перевірки роботи аеронавігаційних засобів, необхідних для здійснення посадки на аеродромі призначення;
- г) незнання правил щодо розрахунку максимального завантаження та центрування повітряного судна;
- д) нехтування завчасною перевіркою умов та годин роботи аеропортів та злітно-посадкових смуг;
- е) неправильний вибір запасних аеродромів;
- є) неякісний технічний огляд повітряного судна;
- ж) недотримання графіку роботи і, як наслідок, перевтома членів екіпажу.

З метою вирішення перерахованих вище проблем необхідно використовувати автоматизовану систему підготовки передпольотної інформації з урахуванням сумісного прийняття рішень.

Застосування даної системи під час підготовки до польоту дає можливість отримати якісне та оперативне забезпечення необхідною аеронавігаційною та метеорологічною інформацією, а також іншими даними, які можуть знадобитися екіпажу для виконання конкретного виду польоту.

Автоматизована система підготовки передпольотної інформації допоможе скоротити час на підготовку інформації та прийняття рішення, підвищить її ефективність і мінімізує ймовірність допущення помилки.

Для того, щоб зробити етап підготовки до польоту ще простішим, ефективнішим і швидшим, необхідно використовувати відносно новий, але дуже ефективний процес спільного прийняття рішень.

Зменшити невизначеність та підвищити ефективність взаємодії операторів аеронавігаційної системи в ОВП можна шляхом розробки моделей спільного прийняття рішень операторами в умовах визначеності, ризику та невизначеності.

Процес спільного прийняття рішень – спільна ініціатива уряду і галузі щодо вдосконалення системи організації повітряного руху за рахунок розширення обміну інформацією між усіма зацікавленими сторонами.

Оскільки вибір запасного аеродрому є центральною частиною передпольотної підготовки, пропонується алгоритм знаходження оптимального ЗА в умовах невизначеності, з використанням методу експертних оцінок та критеріїв оцінювання: Вальда, Лапласа, Севіджа і Гурвіца.

З метою зменшення навантаження на екіпаж, диспетчерів, співробітників із забезпечення польотів та інших служб, які займаються підготовкою передпольотної інформації, важливо використовувати поетапний підхід.

Мета дипломної роботи – розробити автоматизовану систему підготовки передпольотної інформації з урахуванням спільного прийняття рішень пілота, диспетчера, співробітника із забезпечення польотів.

Основними **задачами**, які допоможуть досягнути поставленої мети, є:

1. Проведення статистичного аналізу авіаційних подій з вини людського фактору під час передпольотної підготовки.
2. Моделювання процесів прийняття рішень оператора аеронавігаційної системи під час підготовки передпольотного планування.
3. Вибір запасного аеродрому.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ПІДГОТОВКИ ПЕРЕДПОЛЬотної ІНФОРМАЦІЇ

1.1. Статистичний аналіз

Хоча значну частину роботи можна виконати на комп'ютері, проте саме людина забезпечує правильне функціонування машини і контролює всі механічні процеси, які допомагають авіаційному персоналу слідкувати за траєкторією руху повітряного судна і виконанням всіх норм на кожному етапі польоту. Саме тому людський фактор відіграє надзвичайно важливу роль під час підготовки і виконання польоту. Загально відомо, що людина може працювати плідно лише певний період часу, після чого починає робити помилки. На продуктивність працівника впливає декілька чинників, таких як: перевтома, недосвідченість, проблеми зі здоров'ям, неадекватна поведінка внаслідок вживання токсичних речовин та ін.

Внаслідок розвитку міжнародних авіаційних перевезень сформувалася система обліку і класифікації авіаційних подій, почали розроблятися міжнародні стандарти безпеки в авіаційній діяльності.

За статистикою, вірогідність потрапити в авіакатастрофу становить 1 до 8 мільйонів. Отже, щоб загинути або потрапити в авіакатастрофу таким чином, потрібно щодня протягом більш як 20000 років бути пасажиром одного випадкового літака. Звісно ж, це лише статистичні дані, оскільки за одні 8 мільйонів авіаперельотів може статися 3 авіакатастрофи, а за наступні 16 мільйонів авіаперельотів - жодної. До речі, падіння літака не завжди закінчується летальним випадком: в 26 серйозних аваріях з пожежами, ударами літаків об землю і їх розламуванням на частини за останні роки близько 50% пасажирів залишились живими. Отже, можна зробити висновок, що літати досить безпечно. Однак щороку відбувається певна кількість катастроф і фраза «стабільні показники авіаційних подій» мало цікавить звичайних громадян. Кожна така подія, незалежно від місця, де вона відбулась, має великий розголос не лише в

межах держави, але й виходить на міжнародний рівень і потрапляє до різних країн через передачу новин за допомогою електронних засобів масової інформації.[3]

Численні розслідування встановили основні причини авіаційних подій:

- 46% - людський фактор, куди входять помилки екіпажу або авіадиспетчерів;
- 26% - технічні несправності літака, наприклад, відмова двигунів;
- 10% - незадовільний стан аеропортів і злітно-посадкових смуг;
- 10% - складні метеорологічні умови, наприклад, сильна злива або туман;
- 3% - пожежі на борту літака під час виконання зльоту, польоту або посадки;
- 2% - помилки військових (катастрофа іранського літака Airbus A300, збитого ракетою з американського крейсера над Перською затокою); [4]
- 1% - терористичні акти.

Значна частина авіаційних подій відбувається саме з вини пілота, адже саме вони є відповідальними за те, щоб літак успішно виконав зліт та посадку. Катастрофи нерідко відбувалися через те, що пілоти не змогли швидко зреагувати та прийняти правильне рішення, коли виконували політ в зоні зі складними метеоумовами. Також причиною багатьох трагедій було погане самопочуття або втома пілота, який керував повітряним судном.

У всіх членів екіпажу перед рейсом перевіряють:

- а) стан здоров'я: вимір температури, пульсу та артеріального тиску.
- б) наявність в крові алкоголю, психотропних речовин чи наркотиків за допомогою спеціального скринінг-тестування.

Для того, щоб отримати ліцензію і право керувати літаками, претендентам на посаду пілота необхідно пройти безліч медичних комісій, здати велику кількість аналізів і пройти тривалий випробувальний термін. Однак, як показує практика, навіть за умови високої кваліфікації і досвіду роботи пілота, деякі з них допускають помилки, які вартують життя не лише їм, а й пасажирам.

Також причинами пригод можуть стати інші чинники:

- а) Старіння техніки або несправність повітряного судна. Розбиватися можуть не обов'язково старі літаки, досить часто в катастрофи потрапляють і

сучасні апарати. Надзвичайно важливо, щоб не лише повітряне судно було справним, але й усі його механізми були у відмінному стані. Якщо виникає будь-яка поломка деталі, необхідно зробити ретельний ремонт і перевірити пристрій декілька разів, перед тим, як виконувати політ чи надавати дозвіл на використання даного повітряного судна іншим особам.

У 1985 році сталася жахлива катастрофа, коли Boeing 747 зіткнувся з горою Оцутака під Токіо, що призвело до загибелі 520 пасажирів. Причина була в тому, що літак був погано відремонтований і в повітрі він не зміг впоратися з перешкодою. [5]

б) Складні або несприятливі метеоумови. Перед тим, як відправляти літа в рейс необхідно, щоб уповноважені люди ретельно вивчили погодні умови, які очікують його на шляху до пункту призначення. У випадку, якщо є ризик грози або сильного урагану, потрібно перенести рейс на інший час. Однак нехтування цим дуже часто призводить до виникнення катастроф.

в) Помилка диспетчера. З цієї причини трапляється лише 6% авіаційних подій. Неправильні вказівки диспетчера, перевантаження літака або використання забрудненого чи неперевіреного належним чином палива також можуть стати причиною страшної трагедії.

г) Терористичні акти. У ситуаціях, коли літак летить в гарячі точки чи пролітає транзитом над територією бойових дій, завжди виникає ризик того, що його можуть «збити» терористи.

Така подія трапилася з малайзійським літаком B777, який 17 липня 2014 року летів через схід України, де вже протягом декількох років тривають бойові дії за участі російських найманців. Він був збитий із землі, через що загинуло 298 пасажирів.[6]

Ще одна катастрофа сталась 25 вересня 2020 року на Харківщині, коли при заході на посадку в аеропорту міста Чугуєва розбився літак Ан-26 Повітряних сил Збройних сил України. Під час катастрофи загинуло 26 людей. Крім екіпажу, на борту перебували курсанти Харківського національного університету Повітряних сил. Державне бюро розслідувань розглядало такі ймовірні причини

катастрофи: технічна несправність, помилка пілота, помилки відповідальних за керування польотами, а також неналежне технічне обслуговування літака. Також розглядається версія теракту. Це ще раз підтверджує той факт, що більшість авіаційних подій трапляється через людський фактор.[7]

Більша частина всіх авіаційних подій трапляється під час виконання польоту, однак до цього призводять не лише неправильні дії членів екіпажу. Значна частина помилок з'являється ще на етапі підготовки передпольотної інформації для того чи іншого рейсу. Прагнення будь-якою ціною дотриматись графіка призводить до виникнення багатьох помилок. З метою економії часу члени екіпажу намагаються якомога швидше завершити перевірку всіх систем і приладів літака, через що нерідко пропускають деякі етапи процедури перевірки. Вірогідність помилки у зв'язку з браком часу збільшується приблизно в 11 разів. Саме тому, якщо визначати найбільш важливі чинники, які збільшують цю вірогідність, то поспіх буде займати друге місце після незнання екіпажем поставленої задачі. Такі дії пілотів потребують ретельного контролю зі сторони персоналу, який займається підготовкою передпольотної інформації. Проте, дуже часто саме ці люди самі створюють певні часові рамки, причиною чому є :

- неправильний аналіз погодних умов, їх зміни;
- недосвідченість у виборі аеродрому призначення (запасного, технічної зупинки);
- неправильне визначення злітно-посадкової смуги з урахуванням всіх обмежень, аналізу її покриття, стану;
- перевтома ;
- помилки під час перевірки завантаження літака;
- неналежний контроль виконання перевірки і заповнення всіх документів членами екіпажу;
- невчасне отримання дозволу від держави, куди планується рейс;
- побудова дуже щільного графіку;
- невірний підрахунок палива для виконання польоту;

- невчасний зв'язок з наземним персоналом, паливозаправниками, вантажниками та ін.

В більшості випадків затримки відбуваються відразу з декількох причин. Нерідко вони відбуваються через проблеми, пов'язані з обслуговуванням пасажирів: їх запізнення, зміна маршруту польоту чи виду вантажу, наявність понаднормового багажу, помилки при оформленні документів на вантаж або накладних, відсутність якогось документу з переліку необхідних для виконання польоту.

Іншою, не менш важливою проблемою є неналежне вивчення відповідних документів для виконання польоту. Часто польоти виконуються, не зважаючи на певні обмеження, які встановлені переліком мінімального обладнання. Прикладом такого порушення є планування польоту в аеропорт з обледенілою злітно-посадковою смугою із заблокованим реверсом двигуна. Ще одним прикладом є недостатнє вивчення погодних умов не лише в аеропортах вильоту, прибуття, але й по маршруту. Часто екіпаж нехтує цією перевіркою і вже після вильоту виявляє, що аеропорт призначення закритий у зв'язку з проведенням авіашоу чи погодні умови нижче встановленого для членів екіпажу метеомінімуму або ніхто з членів екіпажу не прочитав телеграми NOTAM перед вильотом і виявляється, що злітно-посадкова смуга, на яку планувалась посадка, закрита. В багатьох випадках інциденти трапляються, коли відправлений пакет документів на політ містив в собі такі помилки, як неправильно вказана вага, балансування, центрування літака, невірний номер повітряного судна, помилка при написанні імен та прізвищ членів екіпажу.

Жанна Мак-Ельхеттон і Чарльз Дрю, дослідники з баттельського інституту, проаналізували 125 рапортів з Системи інформації про стан безпеки польотів NASA (ASRS), поданих екіпажами регулярних авіакомпаній; даний аналіз проводився в рамках спеціального дослідження для центру Ames. Вивчивши 250 доповідей ASRS в рамках дослідження якості виконання передпольотних перевірок, було з'ясовано, що порушення таких перевірок, пов'язані з нестачею

часу, по своїй частоті поступаються тільки порушенням, викликаним неухважністю або необхідністю одночасного виконання декількох обов'язків. [8]

У таблиці 1.1 вказано результати дослідження кількості інцидентів на різних етапах польоту, які були викликані помилками екіпажу та персоналу, який займався підготовкою пакету всієї необхідної документації для безпечного виконання рейсів.

Таблиця 1.1 – Помилки на різних етапах польоту

Етап польоту	Кількість літаків	Кількість Інцидентів
Передпольотна підготовка	224	24
Руління	176	78
Зліт	77	31
Набір висоти	14	84
Крейсерський політ	11	21
Зниження	33	9
Захід на посадку	10	15
Посадка	9	14
Руління	24	11
Післяпольотна перевірка	3	22

Дослідження показало, що в переважній більшості випадків (224 з 250) помилки, викликані браком часу, відбувалися під час передпольотної підготовки, однак були помічені набагато пізніше, вже в польоті, найчастіше під час набору висоти.[8]

Приблизно у чверті звітів про авіаційні події та серйозні інциденти, пов'язаних з комерційним повітряним транспортом, вказуються проблеми людського фактора або людських можливостей. Якщо подивитися на дані рисунка 1.1, за останні роки, то в 2016 році спостерігається очевидне зростання кількості авіаційних подій та серйозних інцидентів. Цифру на 2019 рік слід розглядати як попередню, адже вона, ймовірно, зросте, оскільки проблеми з ЛФ або ЛМ часто не реєструються в звітах про аварії і серйозні інциденти до публікації остаточного звіту. [9]

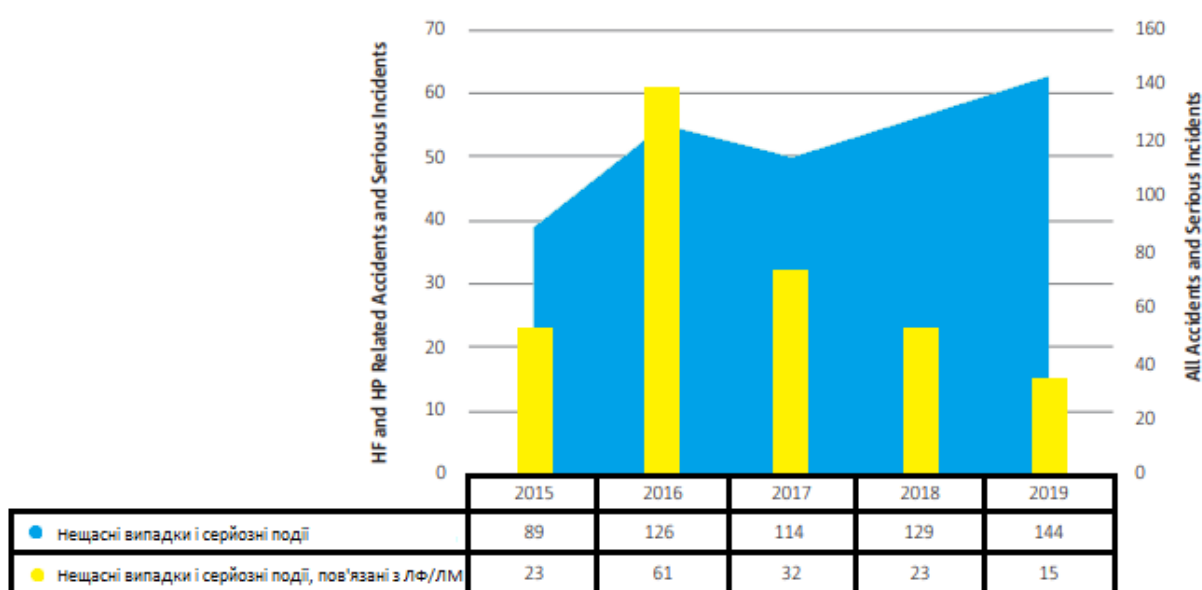


Рисунок 1.1 – Нещасні випадки і серйозні інциденти пов'язані з людським фактором і людськими можливостями за участю комерційних авіаліній і літаків авіатаксі

1.2. Передпольотна підготовка

Передпольотне інформаційне обслуговування – це комплекс заходів, спрямованих на забезпечення користувачів повітряного простору аеронавігаційною і метеорологічною інформацією, необхідною для підготовки та виконання польоту.

Передпольотна підготовка є дуже важливим етапом польоту. Вона починається задовго до дати виконання рейсу, оскільки диспетчер із забезпечення польотів конкретної авіакомпанії повинен спланувати траєкторію руху літака, вирішити який саме літак буде виконувати рейс, а також визначити склад членів екіпажу. Дуже часто непередбачувані обставини чи зміни деталей рейсу трапляються в останню хвилину, що призводить до затримок в аеропорту. Саме ця людина відповідає за виконання всіх процедур, вимог, а також правил Державної Авіаційної Адміністрації України. До обов'язків диспетчера входять аналіз погодних умов, обмежень повітряного простору, тривалість польоту та розрахунок необхідної кількості палива для його безпечного виконання, правильне заповнення та подання планів польоту, контроль щодо наявності всіх дозволів та необхідної документації. Важливо враховувати години роботи членів екіпажу, слідкувати за тим, щоб вони мали достатньо часу для відпочинку між рейсами та багато іншого.

Одним з найважливіших етапів підготовки до польоту є передпольотний інструктаж. Пілот зазвичай прибуває в аеропорт за кілька годин до вильоту. В цей період льотний екіпаж займається ознайомленням з деталями польоту та виконанням ретельної перевірки щодо правильності дотримання всіх адміністративних процедур.

Інструктаж проводиться для того, щоб надати командирі повітряного судна, а також другому пілоту допомогу в розумінні бажаної послідовності подій і дій для їхнього виконання, можливість оцінити стан повітряного судна, включаючи будь-які ризики та обставини, пов'язані з запланованою послідовністю польоту. Для того, щоб ще раз переконатись в тому, що передпольотна підготовка забезпечить безпечне і ефективне виконання польоту, всі члени екіпажу повинні зосереджувати достатньо уваги на проведенні якісного інструктажу, беручи до уваги всі нюанси, які виникають в ході підготовки.

Під час проведення будь-якого інструктажу повинні бути виконані наступні завдання: [10]

- визначення і повідомлення планів дій і очікування в нормальних і ненормальних умовах;
- підтвердження застосовуваного поділу завдань (наприклад, ролі і обов'язки членів екіпажу);
- інформування кожної предметної області до відповідного рівня деталізації;
- особлива увага на питання і відгуки;
- забезпечення повного розуміння і згоди про правильну послідовність дій;
- повідомлення цілей іншим членам екіпажу (бортпровідникам);
- намагання підвищити готовність льотного екіпажу/кабіни екіпажу до зіткнення з незвичайними вимогами або реагування на несподівані умови.

Якість інструктажу для льотного екіпажу при зльоті й заході на посадку визначає ефективність роботи екіпажу протягом усього польоту.

Інструктаж по формуванню екіпажу на борту літак та інструктаж льотного екіпажу при виконанні зльоту і заходу на посадку повинен включати: [10]

- ознайомлення екіпажу з аеропортами та маршрутами відправлення і прибуття;
- стан технічного обслуговування літака (наприклад, несправні елементи, недавній ремонт);
- стан стомлюваності членів екіпажу (наприклад, при виконанні польотів на короткі відстані / в кількох секторах);
- умови зльоту, вильоту, заходу на посадку і посадки (наприклад, погодні умови, умови злітно-посадкової смуги, особливі небезпечні явища);
- бічна і вертикальна навігація, включаючи використання автоматики за призначенням;
- зв'язок;
- статус кабіни від бортпровідників;
- статус позаштатних процедур (наприклад, перерваний зліт, відхилення від курсу, відхід на друге коло);
- огляд і обговорення небезпек при зльоті та вильоті.

Брифінги варто проводити в періоди низького навантаження. Інструктаж по зльоту необхідно проводити, коли літак знаходиться біля виходу на посадку чи на іншій стоянці.

Досить часто важливість техніки проведення інструктажу недооцінюють. Стиль і тон брифінгу відіграють важливу роль в його ефективності. Інтерактивні брифінги (наприклад, підтвердження згоди і розуміння з боку другого пілота після кожного етапу брифінгу) більш ефективні і продуктивні, ніж безперервна робота від командира повітряного судна, що супроводжується фразою: «Є питання?» Інтерактивні брифінги надають обом пілотам можливість спілкуватися, перевіряти і виправляти помилки один одного в міру необхідності (наприклад, підтверджую використання правильних карт вильоту і заходу на посадку, підтверджую правильне налаштування навігаційних засобів для призначених злітно-посадкових смуг).[10]

Сам інструктаж повинен мати за основу логічну послідовність етапів польоту. Однак важливо уникати рутинного і формального повторення одних і тих же пунктів в кожному секторі, що часто стає контрпродуктивним, оскільки це вимагає нового мислення або вирішення проблем. Наприклад, адаптація та розширення інструктажу шляхом висвітлення особливих аспектів аеропорту, процедури вильоту чи підходу або переважаючих погодних умов та обставин, як правило, призводять до більш жвавого та ефективного інструктажу. [10]

Інструктаж слід проводити в режимі особистого спілкування, зберігаючи настороженість і пильність при спостереженні за повітряним судном і ходом польоту. Техніка інструктажу командира повітряного судна повинна сприяти ефективному слуханню, щоб привернути увагу другого пілота. Тому інструктаж слід проводити, коли робоче навантаження другого пілота досить низьке, щоб забезпечити ефективний зв'язок. [10]

Очікувані або непередбачені значні зміни в дозволі органів управління повітряним рухом, погодні умови, зміни відносно злітно-посадкової смуги або стану повітряного судна вимагають від екіпажу перевірки відповідних частин

раніше проведених інструктажів. За цих обставин повторний інструктаж майже завжди є корисним. [10]

Передпольотна підготовка екіпажів полягає в самостійному вивченні метеорологічних умов майбутнього польоту, що, при необхідності, доповнюється брифінгом або консультацією з черговим синоптиком (або, відповідно до вимог JAR-OPS і FAR, зі співробітником по забезпеченню польотів). [10]

Мета брифінгу або консультації полягає в наданні екіпажу останньої наявної інформації про поточні та очікувані метеоумови за маршрутом запланованого польоту, на аеродромі передбачуваної посадки, запасних аеродромах та інших аеродромах вздовж маршруту з метою роз'яснення і надання додаткової інформації, яка міститься в польотній документації.

Основним методом проведення передпольотного метеорологічного брифінгу в світовій практиці є самостійний брифінг екіпажу. Цей брифінг може здійснюватися одним з двох методів: [10]

- Використовуючи обладнання, інформацію і документацію, які зазвичай є або висвічуються на відповідних дисплеях в відведених для метеорологічного брифінгу приміщеннях аеропорту або авіакомпанії (практично у всіх зарубіжних аеропортах світу, а також у великих авіакомпаніях, є комп'ютеризовані системи, що дозволяють пілотам самостійно знайомитися з метеорологічною обстановкою в аеропортах і за маршрутом польоту);

- Використовуючи телефонний зв'язок, за допомогою якої можна додзвонитися до метеорологів і отримати від них необхідну інформацію (TAF і METAR), або додзвонитися за відповідним номером до записаного на магнітофон і автоматично передається прогнозу погоди по конкретному району польотів. Такий сервіс особливо розвинений в США і Великобританії і носить назву AIRMET – цей метод використовується для забезпечення малої авіації, а телефонні номери та райони вказані на зональних картах AIRMET.

На метеорологічному інструктажі для запланованого маршруту і для обраних аеродромів вздовж маршруту обговорюються визначення прогнозів і фактичних погодних умов.

До складу погоди по маршруту входять:

- прогноз вітру та температури на крейсерських рівнях уздовж маршруту;
- прогнози погодних умов по маршруту;
- прогнози умов хмарності та пов'язаних з ними турбулентності або обмерзання.

Цю інформацію відображено у спеціальних таблицях.

Зведення погоди з аеродрому можуть бути або фактичними зведеннями (зведення метеорологічних аеродромів (METAR)), або прогнозами умов (TAF). METAR випускаються через регулярні проміжки часу; коли суттєва зміна умов відбувається до настання терміну наступного METAR, випускається спеціальний звіт (SPECI). В інтересах стислості і ясності письмові зведення METAR, SPECI та TAF завжди слідують одному і тому ж формату і використовують прості самоочевидні коди.

При наявності на аеродромі укомплектованого метеорологічного офісу, пілот може звернутись до синоптика з метою отримання пояснення прогнозу та будь-яких особливих явищ погоди, які можуть загрожувати безпечному виконанню рейсу.

Якщо брифінг проводиться тільки з посиланням на друковані матеріали, необхідний певний досвід для декодування різних типів інформації.

Якщо вимагається національними процедурами, то необхідно підготувати план польоту за правилами польоту за приладами або за правилами візуальних польотів. Його необхідно подати до органів УПР завчасно для забезпечення контролю виконання рейсу відповідним диспетчерським органом, адже невчасне його подання збільшує ризик появи затримки.

Згідно вимог ІКАО план польоту повинен бути поданий до органів УПР не раніше ніж за 60 хвилин до часу отримання дозволу виконання команди запуску

двигунів або початку рулювання, проте, для будь-якого польоту, що виконується за ППП допускається його надання не менше ніж за 30 хвилин.[11]

Обов'язково для маршруту потрібно підготувати операційний план польоту, вказавши в ньому заплановані ешелони польоту, мінімальні безпечні ешелони польоту, маршрут, відстані між точками, час польоту, розрахунковий час прибуття, вимоги до палива та іншу необхідну інформацію.

Пілот також займається підготовкою діаграми. Для цього на всіх використовуваних ним картах повинні бути позначені обмеження повітряного простору, заборонені та небезпечні зони.

Крім того, необхідно перевірити дату випуску карти з аеронавігаційною інформацією задля уникнення використання застарілої і неактуальної інформації.

В NOTAM або AIC вказані тимчасові обмеження повітряного простору, які також повинні бути відзначені на картах.

Повідомлення для пілотів (NOTAM) надають екіпажам важливу інформацію, яка може мати прямий вплив на безпеку польотів (наприклад, непрацюючі навігаційні засоби, зміна маршруту вильоту, обмеження повітряного простору, поточні роботи на руліжних доріжках або злітно-посадкових смугах, перешкоди, штучні перешкоди, вулканічна активність). Покриття NOTAM може бути національним, регіональним, конкретним для одного маршруту або конкретним для даного аеропорту. NOTAM зазвичай не містять докладних пояснень і графіків. В результаті чого інтерпретація NOTAM іноді може бути ускладненою. Тому кожен пілот повинен вивчити застосовувані NOTAM для зльоту і вильоту і обговорити їх можливий вплив на виконання польотів з іншими членами екіпажу. Якщо є будь-які сумніви щодо змісту або тлумачення NOTAM, пілоти повинні зв'язатися з диспетчером для роз'яснення.[10]

AIC (Aeronautical information circular) – циркуляр аеронавігаційної інформації, що представляє собою повідомлення, що містить інформацію, яка не вимагає випуску NOTAM або включення її в AIP(Aeronautical information

publication) - збірник аеронавігаційної інформації, але яка стосується питань безпеки польотів або аеронавігаційних, технічних, адміністративних чи юридичних питань. Циркуляри аеронавігаційної інформації не мають такого прямого зв'язку із забезпеченням безпеки польотів, як повідомлення NOTAM. Циркуляри розсилаються, коли необхідно поширити інформацію, наприклад, про довгострокові прогнози, що стосуються значних змін законодавства або розпоряджень, правил і засобів. У цих циркулярах може також міститися інформація, що стосується організації видачі свідоцтв авіаційним фахівцям, запланованої наявності нових або перероблених видань аеронавігаційних карт, а також інформація про нові види небезпеки, що впливають на техніку пілотування повітряних суден. Зазвичай циркуляри друкуються на аркушах жовтого кольору.[12]

На карту має бути нанесено маршрут польоту. У відповідних випадках на карті повинні бути відзначені важливі пеленги або дальності від навігаційних маяків (наприклад, ті, які визначають точку повороту або входу в контрольований повітряний простір).

Також пілот проводить аналіз деталей польоту, вивчає підготовлений для нього маршрут. Більшість пілотів надає перевагу прямим маршрутам, оскільки найкоротша відстань між двома точками – пряма. Проте дуже часто існують чинники, які не дають можливості побудувати прямий рейс. До них відносяться закриті або заборонені зони, а також тимчасово зарезервовані повітряний простір, який досить часто набуває такого статусу в день вильоту, що ускладнює підготовку.

При виборі маршруту польоту необхідно враховувати такі фактори, якщо це може бути застосовано: [13]

а) Рейси через національні кордони. Рейси, які будуть перетинати національні кордони, повинні відповідати відповідним правилам, що містяться в національних AIP.

б) Контрольований повітряний простір. Польоти, які повинні виконуватися повністю або частково в контрольованому повітряному просторі, повинні

відповідати положенням відповідних національних органів влади, що містяться в національному АІР. Інші польоти повинні уникати контрольованого повітряного простору.

в) Обмеження повітряного простору. Польоти повинні уникати обмежень повітряного простору, включаючи небезпечні, заборонені і зони обмеження, а також інші обмеження польотів (наприклад, польоти VIP).

г) Повітряний простір зі скороченим мінімумом вертикального ешелонування. Необхідно уникати повітряного простору з RVSM при виконанні польотів повітряних суден, для яких не було надано дозвіл на використання RVSM.

д) Погода:

1) По можливості, маршрут повинен уникати районів прогнозованих екстремальних погодних умов, наприклад, сильної турбулентності або помірного чи сильного обледеніння.

2) Погодні умови на аеродромах вильоту, призначення та запасних повинні бути краще зазначених мінімумів.

е) Режим навігації:

1) Навігаційне обладнання в літаку має бути адекватним для безпечної експлуатації відповідно до національних АІР. Справність обладнання повинна відповідати вимогам MEL.

2) У випадку використання візуальної навігації маршрут повинен уникати ділянок з низькою хмарністю або ділянок з поганою видимістю;

3) Якщо навігація повинна здійснюватися з використанням радіонавігаційних засобів, маршрут може бути спроектований таким чином, щоб слідувати по шляхах між радіомаяками або радіалами або пеленгами радіомаяків.

є) Польоти над водою. Для польотів над водою діють особливі правила:

1) Польоти через Північну Атлантику вище зазначених ешелонів польоту повинні відповідати структурі Північноатлантичного шляху. Аналогічні положення можуть застосовуватися в інших географічних регіонах.

2) Польоти на двомоторних літаках можуть бути необхідними відповідно до процедур роботи з двома двигунами збільшеної дальності.

Одну з найважливіших ролей в підготовці маршруту відіграє вибір запасного аеродрому, що включає:

а) Вибір запасного аеродрому для зльоту:

З метою планування польотів експлуатант повинен розробити процедури вибору аеродромів призначення та / або запасних аеродромів відповідно до вимог JAR-OPS, тобто вибирати тільки адекватні аеродроми з урахуванням запланованого типу літака і завдань виконуваного польоту. [12]

Запасний аеродром для зльоту вибирається експлуатантом в тих випадках, коли погода на аеродромі вильоту нижче мінімуму необхідного для виконання посадки на цьому ж аеродромі або льотно-технічні характеристики літака не дозволяють йому здійснити посадку на аеродромі зльоту. Запасний аеродром для зльоту повинен бути вказаний і розрахований в оперативному плані польоту. [12]

Для літака з двома двигунами запасний аеродром для зльоту повинен бути розташований:

1) на відстані не більше однієї години польоту на крейсерській швидкості (ця швидкість вказана в керівництві з льотної експлуатації літака) при відмові одного двигуна в умовах міжнародної стандартної атмосфери при штилі з урахуванням фактичної злітної маси літака; або

2) для літаків і їх екіпажів, допущених до польотів за правилами ETOPS, - на відстані до двох годин польоту або на відстані затвердженого часу ETOPS (в залежності від того, що менше), на крейсерській швидкості (згідно КЛЕ) при відмові одного двигуна в умовах міжнародної стандартної атмосфери при штилі з урахуванням фактичної злітної маси літака. [12]

Для літаків з трьома і чотирма двигунами запасний аеродром для зльоту повинен бути розташований на відстані не більше двох годин польоту при відмові одного двигуна в умовах міжнародної стандартної атмосфери при штилі з урахуванням фактичної злітної маси літака. [12]

Якщо в КЛЕ даного літака не обумовлена крейсерська швидкість при відмові одного двигуна, то для розрахунків необхідно обирати швидкість, яку літак може витримувати при відмові одного двигуна на тих двигунах, що залишилися, при їх роботі в режимі максимальної тривалості. [12]

Необхідно також звертати увагу на заплановані мінімуми запасного аеродрому для зльоту. Експлуатант не повинен вибирати запасний аеродром для аеродрому вильоту доти, доки відповідні прогнози погоди не покажуть, що протягом 1 години до і 1 години після розрахункового часу прибуття на цей запасний аеродром, погодні умови будуть відповідати або будуть вищими опублікованого мінімуму відповідно до вимог JAR-OPS. Висота нижньої межі хмар повинна враховуватися тільки в тому випадку, якщо можливий захід на посадку за процедурами неточного заходу на посадку (Non Precision approach) або заходу на посадку методом "Circling". [12]

Згідно з ICAO: Розрахунковий час прибуття (при польотах за приладами) - це розрахунковий час прибуття повітряного судна в намічену точку, позначену навігаційними засобами (VOR, NDB або точкою RNAV), з якої передбачається почати виконання процедури заходження на посадку за приладами, або (при відсутності навігаційного засобу пов'язаного з цим аеродромом) час прибуття повітряного судна в точку над аеродромом. [14]

б) Вибір запасного аеродрому при польотах по ППП

Запасним аеродромом для польотів по ППП може бути обраний аеродром, якщо на ньому до часу прильоту прогнозується: [12]

- 1) ВНМХ (висота нижньої межі хмар) на 50 м і видимість на 500 м вище мінімуму;
- 2) ВНМХ не менше 90 м і видимість не менше 1000 м - в разі, коли обраний запасний аеродром допущений до експлуатації по категорії мінімуму, а командира повітряного судна допущено до польотів за відповідною категорією;
- 3) ВНМХ на 100 м і видимість на 1000 м вище мінімуму - в разі, коли обраний запасний аеродром розташований на відстані менше 50 км від аеродрому призначення.

Гірський аеродром може бути обраний запасним відповідно до вищезазначених пунктів без перевезення екіпажу, якщо аеродром вивчався при проведенні попередньої підготовки і проводилися тренування на тренажері за його схемою зниження і заходу на посадку, а командир повітряного судна пілот 1-го класу.[12]

Ще однією частиною підготовки є планування кількості палива, необхідного для польоту, враховуючи погодні умови в аеропортах вильоту, прибуття та на маршруті. Підрахунок палива для кожного польоту є набагато складнішим, ніж здається. Для того, щоб дістатися до пункту призначення, літакові знадобиться достатня кількість палива, а також додаткова його кількість у разі необхідності незапланованого приземлення в іншому аеропорту. Однак цей запас повинен бути підрахований таким чином, щоб його надлишок ніяким чином не впливав на безпечне виконання посадки.

Для пілота надзвичайно важливо знати запас палива і рівень витрати палива літака, на якому виконується конкретний рейс. Ці дані можна знайти в Керівництві з льотної експлуатації літака, яке знаходиться на борту літака постійно. Необхідну кількість палива і необхідні технічні зупинки для дозаправки можна визначити шляхом підрахунку часу у польоті в залежності від витрати палива. Необхідно дотримуватись всіх вимог щодо вибору палива задля виконання безпечного польоту. Крім того, пілот та диспетчер із забезпечення польотів повинні заздалегідь обговорити всі вимоги щодо якості палива, врахувати зміну його ваги при різних показниках температури повітря, та розрахувати його кількість в залежності від цінової політики.

Наступним кроком буде перевірка і забезпечення правильності даних висоти і швидкості, з якою літак буде летіти.

Оцінка часу польоту і витрати палива при польоті залежить від правильного застосування швидкості літака, як повітряної, так і шляхової. Зазначена повітряна швидкість (IAS), показана на індикаторі повітряної швидкості, є істинним значенням тільки на рівні моря при стандартних температурних умовах. На висотах, що значно перевищують рівень моря, необхідно скоригувати

IAS для менш щільного повітря, щоб визначити справжню повітряну швидкість (TAS). Це можна зробити за допомогою аеронавігаційного комп'ютера. TAS, плюс або мінус складова зустрічного або попутного вітру відповідно, дорівнює шляховій швидкості літака.[15]

На однодвигунних літаках пілотам слід враховувати стелю обслуговування одного двигуна багатодвигунного літака при польоті на великій висоті, оскільки висота над рівнем моря може бути вище стелі обслуговування одного двигуна багатодвигунного літака, на якому виконується політ. Прикладом цього є багатодвигунний літак з однодвигунною робочою стелею в 6000 футів, який летить над землею на висоті 9000 футів.

Також значну частину підготовки займає вага та центрування літака. Визначенням ваги і центрування великих пасажирських літаків зазвичай займаються спеціалізовані служби аеропорту або авіакомпанії, і, в деяких випадках, члени льотного екіпажу або диспетчер із забезпечення польотів. Знання предмета під назвою «Вага і Центрування - Weight and Balance (або, скорочено, " W & B ")» є обов'язковим під час виконання передпольотної підготовки.

Виробник літака, як і виробник автомобіля, встановлює обмеження щодо ваги і центрування. Хоча принципи поведінки перевантажених літаків та автомобілів мають багато спільного, проте для літака недотримання норм під час завантаження може мати набагато тяжчі наслідки. Розігнати чи зупинити перевантажений літак набагато важче, ніж той, вага якого не виходить за встановлені межі. Відповідно до цього, чим важчим буде повітряне судно, тим більша довжина злітно-посадкової смуги буде необхідна для виконання безпечного виконання зльоту чи посадки. Для того, щоб не допустити поломки шасі в разі аварійної посадки під час виконання польоту в умовах перевантаження, пілоту необхідно буде зробити аварійний злив палива або покружляти в повітрі з метою вироблення необхідної кількості палива. Наприклад, для середнього пасажирського літака типу Боїнг-737 різниця між

максимально допустимою злітною і максимально допустимою посадковою масами становить близько 10 тон.

Перевищення польотної ваги або вихід за припустимі межі центрування, перш за все, погіршує льотні характеристики літака. Пілотові слід пам'ятати, що перевантажений літак в таких ситуаціях летить на мінімально допустимих швидкостях, і спроба виконати розворот (тобто створити крен), з метою ухилення від перешкод, зменшить підйомну силу крила, що призведе до зменшення градієнта набору висоти або навіть до зниження літака. Але і при всіх працюючих двигунах пілот на перевантаженому літаку не зможе набрати оптимальну висоту польоту, що в комбінації з працюючими на підвищеному режимі двигунами приведе до перевитрати палива і, в результаті, до зменшення дальності польоту. [12]

Ефективна вага літака, тобто перевантаження, що виникають в польоті, також мають важливе значення для членів льотного екіпажу. Наприклад, якщо максимальна вага автомобіля допускається 1,5 тонни, а після перевантаження він важить 2 тонни, то його вага буде і залишиться на 500 кг більше рекомендованої. Але якщо вага невеликого літака становить 2 тонни, то, при виконанні розвороту з креном 60° з метою уникнення зіткнення з перешкодою, ефективна вага літака досягне вже 4-х тонн, оскільки при виконанні розворотів, як відомо з аеродинаміки, на літак починають діяти відцентрові сили, що збільшують його вагу (масу), що призводить до збільшення динамічних навантажень на елементи конструкції. [12]

Крім визначення максимально допустимої злітної маси літака, пілот повинен переконатися в тому, що навантаження знаходиться в допустимих межах центру тяжіння (ЦТ) літака. У кожному керівництві з експлуатації містяться інструкції щодо правильного методу визначення того, чи відповідає завантаження літака вимогам балансування. Пілот повинен регулярно визначати балансування літака, оскільки він може залишатися в межах допустимої максимальної злітної маси, перевищуючи при цьому межі ЦТ.

Перевищення меж переднього ЦТ є причиною великих навантажень на носове колесо, що може призвести до неконтрольованого стану літака під час гальмування. Крім того, це може знизити продуктивність і вплинути на значне підвищення швидкості звалювання.

При умові, що ЦТ перевищує задню межу, літак матиме знижену статичну і динамічну поздовжню стійкість, що може стати причиною раптового і різкого зриву та серйозно вплинути на відновлення.

Передпольотний інструктаж також включатиме альтернативні плани, в разі виникнення необхідності адаптуватися до нових обставин чи умов. Капітан і льотний екіпаж також зустрінуться з екіпажем літака, що виконував попередній політ, щоб обговорити проблеми, які виникли під час попереднього рейсу, у випадку їх наявності. Далі виконується передпольотний огляд використовуваного літака. Для того, щоб переконатися в тому, що все в порядку і що літак безпечний для польоту, другий пілот проводить фізичний огляд літака. Капітан в цей час інструктує бортпровідників.

Після цього в кабіні проводиться перевірка органів управління і польотного програмного забезпечення. Вона включає в себе підтвердження правильного функціонування системи зв'язку, а також порядок дій у надзвичайних ситуаціях.

Як тільки екіпаж переконається, що літак готовий до вильоту і знаходиться в хорошому робочому стані, капітан підпише дозвіл на політ, який підтверджує стан екіпажу і те, що пілоти ознайомилися з усією необхідною інформацією.

Останнім етапом передпольотної підготовки є підготовка до зльоту.

Політ не може бути розпочато до тих пір, поки не будуть заповнені форми підготовки до польоту, що підтверджують, що командир повітряного судна впевнений в тому, що: [16]

- літак придатний до польотів;
- прилади та обладнання для конкретного типу виконуваної операції встановлені і достатні для польоту;
- відносно повітряного судна видано дозвіл на технічне обслуговування;

- маса літака і розташування центру тяжіння такі, що політ може бути виконаний безпечно з урахуванням очікуваних умов польоту;
- будь-який вантаж правильно розподілений і надійно закріплений;
- завершена перевірка, яка свідчить про те, що експлуатаційні обмеження повітряного судна можуть бути дотримані для виконуваного польоту;
- дотримані стандарти оперативного планування польотів.

Заповнені форми підготовки до польоту зберігаються у експлуатанта протягом трьох місяців. [16]

Останніми документами, які необхідно заповнити, є форма попереднього дозволу, отримана з диспетчерської. Після того, як пілоти завершать остаточне адміністрування, бортпровідники наказують закрити всі двері, а капітан дає команду на початок руління. На цьому етапі літак готовий вирулити до злітно-посадкової смуги і підготуватися до зльоту.

Для того, щоб скоротити час підготовки до польоту, та зробити перевірку виконання всіх етапів простішою необхідно використовувати автоматизовані системи передпольотної інформації. Вони допомагають екіпажу отримати всі аеронавігаційні дані та інформацію, з метою проведення самостійного інструктажу, спрощують планування польотів та забезпечують польотно-інформаційне обслуговування.

Сьогодні засоби самостійного інструктажу автоматизованих систем передпольотної інформації є відносно новим, проте надзвичайно важливим елементом якісної підготовки до польоту. Вони допомагають членам льотного екіпажу та персоналу, який бере участь і підготовці до виконання рейсу отримати доступ до служби аеронавігаційної інформації, які, у свою чергу, можуть за запитом провести необхідну консультацію в телефонному режимі або за допомогою інших доступних засобів електров'язку.

Автоматизовані системи підготовки передпольотної інформації, що надають аеронавігаційні дані і аеронавігаційну інформацію для самостійного інструктажу, планування польотів та польотно-інформаційного обслуговування:[17]

а) забезпечують регулярне і своєчасне оновлення бази даних системи, а також контроль терміну дії та якості збережених аеронавігаційних даних;

б) передбачають можливість доступу до системи експлуатаційного персоналу, в тому числі членів льотного екіпажу, іншого зацікавленого авіаційного персоналу і інших авіаційних користувачів, за допомогою зручних засобів електрозв'язку;

в) забезпечують надання в друкованому на папері вигляді шуканих аеронавігаційних даних та аеронавігаційною інформацією, коли це необхідно;

г) повинні дотримуватися процедур доступу і запиту, засновані на застосуванні відкритого тексту зі скороченнями і, у відповідних випадках, показників місця розташування ICAO або засновані на керованому за допомогою меню інтерфейсі користувача або іншому відповідному механізмі за погодженням між повноважним органом цивільної авіації і відповідним експлуатантом;

д) швидко надають користувачеві відповідь на запит інформації.

У тому випадку, коли автоматизовані системи передпольотної інформації використовуються для надання уніфікованого загального терміналу доступу експлуатаційному персоналу, в тому числі членам льотного екіпажу і іншому зацікавленому авіаційному персоналу, до аеронавігаційної інформації (даних) і метеорологічної інформації, повноважний орган цивільної авіації або установа, якому даний повноважний орган передав повноваження на створення служби, зберігає відповідальність за якість і своєчасність надання аеронавігаційних даних та аеронавігаційної інформації за допомогою такої системи. [17]

1.3. Спільне прийняття рішень (CDM)

Прийняття рішень є важливою частиною підготовки до польоту, оскільки ефективність і регулярність польотів, а також безпечне їх виконання напряму залежить від правильного і швидкого прийняття рішення. Сьогодні на плечі авіаційного персоналу покладено велику кількість складних задач, які необхідно

вирішити. Незважаючи на досвід членів екіпажу, на прийняття ними рішень впливає безліч чинників, через що вони здатні робити помилки, які іноді вартують життя. Одним з таких є економічна нестабільність. Саме такий період переживає весь світ через пандемію коронавірусу. Адже саме через цей вірус в багатьох аеропортах України і світу йде масове скорочення працюючого персоналу. Ситуація зі звільненням багатьох працівників вплинула на якість контролю тих чи інших процедур, зокрема передпольотної підготовки, що призвело до помилкових дій членів екіпажу.

Саме тому необхідно залучати якомога більше зацікавлених сторін, які допоможуть швидше вирішити ту чи іншу проблему. Їхній вклад може зіграти вирішальну роль задля фінансового підтримання компанії в період світової кризи, адже кожен з них має свій склад розуму і може запропонувати вірний план дій чи внести правки щодо запропонованих іншими спеціалістами ідей розв'язання складної ситуації. Цей тип прийняття рішень за участі декількох організацій чи підрозділів називається спільним прийняттям рішень.

Спільне прийняття рішення – концепція взаємодії між суб'єктами авіаційної діяльності, в результаті якої приймається рішення щодо заходів організації потоків повітряного руху та менеджменту пропускної спроможності з урахуванням вимог усіх зацікавлених учасників процесу. [18]

Спільне прийняття рішень в аеропортах – спільне підприємство, мета якого – підвищити ефективність роботи всіх операторів аеропорту за рахунок скорочення затримок, підвищення передбачуваності подій під час польоту, оптимізації використання ресурсів, збільшення пропускної спроможності в аеропортах.

Для досягнення цієї мети необхідно покращити обмін інформацією в реальному часі між експлуатантами повітряних суден, операторами аеропортів, авіаційними співробітниками на землі і диспетчерами повітряного руху. Ця система передбачає реалізацію комплексу операційних процедур і автоматизованих процесів.

Впровадження процесу спільного прийняття рішень дозволяє кожному партнеру А-СДМ оптимізувати свої рішення у співпраці з іншими партнерами А-СДМ, знаючи їх переваги та обмеження, а також оцінити наявну та прогнозовану ситуацію. Регулярний обмін точною та своєчасною інформацією впливає на підвищення якості прийняття рішень партнерами даної системи, оскільки задля цього кожен з них використовує певну базу знань, процедури, механізми та інструменти.

Таким чином до складу А-СДМ зазвичай входять:

- а) оператор аеропорту;
- б) експлуатанти літаків;
- в) агенти з наземного обслуговування (Ground Handlers);
- г) компанії систем протиобledenіння повітряних суден;
- д) постачальник аеронавігаційного обслуговування (АТС);
- е) мережевий менеджер;
- є) інші служби наземного обслуговування (поліція, митниця, імміграційна служба тощо).

Раніше більшість пропозицій щодо вдосконалення експлуатації аеропортів були орієнтовані на поліпшення роботи окремого партнера в аеропорту. Проте задля збільшення пропускнуєї спроможності аеропорту необхідно залучати до взаємодії всіх необхідних спеціалістів, об'єднавши їх в одну команду. В даній ситуації кожен може висловити свою думку окремо спираючись на свої знання, досвід та володіння певною інформацією.

Проте, як і будь-яка нова система, вона має деякі проблеми, до яких відносяться: недостатня ефективність, проблеми продуктивності осіб, які займають керівні позиції і приймають остаточне рішення, необхідність технологічної підтримки з метою ухвалення рішень, моніторинг рішень, обсяг знань та інше.

Останнім часом проблема правильного прийняття рішень і особа чи особи, які їх приймають, також підлягають певній перевірці. Це зумовлено стрімким темпом розвитку науково-технічного прогресу та збільшенням взаємозалежності

певних рішень. Через це перед лідерами певних груп під час прийняття остаточного рішення виникає проблема вибору найоптимальнішого плану дій в конкретній ситуації серед багатьох запропонованих альтернативних варіантів. Для оцінки цих варіантів використовуються складні аналітичні розрахунки, наукові дослідження, засоби сучасних інформаційних технологій, знання фахівців в тій чи іншій сфері діяльності та інше. Питання підтримки рішень на всіх стадіях цього процесу (розроблення й прийняття рішень, організація виконання і контроль) стають надзвичайно важливими.

Проблеми прийняття рішень на організаційному етапі зазвичай відрізняються від всіх інших і їх можна охарактеризувати наступним чином: [19]

- а) неповторність ситуації вибору;
- б) складний для оцінювання характер альтернатив, що розглядаються;
- в) недостатня визначеність наслідків дій (невизначеність післядій);
- г) наявність сукупності різнорідних факторів, які необхідно враховувати під час прийняття рішень;
- д) наявність особи або групи осіб, які несуть відповідальність за прийняття рішень.

Саме тому процес спільного прийняття рішень складається з декількох етапів:

- етап перед прийняттям рішення;
- етап прийняття рішення;
- етап після прийняття рішення.

На рисунку 1.2 представлений огляд процесу прийняття рішень, розділеного на три етапи.

На **першому етапі** кожен повинен висловити свою думку щодо розуміння проблеми і поставленої задачі. Цей етап допомагає отримати загальне уявлення про проблему, враховуючи різні точки зору, оскільки всі учасники мають різний досвід. Для цього, перед тим, як прийти до якогось логічного висновку щодо розуміння певних варіантів розвитку подій, необхідно створити загальну довідкову інформацію. Іншими словами, учасники повинні визначити межі та

кордони проблеми і обсяг рішень через визначення всіх характеристик прийнятого рішення.

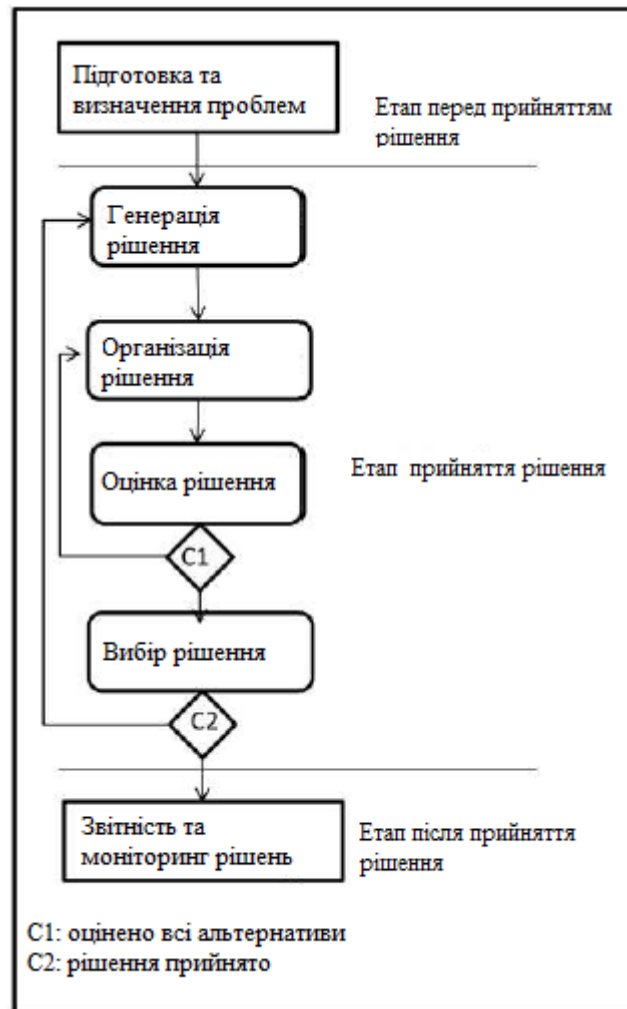


Рисунок 1.2 – Модель процесу спільного прийняття рішень

Це можна зробити шляхом розподілу ролей всім зацікавленим сторонам, обговоривши з ними можливі варіанти розвитку події при прийнятті певного рішення, визначивши використання певних технологій і точності необхідних функцій, створення порядку денного.

Саме на цьому етапі розглядається вся необхідна інформація щодо проведення процесу прийняття рішення: опис послідовності дій на кожному кроці, визначення цілей кожного кроку, визначення кількості учасників та їх обов'язків на кожному кроці, тривалість виконання завдань кожного кроку та інше.

Другий етап поділяється на чотири основних етапи: генерація ідей, організація, оцінка та вибір ідей для прийняття рішення. Кожен з цих кроків наведено нижче: [20]

- створення альтернативних рішень

На цьому етапі група пропонує індивідуальні ідеї в приватному просторі, потім колективні ідеї в громадському просторі. Кожен учасник повинен створювати ідеї, які далі розвивають і доповнюють інші учасники. Перевага цього подвійного підходу полягає в тому, щоб спонукати учасників до особистого і колективного мислення послідовним і повторюваним способом, що дає їм змогу порівнювати свої ідеї. [20]

- ідеї організації

Після того, як ідеї були сформовані, вони повинні бути організовані, щоб покращити їх розуміння, перш ніж використовувати їх в тій чи іншій формі. Крім того, оскільки досить часто ідеї повторюються, даний етап дозволяє об'єднати аналогічні варіанти, озвучені учасниками впродовж обговорення. [20]

- оцінка альтернатив

Після того, як пропозиції організовані, необхідно порівняти різні точки зору, з метою прийняття загального рішення. Кожному учаснику необхідно спочатку поставити індивідуальну оцінку, перед тим як поділитися висновками з іншими. Після цього можна обговорити свої припущення щодо ефективності обраних варіантів, щоб привести групу до точки сходження, прийнятної для всіх. [20]

Є три доступних методи оцінки:

1) Аналітичний метод, який підтримується оцінкою обмежень в залежності від середовища прийняття рішення. Прикладами є голосування і багатокритеріальна оцінка;

2) Метод порівняльної оцінки, який полягає в тому, щоб зіставити різні альтернативні варіанти один з одним, з метою визначення подібності та відмінності. Ранжування є прикладом такого типу методів;

3) Аналогічний метод оцінки, який використовує раніше отримані знання, щоб використовувати їх в поточній ситуації і оцінити ефективність рішення.

Вибір цих рішень залежить від ситуацій та людей, що приймають рішення, відповідно до їх особистих уподобань та переконань. Таким чином, може бути запропонований метод, виходячи з можливостей використовуваних засобів. [20]

Для загального розуміння відображаються результати оцінки, тобто середні значення, стандартні відхилення та інше. Ці результати інтерпретуються, і в разі отримання високих стандартних відхилень, лідер групи втручається, щоб привести повторне обговорення для досягнення консенсусу. При необхідності цей крок можна повторити до досягнення консенсусу. В цьому випадку аргументи з групи будуються або шляхом порівняння (кілька альтернатив), або за аналогією (організаційна пам'ять), або навіть по авторитету (ієрархічні причини). [20]

- рішення / вибір рішення

Цей крок полягає в тому, щоб чітко визначити і опублікувати угоди від учасників. Для цього обов'язковим етапом є переговори. Однак варто пам'ятати, що рішення залежить від контексту, тобто має сенс тільки в тому випадку, якщо ми враховуємо контекст і реальність, в якій було прийнято рішення. Наприклад, необхідно враховувати наступні елементи: цілі, обмеження, ресурси і критерії. Крім того, щоб цей загальний контекст залишався взаємно зрозумілим, рішення повинно бути зрозумілим зацікавленим сторонам. Таким чином, ці учасники мають бути повідомлені про всі зміни, що стосуються прийнятого рішення, навіть якщо вони побічно беруть участь в процесі. Перевага полягає в тому, щоб зберегти дійсність загального оперативного посилання. [20]

Третій етап є дуже важливим, тому що він дозволяє відслідковувати рішення. Моніторинг рішення полягає в реалізації плану дій для реалізації прийнятого рішення. План дій дає інформацію про людей, що беруть участь в проектах, із зазначенням їх ролей і календаря, відповідно до якого ці проекти повинні розвиватися. Моніторинг рішень також стосується капіталізації досвіду

в організації на основі створення і регулярного оновлення бази знань. Переваги цієї практики полягають в полегшенні визначення проблеми прийняття рішень, аналогічної попереднім проблемам, і в генерації можливих рішень нових проблем. Таким чином, це не регулярне накопичення інформації, а спосіб послідовно і гармонійно розвивати знання, щоб дати нове, яке включає в себе суму попередніх. [20]

Як і будь-яка модель прийняття рішень ця модель не ідеальна, але вона гнучка і адаптується в залежності від ситуацій і осіб, що приймають рішення. Однак вона дозволяє розподілити учасників, які приймають рішення, на декілька груп прийняття найефективніших рішень, в разі складного процесу, за участі великої групи людей. Таким чином створюється середовище, яке пропонує можливість керувати як процесом, так і завданням для досягнення цілей. Це сприяло б взаємному регулюванню рішень, пов'язаних з процесом, і рішень, пов'язаних із завданням, тому що і те, і інше призводить до остаточного рішення.[20]

Незважаючи на те, що деякі етапи залежать один від одного, вони не є послідовними. Наприклад, оцінка проблеми та розробка її рішень виконуються майже одночасно, що робить їх реалізацію практично паралельною. Деякі етапи виконуються асинхронно, в той час як інші вимагають синхронного виконання. Саме тому і потрібне спільне обговорення проблеми з метою узгодження синхронного здійснення етапів оцінки та вибору рішення, адже це допоможе полегшити ці кроки, заощадити час на їх виконання та зробити його ефективним.[20]

Крім того, ефективність прийняття правильного рішення залежить не лише від виконання і організації процесу, але й від автоматизованих систем, використовуваних під час реалізації діяльності груп людей. Саме автоматизовані системи допомагають скоротити тривалість виконання деяких етапів більше як на половину. Саме наявність цього розподілу системи допомагає у спільному прийнятті рішень. [20]

Отже, для правильного функціонування даної системи з метою її застосування в аеропорту необхідно забезпечити виконання дотримання наступних вимог: [21]

- будь-яке рішення про впровадження А-СДМ має бути предметом всебічних консультацій з усіма авіакомпаніями-клієнтами в аеропорту;

- набір процесів при впровадженні А-СДМ повинен бути розподілений між чітко визначеними ролями, кожна з яких має свої власні обов'язки, які чітко розуміються зацікавленими сторонами авіакомпаній і сприяють досягненню поставлених цілей впровадження;

- А-СДМ вимагає, щоб зацікавлені сторони аеропорту обмінювалися своєчасною оперативною інформацією, що дозволяє співпрацювати в ефективному управлінні операціями в аеропорту;

- реалізація А-СДМ передбачає взаємодію безлічі зацікавлених сторін, процесів і систем. Проекти такої складності вимагають з самого початку формування очікувань щодо культури безперервного поліпшення серед усіх зацікавлених сторін;

- А-СДМ призначений для підвищення загальної ефективності аеропортів і мережі за рахунок поліпшених процесів оборотності, гармонізації послідовності, управління наземним транспортом і управління вильотами.

ІСАО описує переваги СДМ як: [22]

- весь повітряний простір буде доступним як корисний ресурс, що призведе до покращеного доступу, розширення можливостей для бажаних траєкторій користувачів і, завдяки співпраці з спільнотою, до збільшення пропускної здатності;

- покращене керування наземним рухом на аеродромі забезпечить передбачуваний час вильоту і виходу на посадку, тим самим покращуючи загальну передбачуваність системи організації повітряного руху і відповідну пропускну здатність;

- покращення обміну інформацією і співпраці в співтоваристві з ОрПР максимізує пропускну здатність системи;

- покращена інформація про попит і можливості системи дозволить уникнути перевантаження системи, забезпечуючи керовані робочі навантаження;

- надання акредитованої, якісної і своєчасної інформації дозволить приймати обґрунтовані рішення;

- спільнота ОрПР буде вносити свій внесок у захист навколишнього середовища, беручи до уваги наслідки діяльності в повітряному просторі.

Висновок до Розділу 1

Планування польоту є досить складним етапом. Будь яка помилка екіпажу під час передпольотної підготовки може стати причиною збільшення статистики авіаційних подій.

Згідно з даними, що надійшли до НБРЦА, у 2019 році, під час експлуатації цивільних ПС України при виконанні пасажирських та вантажних перевезень, здійснення авіаційних робіт, навчально-тренувальних польотів та експлуатації ПС авіації загального призначення, що внесені в Державний реєстр цивільних ПС сталися: [23]

- 3 катастрофи (1 - при виконанні транспортних вантажних перевезень, 1 при виконанні авіаційно-хімічних робіт польотів та 1 з ПС авіації загального призначення);

- 3 аварії, з яких 3 під час експлуатації комерційних ПС;

- 3 серйозні інциденти;

- 37 інцидентів;

- 1 надзвичайна подія;

Крім того, за аналізований період до НБРЦА надійшла інформація про 2 катастрофи, в яких загинуло 3 особи, та 1 аварія при виконанні несанкціонованих приватних польотів літаків, які не внесені до Державного реєстру цивільних ПС. У 2019 році до НБРЦА надійшла інформація про 61 подію, що сталася на території України з іноземними цивільними повітряними суднами. [23]

З метою збереження людського життя та зменшення ризиків виникнення авіаційної події необхідно надати членам екіпажу та іншим співробітникам авіаційного персоналу доступ до аеронавігаційної інформації в простій для розуміння формі та в достатній повноті. Саме тому необхідно використовувати автоматизовану систему підготовки передпольотної інформації. Адже її застосування допоможе членам екіпажу зробити швидкий збір всієї необхідної аеронавігаційної інформації для планування польоту та забезпечити якісну підготовку до польоту. Крім того, щоб правильно оцінити повітряну ситуацію та

забезпечити безпечне виконання всіх завдань щодо запланованого рейсу, необхідно використовувати під час підготовки процес спільного прийняття рішень. Адже основним завданням даного процесу є залучення якомога більшої кількості авіаційних фахівців, кожен з яких є спеціалістом в певній сфері, задля спільної оцінки ризиків, які можуть виникнути під час польоту, та вибір оптимального рішення серед всіх альтернативних варіантів. Саме такий спосіб об'єднання всіх зацікавлених сторін допоможе скоротити час аналізу необхідної інформації та зменшить навантаження на членів екіпажу під час передпольотної підготовки.

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ СПІЛЬНОМУ ПРИЙНЯТТІ РІШЕНЬ

2.1. Прийняття рішень в умовах визначеності

Прийняття рішень в умовах визначеності – умови, при яких особа, що приймає рішення, знає з достатнім ступенем впевненості, які існують альтернативи і які умови пов'язані з кожною альтернативою.

У практиці УПР дуже рідко трапляється так, що командир повітряного судна чи співробітник із забезпечення польотів в точності знає результат кожного з альтернативних варіантів вибору.

Дуже незначна кількість прийнятих рішень приймаються в умовах визначеності. При даних умовах відомі результати альтернативних варіантів та їх ймовірності. Основним завданням членів екіпажу, авіадиспетчерів та інших співробітників аеропорту є вибір оптимального варіанту з усіх відомих.

На першому етапі формується вербальна модель задачі прийняття рішення: визначається розв'язувана проблема, мета майбутніх дій (що, за допомогою чого, де, коли і в які терміни необхідно зробити). [24]

На другому етапі визначаються умови зовнішнього і внутрішнього середовища. Елементом вербальної моделі дають кількісний опис для формалізації задачі вибору. [24]

При виборі альтернативи необхідно враховувати по можливості всі істотно впливаючі фактори, такі як ймовірність успіху, оцінка успіху, ймовірність невдачі, втрати від невдачі. [24]

Максимум користі в цьому випадку визначається за формулою (2.1) : [24]

$$Ka = (Iy \times Oy) - (In \times On), \quad (2.1)$$

де Ka - корисність альтернативи;

Iy - ймовірність успіху;

Oy - оцінка успіху;

In - ймовірність невдачі;

Он - оцінка невдачі.

При умові спільного прийняття рішень в умовах визначеності збільшується оперативність побудови послідовності дій при виборі запасного аеродрому та зменшується витрата зайвого часу на вибір доцільного варіанта. Перевага подібної ситуації в тому, що усі можливі критерії вибору вводяться співробітником із забезпечення польотів, якому відкривається можливість широкого використання кількісних методів і електронно-обчислювальних машин. Крім того, завдяки спільному прийняттю рішень, диспетчер разом з екіпажем повітряного судна та іншими співробітниками аеропорту з достатнім ступенем точності визначає результат кожного прийнятого рішення, враховуючи всі фактори при визначенні найоптимальнішого запасного аеродрому для мінімальних затрат часу та фінансів у разі виникнення особливої ситуації в польоті.

Рівень визначеності при прийнятті рішень залежить від зовнішнього середовища. Він збільшується при наявності твердої правової бази, яка обмежує кількість альтернатив і знижує рівень ризику.

В умовах визначеності критичний час на виконання дій авіадиспетчером визначається відповідно до технології дій фахівця з обслуговування повітряного руху з використанням принципів ASSIST (Acknowledge, Separate, Silence, Inform, Support, Time) за “Типовими картами дій фахівців ОПР в аварійних та непередбачуваних ситуаціях” [25], екіпажем ПС – відповідно до керівництва з льотної експлуатації певного типу ПС.

2.2. Прийняття рішень в умовах невизначеності та ризику

Прийняття рішень в умовах ризику – умови, за яких доступність кожної альтернативи, її потенційні вигоди і витрати – усі асоціюються з ризиками.

Прийняття рішень в умовах невизначеності – умови, при яких особа, що приймає рішення, не знає всіх альтернатив, ризиків, пов'язаних з кожною із них, або наслідків кожної з альтернатив.

Зовнішнє середовище (у випадку авіації – погодні умови) може перебувати в одному з переліку різних можливих станів. Якщо пронумерувати кожен з цих станів, тоді припустимо, нехай Π_i - стан погодних умов, при цьому $i = 1, \dots, n$, де n - число всіх можливих станів. Кожен з можливих станів є відомим, однак невідомим залишається конкретний стан, який виникне в умовах, коли планується прийняття певного рішення з метою виконання попередньо поставленого завдання.

Припустимо, що безліч можливих прийнятих рішень (планів) A_j не є нескінченним і дорівнює m (крайні значення A_j). Реалізація A_j плану в умовах, коли погодні умови перебувають в Π_i стані, призводить до отримання певного результату, який може бути оцінений за умови введення кількісної міри, наприклад, успіх від прийнятого рішення; втрати від прийнятого рішення, а також корисність, ризик та інші кількісні критерії.

Дані, необхідні для прийняття рішення в умовах невизначеності, зазвичай задаються в формі матриці, рядки якої відповідають можливим діям (прийнятим рішенням) A_j , а стовпці - можливим станам погодних умов S_i . Нехай кожному A_j -му прийнятому рішенням і кожному можливому S_i -му стану погодних умов відповідає результат j_i .

Таблиця 2.1 – Матриця можливих результатів при прийнятті рішень

	Π_1	Π_2	...	Π_i	...	Π_n
A_1	11	21	...	$i1$	...	$n1$
A_2	12	22	...	$i2$	...	$n2$
...
A_j	$1j$	$2j$	...	Ij	...	nj
...
A_m	$1m$	$2m$	...	Im	...	Nm

Відповідно до таблиці 2.1, математична модель задачі прийняття рішення визначається великою кількістю станів $\{Pi\}$, великою кількістю планів (стратегій) $\{Aj\}$ і матрицею можливих результатів $\|ji\|$.

З метою прийняття оптимальних рішень пілотом, диспетчером та співробітником із забезпечення польотів в умовах невизначеності необхідно використовувати ряд критеріїв: Вальда, Севіджа, Лапласа, Гурвіца.

2.2.1. Критерій Вальда

Критерій Вальда є найбільш «обережним». Відповідно до цього критерію, оптимальною альтернативою буде та, яка забезпечує найкращий результат серед усіх можливих альтернатив при найгіршому збігу обставин.

Якщо результати відображають підлягають мінімізації показники (збитки, витрати, втрати та ін.), то критерій Вальда орієнтується на "мінімакс" (мінімум серед максимальних значень втрат всіх альтернатив).

За критерієм Вальда найбільш оптимальне прийняття рішення при спільному прийнятті рішень визначається за правилом (2.2) : [26]

$$A^* = \max_{A_i} \left\{ \min_{B_j} u_{ij}(A_i, B_j) \right\}, \quad (2.2)$$

де, A^* – оцінна функція за мінімаксною умовою для матриці втрат,

$u_{ij}(A_i, B_j)$ – втрати, що відповідають альтернативі A_i і зовнішнім умовам B_j .

2.2.2. Критерій Севіджа

На відміну від інших критерій Севіджа має певну відмінність. При використанні цього критерію оцінка альтернатив проводиться не по вихідній матриці, а по так званій "матриці жалю".

Для довільної альтернативи і конкретно визначеного стану природи величина "жалю" дорівнює різниці між тим, що забезпечує дана альтернатива, і

тим, наскільки максимально можна уникнути ризиків при цьому стані. З економічної точки зору величину "жалю" можна трактувати як недоотриманий виграш (або упущену вигоду) у порівнянні з максимально можливим при даному стані природи.

Таким чином, керуючись критерієм Севіджа, найефективнішу та найбільш оптимальну альтернативу необхідно вибрати при наступних умовах. У разі виграшу елементи матриці "жалю" $r_{ij}(A_i, B_j)$ визначаються як різниця між максимальним значенням U_{ij} в рядку та іншими значеннями в рядку (2.3):

$$r_{ij}(A_i, B_j) = \Delta = \max_{A_i} u_{ij}(A_i, B_j) - u_{ij}(A_i, B_j), \quad (2.3)$$

Потім за допомогою матриці "жалю" за принципом min-max визначаються мінімальні відхилення (2.4):

$$A^* = \min_{B_j} \max_{A_i} r_{ij}(A_i, B_j), \quad (2.4)$$

де A^* – оцінна функція за критерієм Севіджа,

$r_{ij}(A_i, B_j)$ – елементи матриці ризиків, що відповідають альтернативі A_i і зовнішнім умовам B_j .

2.2.3. Критерій Лапласа

Критерій Лапласа заснований на принципі недостатнього обґрунтування. У зв'язку з тим, що в разі інформаційного підходу в умовах невизначеності ймовірності станів невідомі, то немає підстав стверджувати, що вони різні, а це означає, що цілком правильним буде припущення, що ці стани можуть бути однаковими.

За критерієм Лапласа в якості оцінки альтернативи використовується середній успіх. Оптимальною є альтернатива з максимальним середнім успіхом, що визначається за таким правилом (2.5) : [26]

$$A^* = \max_{A_i} \left\{ \frac{1}{m} \sum_{j=1}^n u_{ij}(A_i, B_j) \right\}, \quad (2.5)$$

де A^* – оцінна функція за критерієм Лапласа,
 m – кількість можливих станів природи.

Середнє значення дуже часто застосовується в умовах невизначеності і навіть ризику, однак воно не враховує те, наскільки результати будуть відрізнятися від певного середнього значення, що може призвести до вибору найбільш ризикованого варіанту.

2.2.4. Критерій Гурвіца

Критерій Гурвіца охоплює кілька різних підходів до прийняття рішень - від самого оптимістичного до самого песимістичного (консервативного). Оптимальне рішення критерію Гурвіца визначається за правилом (2.6):

$$A^* = \max_{A_i} \left\{ \alpha \max_{B_j} u_{ij}(A_i, B_j) + (1 - \alpha) \min_{B_j} u_{ij}(A_i, B_j) \right\}, \quad (2.6)$$

де α – індекс оптимізму ($0 \leq \alpha \leq 1$).

Аналізуючи дану формулу, можемо зробити висновки, що правильний вибір коефіцієнта оптимізму α має істотний вплив на результат застосування критерію.

Логіка підбору α полягає в наступному:

- якщо людина, яка приймає рішення, налаштована песимістично, то для неї важливіше менше втратити при поганому розвитку подій, навіть якщо це означає не такий великий успіх при вдалому виконанні завдання. Таким чином, питома вага найгіршого результату в оцінці альтернативи повинна бути вищою, ніж для найкращого. Це забезпечується при умові, коли α знаходиться в межах від 0 до 0.5 включно;

- при $\alpha = 0$ критерій Гурвіца починає частково перетворюватися в критерій Вальда і його можна використовувати лише для дуже песимістично налаштованих людей, які приймають рішення;

- оптимістично налаштована людина, що приймає рішення, навпаки, зосереджується на отриманні кращих результатів, так як для неї важливішим чинником є більший успіх, ніж менші втрати. Найбільша питома вага в оцінці

найкращого результату досягається при α більше 0.5 і до 1 включно. При $\alpha = 1$ критерій Гурвіца стає критерієм Вальда, який, без виключень, визначає лише найбільший результат кожної альтернативи;

- якщо людина, яка приймає рішення вибирає нейтральний варіант, тобто ні песимістичний, ні оптимістичний, тоді коефіцієнт α вважається рівним 0.5.

2.3. Метод експертних оцінок

Експертна оцінка – метод пошуку і результат застосування методу, отриманий на підставі використання власної думки одного експерта або колективної думки групи експертів, що зазвичай складається з 5-7 осіб.

Експерт – компетентна особа, яка має спеціальний досвід щодо питання, яке розглядається в конкретній галузі, та яка приймає участь в дослідженні в ролі джерела отримання необхідної інформації. З метою отримання максимально корисного результату, в якості експертів необхідно використовувати групу людей, чиї судження допоможуть прийняттю адекватного рішення. Крім того, під час вибору експертів необхідно обирати тих людей, які можуть об'єктивно оцінити ситуацію, оскільки важливо брати до уваги небезпеку особистої зацікавленості в тому чи іншому прийнятті рішення, яка може стати суттєвою перешкодою на шляху до прийняття правильного рішення. При підборі експертів важливим критерієм є їх формальний професійний статус – посада, науковий ступінь, стаж роботи та інші чинники.

Методи експертних оцінок – це методи організації роботи з фахівцями-експертами і обробки їхніх думок, з метою отримання оцінки та прогнозування майбутніх дій.

Сутність методів експертних оцінок полягає в тому, що основою прийнятого рішення чи прогнозу є думка експерта чи групи експертів, заснована на їх знаннях і практичному професійному досвіді, з урахуванням дотримання правил чесності та об'єктивності.

Спочатку для групи експертів проводиться опитування щодо певної проблеми. Після цього здійснюється обробка результатів, вихідною інформацією для якої є числові дані, які виражають переваги експертів, і змістовне обґрунтування цих переваг, з метою отримання узагальнених даних, а також нової інформації від експертів, та формування вирішення проблеми. Наявність, як числових даних, так і змістовних висловлювань експертів призводить до необхідності застосування якісних і кількісних методів обробки результатів групового експертного оцінювання. Важливість цих методів залежить від кількості та класу проблем, що вирішуються експертним оцінюванням.

Основними завданнями під час обробки результатів опитування групи експертів є [27]:

- а) побудова узагальненої оцінки проблеми на основі індивідуальних оцінок експертів;
- б) побудова узагальненої оцінки на основі парного порівняння проблем кожним експертом;
- в) визначення важливості проблеми;
- г) визначення узгодженості думок експертів;
- д) визначення залежностей між ранжуваннями;
- е) оцінка надійності результатів обробки.

Для підготовки прийняття рішення, необхідно використовувати одержану від експертів інформацію в такій формі, яку було б зручно аналізувати в подальшому оцінюванні проблеми. Дуже важливо, щоб така форма подання інформації була доступною.

Існує декілька способів вимірювання досліджуваних об'єктів на основі отриманої інформації:

- ранжування – це розташування об'єктів в порядку зростання або зменшення будь-якої притаманної їм властивості. Ранжування дозволяє вибрати з досліджуваної сукупності факторів найважливіший і розташувати певні критерії вибору в порядку переваги;

- парне порівняння – це визначення переваги певних досліджуваних об'єктів при порівнянні всіх можливих пар. На відміну від ранжирування, тут не потрібно впорядковувати всі об'єкти, необхідно в кожній з пар виявити більш значимий об'єкт або встановити їх рівність. Парне порівняння можна проводити при великому числі об'єктів, а також в тих випадках, коли відмінність між об'єктами настільки незначна, що їх ранжування є практично нездійсненним;

- безпосередня оцінка. Часто буває бажаним не тільки впорядкувати (ранжувати об'єкти аналізу), але й визначити, на скільки один фактор є важливішим, ніж інші. В цьому випадку діапазон зміни характеристик об'єкта розбивається на окремі інтервали, кожному з яких приписується певна оцінка (бал), наприклад, від 0 до 10. Саме тому метод безпосередньої оцінки іноді називають також бальним методом.

Для аналізу проблеми, що ґрунтується на результатах оцінок групи експертів, необхідно виконати наступні завдання:

- а) визначити мету дослідження;
- б) визначити необхідний склад групи експертів, враховуючи рівень підготовки кожного з них;
- в) створити групу експертів;
- г) визначити у який спосіб буде відбуватись проведення опитування;
- д) розробити програму обстеження і анкети опитування;
- е) провести опитування обраної групи експертів;
- є) зібрати та проаналізувати інформацію, отриману від експертів;
- ж) підбити підсумки отриманих результатів експертизи, зробити певні висновки та визначити можливі варіанти вирішення проблеми з метою досягнення поставленої мети.

Експертні методи поділяються на дві групи (рис. 2.1):

- індивідуальні;
- колективні.



Рисунок 2.1 – Основні види методів експертних оцінок

Методи індивідуальних експертних оцінок базуються на використанні в якості джерела інформації думки однієї людини. До даної групи належать: метод інтерв'ю, метод анкетного опитування, аналітичний метод.

Метод інтерв'ю. Основна особливість даного методу полягає в тому, що людина, яка задає питання, і експерт знаходяться в безпосередньому контакті. Необхідна інформацію намагаються отримати в ході бесіди. Напрямок бесіди задає інтерв'юер по заздалегідь складеним питанням щодо перспектив розвитку прогнозного об'єкта. Йому належить ведуча роль в проведенні бесіди. Експерт виступає в ролі джерела прогнозованої інформації.

Є три основні форми проведення інтерв'ю: вільна бесіда; інтерв'ю за типом питання-відповідь; інтерв'ю в формі перехресного допиту (остання форма інтерв'ю здійснюється із залученням декількох інтерв'юерів, як правило двох. Вони прагнуть отримати максимум інформації щодо проблеми, одночасно перевіряючи її на несуперечливість).

Перевага даного методу інтерв'ю полягає в тому, що безпосередній контакт експерта і інтерв'юера дозволяє направити бесіду в потрібному напрямку.

Недоліки методу:

- вплив на прогностні оцінки суб'єктивних факторів (наприклад, психологічний тиск інтерв'юера на експерта);

- не кожен експерт може робити експромтом хороші і грамотні висновки.

Метод анкетного опитування. Для отримання інформації експерту пропонується для заповнення анкета, яка містить набір питань, кожне з яких логічно пов'язане з центральним завданням дослідження. Анкета заповнюється експертами самостійно, тому всі питання повинні бути сформульовані гранично ясно і однозначно.

Залежно від цілей дослідження при складанні анкет використовуються питання двох видів: відкриті і закриті. У формулюванні закритих питань містяться можливі варіанти відповідей. На питання відкриті (вільні) відповіді експертом можуть бути дані в будь-якій формі.

Перевага відкритих питань – можливість виявити за допомогою експерта нові, оригінальні варіанти вирішення проблеми, а їх недолік – трудомісткість аналізу відповідей, так як можливий широкий діапазон відповідей і важко сформулювати загальну групову думку.

Таким чином, використання анкет з питаннями закритого типу обґрунтовано, коли необхідно отримати узгоджену позицію експертів, і небажано, коли прогнозується складний процес, у якого може бути декілька варіантів, шляхів розвитку.

Анкетування може бути очним і заочним. Плюси заочного анкетування – можливість залучення експертів, які живуть в різних містах, менше навантаження на організаторів. Мінуси – можливе неправильне тлумачення питань, затягування з відповідями. Мінус очного анкетування – вплив організаторів на експерта.

Аналітичний метод передбачає проведення експертом логічного аналізу будь-якої прогностної ситуації, і його результатом є аналітична доповідна записка. Він передбачає самостійну роботу експерта над аналізом тенденцій, стану і шляхів розвитку прогностного об'єкта.

Таким чином, основні переваги методу індивідуального експертного оцінювання полягають в їх оперативності, можливості в повній мірі використовувати індивідуальні здібності експерта, відсутність тиску з боку авторитетів. Недоліками виступає обмеженість знань, інформації експертів з суміжних сфер діяльності.

Методи колективних експертних оцінок передбачають отримання загальної думки в ході спільного обговорення вирішуваної проблеми. Вони включають: метод колективної генерації ідей, метод Дельфі, метод експертних комісій та інші.

Метод колективної генерації ідей («мозкової атаки», «мозкового штурму») являє собою спосіб отримання прогнозних оцінок в ході спільного обговорення як результату колективної творчості людей. Він включає два елементи: виявлення імовірнісних варіантів розвитку об'єкта прогнозування і їх оцінку.

Слід виділити шість головних правил проведення «мозкової атаки»:

- забороняється будь-яка критика пропонованих ідей на початкових етапах;
- час одного виступу обмежений (1-2 хвилини);
- допустимі багаторазові виступи одного і того ж учасника;
- пріоритет виступу має експерт, що розвиває думку попереднього учасника;
- обов'язкова фіксація всіх висловлених ідей;
- оцінка ідей, запропонованих на попередніх етапах.

Метод «мозкової атаки» складається з шести етапів:

1 етап – формування групи учасників «мозкової атаки» (за чисельністю і складом). Число учасників може бути різним у залежності від складності об'єкта прогнозування. Досвід показує, що найбільш продуктивні групи в 10-15 учасників. Група учасників може складатися з осіб одного рангу, якщо вони знають один одного, і з осіб різного рангу, якщо учасники не знайомі. Спеціалізація учасників в області об'єкта прогнозування необов'язкова, навіть рекомендується на першому етапі залучати фахівців з різних галузей знань, які знаються на питаннях об'єкта прогнозування.

2 етап – складання проблемної записки. Проблемна записка складається робочою групою (організаторами опитування) і містить два описи: опис самого методу «мозкової атаки», його правил, прийомів; опис проблемної ситуації, яка містить розкриття причин виникнення проблеми, їх аналіз, можливі наслідки проблемної ситуації, аналіз світового досвіду вирішення проблеми (якщо він є), деякі статистичні показники, що характеризують об'єкт прогнозування, розкриття цілей, які переслідують організатори опитування.

3 етап – генерація ідей або безпосередньо опитування експертів. Цей етап починається з того, що ведучий розкриває зміст проблемної записки, концентрує увагу експертів на розв'язуваних питаннях, на правилах проведення методу. Активна роль ведучого передбачається тільки на початку 3-го етапу. Після підйому активності учасників процес висунення ідей йде спонтанно. Третій етап по часу повинен займати від 20 хвилин до 1 години в залежності від активності експертів. Доцільно записувати всі висловлювання.

4 етап – систематизація ідей, висловлених на третьому етапі. Послідовність: а) складається номенклатурний перелік усіх висловлених ідей; б) визначаються дублюючі і доповнюють ідеї, які об'єднуються і формуються у вигляді однієї комплексної ідеї; в) складається перелік ідей по групах. У кожній групі ідеї розташовуються від більш загальних до приватних. Це робиться робочою групою (організатором опитування).

5 етап – критика (руйнування) систематизованих ідей. На цьому етапі склад експертів змінюється, рекомендується залишити невелике число осіб (5-8), найбільш висококваліфікованих в даній області. Експертам повідомляються результати четвертого етапу і пропонується висловитися з критичними зауваженнями з питання практичної реалізації висловлених ідей. Найбільш цінними на даному етапі є контрідії, висловлені слідом за проведеною критикою. Рекомендації по тривалості п'ятого етапу – не більше 1,5 годин. Даний етап триває доти, доки кожна з систематизованих груп ідей не зазнає критики.

6 етап – оцінка критичних зауважень і складання списку практично прийнятних ідей. Робоча група відбирає ті ідеї, які не піддалися критиці на

п'ятому етапі, або найбільш цікаві контрідії, які і закладаються в основу розробки прогнозу.

Перевагами цього методу є можливість отримання результату за короткий проміжок часу і можливість залучення в творчий процес одночасно великої кількості експертів.

Метод Дельфі - один з найбільш поширених інтуїтивних методів прогнозування. Він дозволяє узагальнити думки експертів і сформулювати єдину групову думку. Оцінка майбутнього розвитку обговорюється в формі відповідей на питання, поставлені учасникам по кілька разів.

Цей метод має три особливості:

а) анонімність експертів, тобто учасники не знайомі, а якщо знайомі, то не знають, що вони учасники;

б) багатоетапна процедура опитування експертів за допомогою їх анкетування;

в) використання результатів попереднього туру.

В результаті обробки анкет експертів організаторами формується колективна думка. Ця інформація повідомляється експертам, їх просять переосмислити свої висловлювання і в разі незгоди пояснити причини цього. Дана процедура повторюється 3-4 рази, з метою звуження діапазону експертних висновків. Статистична характеристика групової відповіді полягає в тому, що організатори складають прогноз, що містить точку зору більшості експертів.

Етапи методу Дельфі:

1 етап – визначається колектив експертів, їм розсилається перший варіант питань в спеціально складених анкетах;

2 етап – після збору і отримання анкет виділяються ті варіанти, за які висловилися більшість. Організатори оцінюють за допомогою системи балів варіанти за певною схемою;

3 етап – всі учасники отримують результати другого туру, і їх просять подумати над питанням і, якщо вважатимуть за потрібне, змінити свою думку (в даному випадку видається анкета іншого виду);

4 етап – організатори збирають анкети і обробляють їх. Експертам знову видаються анкети з тим же питанням за формою 3-го етапу. Завдання організаторів – домогтися звуження діапазону висловлювань експертів, щоб чітко виділити одне, за яке проголосує більшість. Кількість етапів може бути 5-6, якщо оцінки експертів не змінюються, то опитування припиняється.

Даний метод має такі недоліки: неможливо врахувати вплив, який чиниться організаторами на експертів при складанні анкет; великі витрати часу і коштів.

Метод експертних комісій заснований на відкритій дискусії щодо обговорюваної проблеми для вироблення єдиної думки експертів. Дискусія відбувається за круглим столом, рекомендована кількість учасників 15-20. Для отримання оцінки даним методом створюється робоча група, яка здійснює призначення експертів, проведення опитування, обробку матеріалів, аналіз результатів колективної експертної оцінки.

В процесі роботи уточнюються основні напрямки розвитку об'єкта, складається матриця, що відображає генеральну мету, додаткові цілі та засоби їх досягнення, тобто напрямки наукових досліджень і розробок, результати яких можуть бути використані для досягнення мети.

Далі розробляються питання для експертів, зміст яких визначається специфікою прогнозованого об'єкта. Опитування експертів і статистична обробка матеріалів характеризують узагальнену думку і ступінь узгодженості індивідуальних оцінок експертів. Отримані дані служать вихідною базою для синтезу прогнозних гіпотез і варіантів розвитку досліджуваного явища або процесу. Результат являє собою сукупність оцінок відносної важливості, призначених експертами для кожного з оцінюваних напрямків дослідження, і розробок, що виражаються в балах і приймають значення від 0 до 1, від 0 до 10, від 0 до 100 і т.д. Ці оцінки з певного питання зводяться в таблиці, рядки якої відповідають напрямкам дослідження, а стовпці – порядковими номерами експертів.

Перевага методу експертних комісій полягає в можливості зростання інформованості експертів, так як під час обговорення вони обмінюються точками зору, що сприятливо впливає на точність прогнозу.

До недоліків можна віднести наступні фактори:

- група експертів в своїх судженнях керується логікою компромісу;
- відсутність анонімності може привести до того, що експерти віддадуть свої голоси більш компетентним, авторитетним особам при своїй відмінній думці і в підсумку дискусія може звестися до полеміки авторитетів;
- істотним чинником при висловленні колективної думки може стати активність деяких експертів, які не є найбільш авторитетними;
- в результаті відсутності анонімності деякі експерти можуть не побажати змінювати свою думку в результаті того, що вони її вже висловили публічно, хоча більшості вдалося їх переконати.

Таким чином, група методів колективних експертних оцінок заснована на тому, що при колективному мисленні, по-перше, вища точність результату і, по-друге, при обробці індивідуальних незалежних оцінок, що виносяться експертами, можуть виникнути продуктивні ідеї.

Отже, методи експертних оцінок є надзвичайно важливими з точки зору економіки. Застосування цих методів дає можливість визначити, наприклад, економічність та безпечне виконання певного рейсу по запропонованому маршруту, на відміну від інших методів аналізу, які є не достатньо ефективними у зв'язку з відсутністю необхідної інформації.

У сфері маркетингу метод експертних оцінок можна використовувати для розробки прогнозів структури попиту на пасажирські та вантажні перевезення; визначення груп потенційних клієнтів, визначення найоптимальніших маршрутів польоту; а також для оцінки статистики певних груп людей, які були незадоволені використанням авіаційних послуг для своїх потреб.

Висновок до Розділу 2

Швидке прискорення розвитку авіації та збільшення конкуренції на ринку авіаційних послуг, а також вплив погодних умов, як один з основних факторів успіху щодо виконання польоту, вимагають прийняття певних рішень. Рішення, які приймаються в процесі авіаційної діяльності пов'язані з певним ступенем розвитку прийняття помилкового рішення, що в свою чергу призведе до зниження результатів в діяльності авіакомпанії. З метою прийняття найоптимальнішого рішення та виконання поставлених цілей, а також мінімізувати ступінь ризику необхідно автоматизувати процес прийняття рішень там здійснювати оцінку ефективності прийняття таких рішень.

Процес прийняття рішення відбувається в умовах невизначеності, що ускладнює даний процес і знижує ефективність прийнятого рішення. Умови невизначеності виникають, коли тому, хто приймає рішення, відомі декілька альтернативних варіантів та їх можливі наслідки, але ймовірність отримання результату невідома або немає сенсу. Крім того невизначеність виникає через недостатність інформації, її недостовірність, що робить неможливим визначення пріоритетних напрямів і прийняття на цій основі ефективних рішень.

В даному розділі описанні основні критерії, які використовуються під час прийняття рішень в умовах невизначеності. Вони включають: критерій Вальда (максимінний), критерій Севіджа (мінімаксний), критерій Лапласа (принцип недостатнього обґрунтування), критерій Гурвіца (узагальненого максиміну, тобто від песимізму до оптимізму).

Крім того, описується метод експертних оцінок, що застосовується на будь-якому етапі дослідження: у визначенні мети і завдання самого дослідження, в побудові і перевірці гіпотез, при виявленні проблемних ситуацій, в ході інтерпретації будь-яких процесів, подій або фактів, для обґрунтування адекватності використовуваного інструментарію, в процесі вироблення рекомендацій та в ситуаціях, коли вибір, обґрунтування і оцінка рішень не можуть бути виконані на основі точних розрахунків.

РОЗДІЛ 3. ІНТЕГРОВАНА МОДЕЛЬ СПІЛЬНОГО ПЕРЕДПОЛЬОТНОГО ОЦІНЮВАННЯ АЕРОНАВІГАЦІЙНИХ ДАНИХ НА ПРИКЛАДІ ВИБОРУ ЗАПАСНОГО АЕРОДРОМУ

3.1 Вимоги до вибору запасного аеродрому

Аеродром може бути обраний в якості запасного при дотриманні наступних умов:

- метеорологічні умови на аеродромі і його технічний стан в розрахунковий час використання відповідають встановленим вимогам;
- аеродром є придатним для посадки конкретного типу ПС;
- командир ПС пройшов необхідну підготовку і має діючий допуск до виконання польотів на даний аеродром.

Як придатний для посадки може використовуватися аеродром, на якому характеристики повітряного судна дозволяють виконати безпечну посадку і на якому є світлотехнічне обладнання, засоби зв'язку, метеорологічне і аварійно-рятувальне забезпечення, навігаційні засоби, а також хоча б одна схема заходу на посадку за приладами .

Запасний аеродром – це аеродром, куди може слідувати повітряне судно в тому випадку, якщо:

- неможливо або недоцільно прямувати до аеродрому визначеної посадки або виконувати на ньому посадку,
- на аеродромі є необхідні види і засоби обслуговування, що відповідають технічним характеристикам повітряного судна,
- аеродром знаходиться в робочому стані в очікуваний час використання.

До запасних відносяться такі аеродроми:

- запасний аеродром під час зльоту;
- запасний аеродром на маршруті;
- запасний аеродром пункту призначення.

Запасний аеродром під час зльоту – запасний аеродром, на якому повітряне судно може виконати посадку, якщо в цьому виникне потреба невдовзі після зльоту і не буде можливості використати аеродром зльоту. [28]

Запасним аеродромом під час зльоту повинен бути вибраний аеродром, який розташований на відстані від аеродрому вильоту в межах: [28]

- однієї години польоту на розрахунковій крейсерській швидкості з одним двигуном, що відмовив, відповідно до КЛЕ ПС у штильових умовах для дводвигунних ПС;

- двох годин польоту на розрахунковій крейсерській швидкості з одним двигуном, що відмовив, відповідно до КЛЕ ПС у штильових умовах для три- або чотиривигунних ПС;

- часу відходу ETOPS, але не більше двох годин польоту на розрахунковій крейсерській швидкості з одним двигуном, що відмовив, відповідно до КЛЕ ПС у штильових умовах.

Якщо в КЛЕ ПС не вказані крейсерські швидкості польоту з одним двигуном, що відмовив, то для розрахунку береться швидкість, яка може бути досягнута при встановленні двигунам, що працюють, максимального режиму, на який немає обмежень за часом використання, відповідно до КЛЕ ПС.

Запасний аеродром на маршруті – запасний аеродром, на якому повітряне судно зможе здійснити посадку в тому випадку, якщо під час польоту за маршрутом виявилось, що необхідно здійснити посадку на запасному аеродромі.[28]

Командир ПС може вибрати запасний аеродром за маршрутом польоту на випадок погіршення метеорологічних умов за маршрутом або на аеродромі призначення, відмов авіаційної техніки і інших непередбачених обставин. При цьому метеорологічні умови на запасному аеродромі на маршруті повинні відповідати таблиці 3.1. [28]

Запасний аеродром пункту призначення – запасний аеродром, на якому повітряне судно зможе здійснити посадку в тому випадку, якщо неможливо або недоцільно проводити посадку на аеродромі визначеної посадки.

Командир ПС повинен вибрати два запасні аеродроми для аеродрому призначення у разі, якщо метеоумови на аеродромі призначення не відповідають вимогам або метеорологічна інформація по аеродрому призначення відсутня.[28]

При прийнятті рішення на виліт розрахункова кількість палива на борту ПС на ВПР аеродрому призначення повинна бути достатньою для польоту до більш віддаленого з вибраних запасних аеродромів. [28]

Запасним аеродромом для аеродрому призначення для польотів за ППП може бути вибраний аеродром, якщо на ньому прогнозована погода в період, що починається за одну годину до розрахункового часу прибуття і закінчується через одну годину після нього, вказує на те, що погодні умови будуть не нижчими за заплановані мінімуми відповідно до таблиці 3.1. [28]

Таблиця 3.1 – Заплановані мінімуми для запасного аеродрому

Запланований тип заходження на посадку на запасному аеродромі:	Метеоумови на запасному аеродромі:
Категорія II та III	Дальність видимості на ЗПС (RVR) відповідає категорії I (ВНМХ не враховується)
Категорія I	Відповідає мінімуму для неточної системи заходження на посадку за дальністю видимості на ЗПС (RVR) і ВНМХ рівна або вища MDA /MDH)
Неточна система заходження на посадку	Дальність видимості на ЗПС (RVR) на 1000 м, ВНМХ на 60 метрів (200 футів) вища за мінімум для неточної системи
Заходження на посадку з кола/візуальне заходження	Відповідає мінімуму для заходження на посадку з кола/візуальному заходженню

Крім того, аеродром, з якого виконується виліт повітряного судна, також може бути запасним аеродромом на маршруті або запасним аеродромом пункту призначення для даного повітряного судна. [28]

3.2. Алгоритм визначення оптимального запасного аеродрому методом експертних оцінок

Алгоритм пошуку оптимального запасного аеродрому для літака типу Ан-26:

1. Формування набору альтернативних рішень $\{A\}$:

$$\{A\} = \{A_{\text{Априб}} \cup A_{\text{Авідп}} \cup \{A_{\text{ЗА}}\}\} = \{A_1, A_2, \dots, A_i, \dots, A_n\},$$

де $A_{\text{Априб}}$ - альтернативне рішення про здійснення посадки на аеродромі призначення $A_{\text{приб}}$;

$A_{\text{Авідп}}$ - альтернативне рішення про здійснення посадки на аеродромі вильоту $A_{\text{відп}}$;

$\{A_{\text{ЗА}}\}$ - сукупність запасних аеродромів ЗА

2. Формування сукупності факторів (природних станів) $\{\lambda\}$, що впливають на рішення у разі вибору запасного аеродрому:

$$\{\lambda\} = \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_j, \dots, \lambda_m,$$

де λ_1 – віддаленість ЗА;

λ_2 – наявність палива на борту ПС;

λ_3 – тактико-технічні характеристики ЗПС (ТТХ ЗПС);

λ_4 – метеорологічні умови ЗА;

λ_5 – система заходження на посадку;

λ_6 – світлотехнічна система заходження на посадку;

λ_7 – навігаційні засоби підходу.

3. Формування набору можливих результатів $\{U\}$, що впливають на альтернативне рішення при виборі ЗА:

$$\{U\} = U_{11}, U_{12}, \dots, U_{ij}, \dots, U_{nm},$$

де U_{ij} - можливі результати, які були визначені методом експертних оцінок за рейтинговими шкалами відповідно до нормативних актів.

4. Формування матриці рішення $M = \| M_i \|$ (Таблиця 3.2).

Таблиця 3.2 – Матриця можливих ПР при виборі оптимального ЗА

Альтернативні рішення		Фактори, що впливають на прийняття рішення					
		λ_1	λ_2	...	λ_j	...	λ_m
A_1	$A_{\text{приб}}$	u_{11}	u_{12}	...	u_{1j}	...	u_{1n}
A_2	$A_{\text{відп}}$	u_{21}	u_{22}	...	u_{2j}	...	u_{2n}
...
A_i	$A_{\text{ЗА}}$	u_{i1}	u_{i2}	...	u_{ij}	...	u_{in}
...
A_n	$A_{\text{ЗА}}$	u_{n1}	u_{n2}	...	u_{nj}	...	u_{nn}

5. Вибір оптимального запасного аеродрому у разі вимушеної посадки здійснюється методами прийняття рішень в умовах невизначеності (табл. 3.3). Вибір критерію прийняття рішень в умовах невизначеності проводиться відповідно до типу польоту та включає:

- а) критерій Вальда (В);
- б) критерій Лапласа (Л);
- в) критерій Гурвіца (Г);

г) критерій Севіджа (С).

Таблиця 3.3 – Матриця можливих результатів рішень із введеними даними

Альтернативні Рішення		Фактори, що впливають на прийняття рішення						
		Віддаленість ЗА	Наявність палива на борту ПС	ТТХ ЗПС	Метеорологічні умови	Система заходження на посадку	Світлотехнічна система заходження на посадку	Навігаційні засоби підходу
A1	A _{Авідп}	U11	U12	U13	U14	U15	U16	U17
A2	A _{Априб}	U21	U22	U23	U24	U25	U26	U27
A3	A _{ЗА1}	U31	U32	U33	U34	U35	U36	U37
A4	A _{ЗА2}	U41	U42	U43	U44	U45	U46	U47
A5	A _{ЗА3}	U51	U52	U53	U54	U55	U56	U57
A6	A _{ЗА4}	U61	U62	U63	U64	U65	U66	U67

Критерій Вальда заснований на принципі "консервативного ставлення" і застосовується, якщо необхідно знайти гарантоване рішення у випадку первинного польоту:

Він базується на обережній поведінці людини, яка приймає рішення, і зводиться до вибору найкращих альтернатив з гірших. Найкраще рішення для критерію Вальда визначається правилом:

$$A^* = \max_{A_i} \left\{ \min_{B_j} u_{ij}(A_i, B_j) \right\} \quad (3.1)$$

Критерій Лапласа базується на принципі "недостатньої причини" і застосовується у випадку регулярного польоту:

$$A^* = \max_{A_i} \left\{ \frac{1}{m} \sum_{j=1}^n u_{ij}(A_i, B_j) \right\} \quad (3.2)$$

Критерій Гурвіца використовує коефіцієнт песимізму-оптимізму α ($0 < \alpha < 1$) і застосовується у випадку польоту раз на 2 тижні:

$$A^* = \max_{A_i} \left\{ \alpha \max_{B_j} u_{ij}(A_i, B_j) + (1 - \alpha) \min_{B_j} u_{ij}(A_i, B_j) \right\} \quad (3.3)$$

Оптимальне рішення для критерію Севіджа можна знайти, використовуючи матрицю “жалю”. У разі виграшу елементи матриці “жалю” r_{ij} (A_i, λ) визначаються як різниця між максимальним значенням U_{ij} в рядку та іншими значеннями в рядку:

$$r_{ij}(A_i, B_j) = \Delta = \max_{A_i} u_{ij}(A_i, B_j) - u_{ij}(A_i, B_j) \quad (3.4)$$

Після цього за допомогою матриці “жалю” за принципом min-max визначаються мінімальні відхилення:

$$A^* = \min_{B_j} \max_{A_i} r_{ij}(A_i, B_j) \quad (3.5)$$

Таким чином, група людей, що приймають рішення, висловлюють за допомогою матриці r_{ij} своє «жаління», якщо вони не можуть прийняти найкраще рішення за умови λ_j . Приймаючи це рішення, особи, які приймають рішення, мають гарантію, що в найгірших умовах отриманий дохід буде не нижче знайденого доходу.

Розглянемо рей, побудований за допомогою онлайн-програми «Free Map Tools» [29] з аеродрому Харків до Львова на літаку АН-26 з можливими альтернативними рішеннями щодо здійснення посадки на запасних аеродромах у разі погіршення метеорологічних умов в містах: Бориспіль, Київ, Рівне та Вінниця (рис. 3.1). Вибираємо параметри ризику та відповідний коефіцієнт для кожного можливого запасного аеродрому, які будуть використовуватися як основа нашого дослідження.

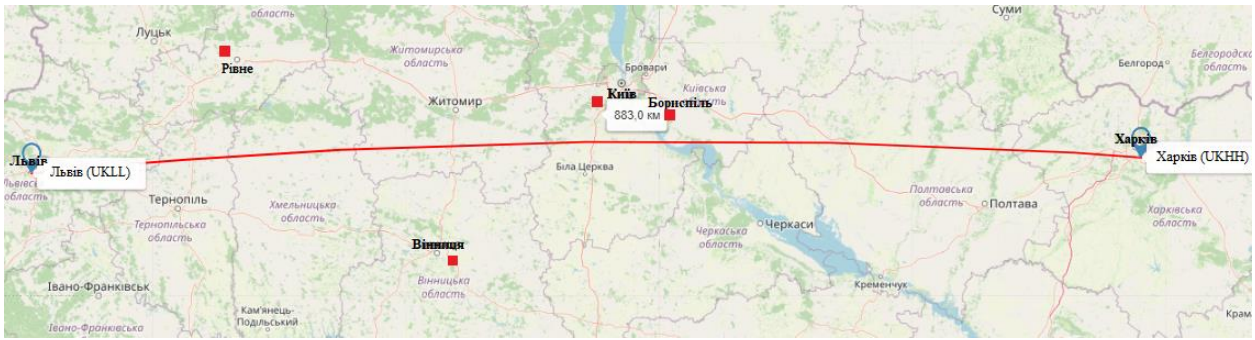


Рисунок 3.1 – Зображення маршруту Харків-Львів на карті

На рис. 3.1 точки аеродрому вильоту та аеродрому прибуття позначені блакитним кольором, запасні аеродроми – червоним.

В таблиці 3.4 введено такі параметри: віддаленість ЗА, наявність палива на борту ПС, технічні характеристики ЗПС, метеорологічні умови ЗА, система заходження на посадку, світлотехнічна система заходження на посадку, навігаційні засоби підходу.

Таблиця 3.4 – Матриця можливих результатів рішень із параметрами завдання

Альтернативні Рішення		Фактори, що впливають на прийняття рішення						
		Наявність палива на борту ПС	Віддаленість ЗА	ТТХ ЗПС	Метеорологічні умови	Система заходження на посадку	Світлотехнічна система заходження на посадку	Навігаційні засоби підходу
A1	Харків	10	1	7	7	8	10	10
A2	Львів	2	3	6	8	9	10	9
A3	Київ	6	9	5	5	9	8	7
A4	Бориспіль	6	9	10	6	9	10	10
A5	Рівне	4	6	9	9	7	8	7
A6	Вінниця	5	9	8	8	6	8	7

Вибір критеріїв прийняття рішень в умовах невизначеності під час вибору ЗА для операції повернення та у випадку погіршення метеорологічних умов на етапі планування передпольотної інформації:

Критерій Вальда. Використовуючи критерій Вальда кожна дія оцінюється за найгіршим станом для цієї дії і найоптимальнішою є та, яка призводить до найкращого з найгірших станів. Даний критерій використовує оціночну функцію, що відповідає позиції крайньої «обережності». Оптимальне рішення за критерієм Вальда визначається за максимінним правилом, забезпечує гарантійний результат і повністю виключає ризик.

Отримане рішення дає гарантований результат – найкраще рішення з найгірших альтернатив, A^*_4 – Бориспіль.

$$A^*_i = \max_i \min_j \{U_{ij}\} = \max \{A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6\} = \max \{1, 2, 5, 6, 4, 5\} = A^*_4 = 6,$$

$$\text{де } A^*_1 = \min\{10, 1, 7, 7, 8, 10, 10\} = 1;$$

$$A^*_2 = \min\{2, 3, 6, 8, 9, 10, 9\} = 2;$$

$$A^*_3 = \min\{6, 9, 5, 5, 9, 8, 7\} = 5;$$

$$A^*_4 = \min\{6, 9, 10, 6, 9, 10, 10\} = 6;$$

$$A^*_5 = \min\{4, 6, 9, 9, 7, 8, 7\} = 4;$$

$$A^*_6 = \min\{5, 9, 8, 8, 6, 8, 7\} = 5.$$

Критерій Лапласа. Якщо ймовірності станів метеорологічних умов правдоподібні, для їхньої оцінки використовується критерій Лапласа, згідно з яким всі стани погоди вважаються рівно ймовірними.

Цей критерій застосовується у випадках, якщо людина часто приймає рішення або якщо всі фактори вважаються рівними. Критерій Лапласа є критерієм недостатнього обґрунтування і доцільний в випадках регулярного рейсу, тобто коли ризик мінімальний. Оптимальне рішення в даному випадку визначається за правилом:

$$A^* = \max_{A_i} \left\{ \frac{1}{m} \sum_{j=1}^n u_{ij}(A_i, B_j) \right\} = \max \left\{ \frac{10+1+7+7+8+10+10}{7}, \frac{2+3+6+8+9+10+9}{7} \right\},$$

$$\left\{ \frac{6+9+5+5+9+8+7}{7}, \frac{6+9+10+6+9+10+10}{7}, \frac{4+6+9+9+7+8+7}{7}, \frac{5+9+8+8+6+8+7}{7} \right\} = \max\{7.57, 6.71, 7.0, 8.57, 7.14, 7.29\} = 8.57 = A_4^*,$$

де $n = 7$ – кількість факторів, що впливають на вибір аеродрому.

Оптимальним рішенням є A_4^* – аеродром Бориспіль, тобто мінімум капітана ПС дозволяє здійснювати посадку при очікуваному погіршенні метеоумов:
 $A_4^* = \max\{7.57, 6.71, 7.0, 8.57, 7.14, 7.29\} = 8.57$

Критерій Севіджа. Критерій мінімального ризику Севіджа орієнтує статистику на найбільш несприятливі стани природи, тобто виражає песимістичну оцінку ситуації. Використовуючи критерій Севіджа, ми мінімізуємо втрати осіб, які приймають рішення.

Оптимальне рішення за критерієм Севіджа визначаємо за наступним правилом:

$$A^* = \min \max r_{ij}, \quad (3.6)$$

де матриця втрат: $r_{ij} = \max u_{ij} - u_{ij}$.

Визначивши в кожному рядку максимальний елемент $\max \lambda_j$, i , вичитавши з нього всі інші елементи, отримаємо нову матрицю втрат групи людей, які приймають рішення, якщо вони не приймають оптимального рішення, тобто йдуть на певний ризик. Ризик – міра невідповідності між різними можливими результатами прийняття певних стратегій.

Побудуємо матрицю «жалю» (ризиків, втрат) r_{ij} (табл. 3.5):

1-а колонка матриці «жалю».

$$r_{11} = 10 - 10 = 0; r_{21} = 10 - 2 = 8; r_{31} = 10 - 6 = 4; r_{41} = 10 - 6 = 4; r_{51} = 10 - 4 = 6; r_{61} = 10 - 5 = 5;$$

2-а колонка матриці «жалю».

$$r_{12} = 9 - 1 = 8; r_{22} = 9 - 3 = 6; r_{32} = 9 - 9 = 0; r_{42} = 9 - 9 = 0; r_{52} = 9 - 6 = 3; r_{62} = 9 - 9 = 0;$$

3-а колонка матриці «жалю».

$$r_{13} = 10 - 7 = 3; r_{23} = 10 - 6 = 4; r_{33} = 10 - 5 = 5; r_{43} = 10 - 10 = 0; r_{53} = 10 - 9 = 1; r_{63} = 10 - 8 = 2;$$

4-а колонка матриці «жалю».

$$r_{14} = 9 - 7 = 2; r_{24} = 9 - 8 = 1; r_{34} = 9 - 5 = 4; r_{44} = 9 - 6 = 3; r_{54} = 9 - 9 = 0; \\ r_{64} = 9 - 8 = 1;$$

5-а колонка матриці «жалю».

$$r_{15} = 9 - 8 = 1; r_{25} = 9 - 9 = 0; r_{35} = 9 - 9 = 0; r_{45} = 9 - 9 = 0; r_{55} = 9 - 7 = 2; \\ r_{65} = 9 - 6 = 3;$$

6-а колонка матриці «жалю».

$$r_{16} = 10 - 10 = 0; r_{26} = 10 - 10 = 0; r_{36} = 10 - 8 = 2; r_{46} = 10 - 10 = 0; r_{56} = 10 - 8 = 2; \\ r_{66} = 10 - 8 = 2;$$

7-а колонка матриці «жалю».

$$r_{17} = 10 - 10 = 0; r_{27} = 10 - 9 = 1; r_{37} = 10 - 7 = 3; r_{47} = 10 - 10 = 0; r_{57} = 10 - 7 = 3; \\ r_{67} = 10 - 7 = 3;$$

Таблиця 3.5 – Матриця «жалю» (втрат) r_{ij} ($a_i; \lambda_j$)

		Фактори, що впливають на прийняття рішення							Критерій Севіджа $\min \max r_{ij} (a_i; \lambda_j)$
		λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	
Стратегії	A1	0	8	3	2	1	0	0	8
	A2	8	6	4	1	0	0	1	8
	A3	4	0	5	4	0	2	3	5
	A4	4	0	0	3	0	0	0	4
	A5	6	3	1	0	2	2	3	6
	A6	5	0	2	1	3	2	3	5

Відповідно до критерію Севіджа оптимальною стратегією прийняття рішення для запасного аеродрому буде:

$$A^* = \min \max r_{ij} = \min \{8, 8, 5, 4, 6, 5\} = 4 - A4 - \text{аеродром Бориспіль.}$$

Критерій Гурвіца. Оптимальне рішення за даним критерієм визначаємо за наступним правилом:

$$A^* = \max a_i \{ \alpha \max \lambda_j \{ u_{ij} (a_i; \lambda_j) \} + (1 - \alpha) \min \lambda_j \{ u_{ij} (a_i; \lambda_j) \} \} \quad (3.7)$$

Якщо людина, яка приймає рішення вибирає нейтральний варіант, тобто ні песимістичний, ні оптимістичний, тоді коефіцієнт α вважається рівним 0.5.

Вибираємо коефіцієнт оптимізму-песимізму $\alpha = 0.5$, тоді:

$$A^* = \max a_i \{0,5 \max \lambda_j \{ u_{ij} (a_i; \lambda_j) \} + (1 - 0,5) \min \lambda_j \{ u_{ij} (a_i; \lambda_j) \} \} \quad (3.8)$$

Оптимальними стратегіями для $\alpha = 0.5$ будуть:

$$A_1 = \{0,5 \max \{10,1,7,7,8,10,10\} + (1-0,5) \min \{10,1,7,7,8,10,10\}\} = \{0,5*10 + 0,5*1\} = 5,5;$$

$$A_2 = \{0,5 \max \{2,3,6,8,9,10,9\} + (1-0,5) \min \{2,3,6,8,9,10,9\}\} = \{0,5*10 + 0,5*2\} = 6;$$

$$A_3 = \{0,5 \max \{6,9,5,5,9,8,7\} + (1-0,5) \min \{6,9,5,5,9,8,7\}\} = \{0,5*9 + 0,5*5\} = 7;$$

$$A_4 = \{0,5 \max \{6,9,10,6,9,10,10\} + (1-0,5) \min \{6,9,10,6,9,10,10\}\} = \{0,5*10 + 0,5*6\} = 8;$$

$$A_5 = \{0,5 \max \{4,6,9,9,7,8,7\} + (1-0,5) \min \{4,6,9,9,7,8,7\}\} = \{0,5*9 + 0,5*4\} = 6,5;$$

$$A_6 = \{0,5 \max \{5,9,8,8,6,8,7\} + (1-0,5) \min \{5,9,8,8,6,8,7\}\} = \{0,5*9 + 0,5*5\} = 7.$$

Згідно з розрахунками оптимальне рішення за критерієм Гурвіца:

$$A^* = \max \{5,5; 6; 7; 8; 6,5; 7\} = 8 - A_4 - \text{аеродром Бориспіль.}$$

Отже, результати оптимального прийняття рішень вибору запасного аеродрому за даними критеріями виглядають наступним чином:

- за критерієм Вальда – аеродром Бориспіль;
- за критерієм Лапласа – аеродром Бориспіль;
- за критерієм Севіджа – аеродром Бориспіль;
- за критерієм Гурвіца – аеродром Бориспіль.

Враховуючи прийняття рішення з урахуванням сумісного прийняття рішень, необхідно порівняти отримані оптимальні рішення щодо здійснення посадки у разі погіршення метеорологічних умов. Таким чином, оптимальним варіантом буде вибрати в якості запасного аеродром Бориспіль.

3.3. Дані по аеродромам України для формування матриці рішень методом експертної оцінки

Для розрахунку вибору оптимального запасного аеродрому необхідно використовувати дані, що впливають на прийняття рішення (таблиці 3.6 – 3.11) [30]: віддаленість ЗА, наявність палива на борту ПС, тактико-технічні характеристики ЗПС, метеорологічні умови ЗА, система заходження на посадку, світлотехнічна система заходження на посадку, навігаційні засоби підходу, а також льотно-технічні характеристики ПС.

Таблиця 3.6 – Тактико-технічні характеристики ЗПС

Аеродром	Довжина ЗПС	Тип покриття	Параметри міцності ЗПС
Харків (УКНН)	2220	Асфальтобетон	PCN 28/R/B/X/U
Львів (UKLL)	2510	Асфальтобетон	PCN 27/R/C/X/T
Київ (UKKK)	1800	Бетон	PCN 21/R/C/W/T
Бориспіль (UKBB)	3500	Залізобетон	PCN 62/R/C/W/T
Рівне (UKLR)	2626	Армобетон	PCN 23/R/B/X/T
Вінниця (UKWW)	2500	Бетон	PCN 13/R/B/X/T

PCN (Класифікаційне число покриття) – є стандартом Міжнародної організації Цивільної Авіації, що використовується у комбінації з класифікаційним числом повітряного судна (ACN) для визначення параметрів міцності ЗПС, руліжної доріжки чи перону аеродрому.

Класифікаційне число покриття підкріплюють даними про покриття злітно-посадкової смуги: PCN 44 / R / B / X / T, де: [31]

- а) PCN 44 - класифікаційне число покриття;
- б) R тип покриття:
 - 1) R - жорстке покриття, яке працює на вигин;
 - 2) F - нежорсткими покриття, яке працює на стиск;

в) В міцність підстави:

- 1) А - висока міцність: $k = 150$ або $CBR = 15$;
- 2) В - середня міцність: $k = 80$ або $CBR = 10$;
- 3) С - низька міцність: $k = 40$ або $CBR = 6$;
- 4) D - дуже низька міцність: $k = 20$ або $CBR = 3$;

г) Х коефіцієнт пружності:

- 1) W - висока, тиск більше 1, 5 МПа;
- 2) X - середнє, тиск не більше 1, 5 МПа;
- 3) Y - низька, тиск не більше 1, 0 МПа;
- 4) Z - дуже низька, тиск не більше 0, 5 МПа;

д) Т метод визначення:

- 1) Т - величина визначена технічним шляхом;
- 2) U - величина визначена дослідним шляхом.

Таблиця 3.7 – Навігаційна система підходу

Аеродром	Типи радіотехнічних засобів підходу до аеродрому
Харків (UKHN)	РСБН, ОПРС, ДРЛ-В, VOR/DME
Львів (UKLL)	РСБН, ОПРС, VOR/DME
Київ (UKKK)	РСБН, ДРЛ
Бориспіль (UKBB)	РСБН, ОПРС, АРП, VOR/DME
Рівне (UKLR)	РСБН, ДРЛ-В
Вінниця (UKWW)	РСБН, ДРЛ

РСБН (Радіотехнічна система ближньої навігації) – система навігаційного забезпечення польотів авіації. Радіомаяки РСБН забезпечують автоматичне і безперервне вимірювання і індикацію азимута і дальності літального апарата щодо наземного радіомаяка. [32]

ОПРС (окрема привідна радіостанція) – встановлюється як правило на повітряних трасах. Дальність дії ОПРС – не менше 250 км. [32]

ДРЛ (Диспетчерський радіолокатор) – наземний засіб радіотехнічного забезпечення польотів, призначений для виявлення та визначення координат повітряного судна, запиту і прийому від повітряного судна додаткової інформації (висота польоту, залишок палива, індекс) і подальшої передачі радіолокаційної інформації на робочі місця осіб ГРП. [32]

VOR / DME - це радіомаяк, який поєднує всепрямований діапазон УКХ з вимірювальним обладнанням відстані. VOR дозволяє приймачу вимірювати його несучість до маяка або від нього, тоді як DME забезпечує нахилену відстань між приймачем і станцією. [32]

АРП (Автоматичний радіопеленгатор) – призначений для вимірювання пеленга на повітряне судно відносно місця установки антени радіопеленгатора.[32]

Таблиця 3.8 – Системи світлотехнічного обладнання

Аеродром	Номер ЗПС	Світлотехнічне обладнання (СТО)
Харків (УКНН)	08	ВМІ
	26	ВВІ – 1 РА
Львів (UKLL)	13	ВМІ
	31	ВВІ – 1 РА
Київ (УККК)	08/26	ВМІ
Бориспіль (УКВВ)	18 П	ВВІ – 2 РА з осьовими вогнями
	36 Л	ВВІ – 1 РА з осьовими вогнями
Рівне (UKLR)	12/30	ВМІ
Вінниця (UKWW)	13/31	ВМІ

Окрім перерахованих факторів, надзвичайно важливо враховувати метеорологічну обстановку (табл. 3.9) на будь-якому з можливих ЗА, адже саме цей фактор є досить непередбачуваним, неконтрольованим, а саме це може стати основною проблемою під час забезпечення безпеки виконуваного польоту.

Таблиця 3.9 – Метеорологічні умови на ЗА в день виконання польоту

Аеродроми	Метеорологічні зведення METAR/TAF
Харків (UKHH)	METAR: UKHH 011200Z 08006MPS 9999 BKN009 M01 / M02 Q1026 R07 / 290076 NOSIG
	TAF: UKHH 011110Z 0112/0212 08006MPS 6000 OVC006 TXM00 / 0112Z TNM04 / 0206Z TEMPO 0112/0208 11007G13MPS 2100 -SN BR OVC004 PROB40 TEMPO 0112/0121 -FZDZ
Львів (UKLL)	METAR: UKLL 011200Z 15004MPS 9999 BKN017 M01 / M03 Q1024 R13 / CLRD // NOSIG
	TAF: UKLL 011105Z 0112/0212 14004MPS 5000 BR SCT005 BKN010 TXM01 / 0112Z TNM05 / 0204Z BECMG 0115/0116 12005MPS 2100 BR SCT004 BKN007 TEMPO 0121/0209 0400 FZFG VV002
Київ (UKKK)	METAR: UKKK 011200Z 02005MPS 4200 -SN BR BKN008 OVC032 M00/M02 Q1026 R08/290058 NOSIG
	TAF: UKKK 011105Z 0112/0212 04005G10MPS 4000 -SN OVC007 TX00/0212Z TNM02/0204Z TEMPO 0112/0121 06007G12MPS 1200 SHSN BR BKN004 SCT012CB PROB40 TEMPO 0112/0121 -FZDZ OVC002 TEMPO 0121/0206 1000 -SHSN BR BKN003 SCT012CB FM020600 08005G10MPS 6000 BKN008 TEMPO 0206/0212 11007G12MPS 2000 -SHSN BR BKN006 SCT015CB
Бориспіль(UKBB)	METAR: UKBB 011200Z 01005MPS 9000 -SN SCT007 BKN010 M00 / M01 Q1026 R36R / 290050 R36L /// 99 // NOSIG
	TAF: UKBB 011104Z 0112/0212 03005G10MPS 6000 OVC006 TX00 / 0112Z TNM05 / 0205Z TEMPO 0112/0117 1400 SHSN BR OVC004 SCT015CB PROB40 TEMPO 0112/0117 -FZDZ OVC007 0121 / 0124 0400 -FZDZ FZFG OVC001
Рівне (UKLR)	METAR: UKLR 011200Z 15003MPS 120V200 CAVOK M00/M05 Q1026 NOSIG
	TAF: UKLR 011110Z 0112/0121 15003MPS 9999 SCT013 TX00/0112Z TNM05/0121Z TEMPO 0115/0121 1500 BR BKN005
Вінниця (UKWW)	METAR: UKWW 011200Z 03005MPS 340V060 9999 BKN027 M00/M05 Q1025 R31/310060 NOSIG
	TAF: UKWW 011101Z 0112/0121 02004G09MPS 9999 BKN020 TXM00/0112Z TNM05/0121Z TEMPO 0112/0118 2100 -SHSN SCT005 BKN015CB

Таблиця 3.10 – Системи заходження на посадку, що експлуатуються на аеродромах та їх мінімуми

Аеродром	Номер ЗПС	РМС ПСП	РСП+ОСП	РСП	ОСП	РСП+ОСП, РСП, ОСП при відсутності метеорологічного спостереження на БПРМ
UKHH	08/26	60*800	80*1000	80*1000	110*1700	200*2500
UKLL	13	70*900	80*1000	80*1000	130*2000	200*2500
UKKK	08	60*800	80*1000	80*1000	115*1700	200*2500
	26	60*800	80*1000	80*1000	130*2000	200*2500
UKBV	18 Л	60*800	80*1000	80*1000	100*1500	200*2500
	36 П	60*800	80*1000	80*1000	120*1800	200*2500
UKLR	12	65*800	80*1000	80*1000	100*1500	200*2500
	30	60*800	80*1000	80*1000	110*1700	200*2500
UKW W	13/31	60*800	80*1000	80*1000	100*1500	200*2500

РМС ПСП – заходження на посадку за радіомаяковою системою посадки (РМС) в режимі ПСП (планки системи посадки). [32]

РСП (Радіолокаційна Система Посадки) – заходження на посадку по радіолокаційній системі посадки, тобто заходження по локатору. Призначена для забезпечення польотів літаків і вертольотів в аеродромній зоні, отримання інформації про повітряні судна, їх виведення в зону посадки, безпосереднього управління і контролю заходом на посадку в простих і складних метеоумовах.

ОСП (Обладнання Системи Посадки) – комплекс обладнання, що має в своїй складовій БПРМ і ДПРМ, встановлені відповідно типової схеми (БПРМ і ДПРМ в створі ЗПС і на відстані від її порогу, як правило, на 1 і 4 км відповідно). Головною особливістю заходу по системі ОСП є відсутність інформації про дійсний стан літака щодо позиційної лінії. Весь візит до ВПР

виконується за розрахунком екіпажу методом підбору курсу і вертикальної швидкості. Це вимагає суворого розподілу обов'язків між членами екіпажу та чіткої взаємодії під час заходження. [32]

БПРМ (Ближня приводна радіостанція з маркером) – привідна радіостанція, додатково обладнана маркерним радіомаяком (МРМ). Встановлюється в створі ЗПС, як правило, на відстані 1050 метрів від її порогу. [32]

ДПРМ (Дальня приводна радіостанція з маркером) – привідна радіостанція, додатково обладнана маркерним радіомаяком. Встановлюється в створі ЗПС, як правило, на відстані 4000 метрів від її порогу. Призначена для приводу літаків, обладнаних автоматичним радіокомпасом (АРК), в район аеродрому, виконання передпосадкового маневру і витримування напрямку польоту з необхідною точністю при заході на посадку. [32]

Таблиця 3.11 – Льотно-технічні характеристики літака АН-26

Максимальна вага вантажу	5500 кг
Довжина ПС	23,87 м
Розмах крила	29,20 м
Висота ПС	8,575 м
Нормальна злітна маса	22000 кг
Максимальна злітна маса	24000 кг
Максимальний запас палива	5500 кг
Максимальна швидкість	540 км/год
Крейсерська швидкість	435 км/год
Практична дальність	1100 км
Дальність без вантажу	2660 км
Стеля	7300 м
Довжина розбігу	870 м
Довжина пробігу	650 м
Витрата палива	1036 кг/год
Мінімальна необхідна довжина ЗПС	1740 м

Висновок до Розділу 3

Вибір запасного аеродрому є центральним завданням на етапі передпольотної підготовки. Саме тому, для оптимального вибору запасного аеродрому необхідно дотримуватись наступних умов:

- метеорологічні умови на аеродромі і його технічний стан в розрахунковий час використання відповідають встановленим вимогам;
- аеродром є придатним для посадки конкретного типу ПС;
- командир ПС пройшов необхідну підготовку і має діючий допуск до виконання польотів на даний аеродром.

До запасних відносяться такі аеродроми: ЗА під час зльоту; ЗА на маршруті; ЗА пункту призначення.

З метою забезпечення безпеки та ефективності під час прийняття рішень у надзвичайних ситуаціях, необхідно не лише розробити метод, який дасть нам найкращий результат у будь-якій надзвичайній ситуації, а й оцінити готові результати за допомогою використання процесу спільного прийняття рішень.

Для розрахунків вибору оптимального прийняття рішення під час вибору запасного аеродрому в даному розділі були використані наступні моделі прийняття рішень: критерій Вальда, критерій Лапласа, критерій Севіджа, критерій Гурвіча.

Критерій Вальда забезпечує найкраще рішення серед найгірших альтернатив, що в нашому випадку найкраще підходить для виконання нерегулярних польотів.

Критерій Лапласа найкраще підходить для прийняття рішень, коли виконуються регулярні польоти. В нашому випадку, якщо інформація про погіршення метеорологічних умов була отримана пілотом на етапі підходу до аеродрому Львів і його мінімум дозволяє здійснити посадку на аеродромі призначення, тоді капітан ПС може прийняти таке рішення.

Критерій Севіджа виражає песимістичну оцінку ситуації і використовується для того, щоб обрати найоптимальніше рішення за найбільш несприятливих

умов. Використання даного критерію дозволяє нам мінімізувати втрати осіб, які приймають рішення.

Критерій Гурвіча дозволяє нам ввести коефіцієнт «оптимізм-песимізм», що робить його більш універсальним у порівнянні з іншими методами та дозволяє застосовувати його для ситуацій за різних обставин.

РОЗДІЛ 4. АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ПІДГОТОВКИ ПЕРЕДПОЛЬОТНОЇ ІНФОРМАЦІЇ З УРАХУВАННЯМ СПІЛЬНОГО ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

4.1. Структура АС ППІ з урахуванням CDM

З метою забезпечення безпеки і ефективного виконання польотів, особливу увагу приділяють етапу передпольотної підготовки. В результаті ретельної попередньої підготовки до польоту члени екіпажу ПС повинні бути забезпечені передпольотною інформацією, необхідною для виконання польотного завдання.

Під час даної підготовки екіпаж ПС, співробітники із забезпечення польотів, диспетчери, та інші відповідальні за надання передпольотної інформації служби повинні отримати аеронавігаційну інформацію, необхідну для забезпечення ефективного і безпечного виконання польоту. Дану інформацію можна отримати на будь-якому аеродромі, що зазвичай використовується для виконання міжнародних польотів.

Незважаючи на використання все більш надійних і безпечних повітряних суден та прагнення авіаційних спеціалістів підвищити безпеку виконання польоту, людський фактор досі залишається однією з найпоширеніших причин авіаційних подій.

За даними НБРЦА, серед причин АП за 2019 рік (рис. 4.1) 19% займає людський фактор, 7% – середовище, 2% – технічний фактор, 72% – причина поки-що невідома, оскільки розслідування ще тривають. [33]

Статистичний аналіз причин порушень порядку використання повітряного простору, які розслідувалися НБРЦА у 2019 році, показує, що переважна більшість порушень відбувалися внаслідок свідомого недотримання користувачами повітряного простору (експлуатантами повітряних суден) законодавства у сфері виконання польотів і використання повітряного простору.[33]

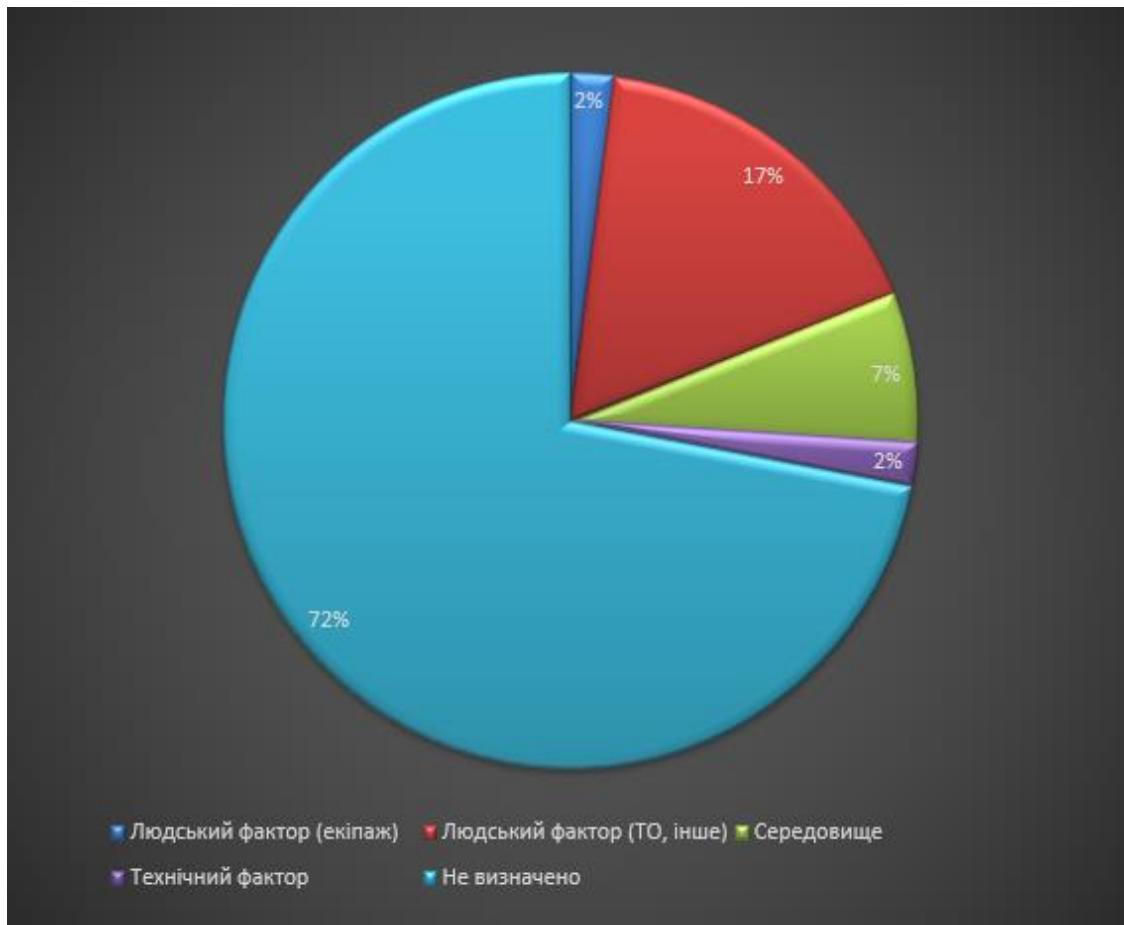


Рисунок 4.1 – Причини АП та інцидентів з цивільними ПС України

Можливою причиною таких рішень екіпажу ПС, співробітників із забезпечення польотів та інших авіаційних спеціалістів може бути недостатнє або неякісне проведення передпольотної підготовки. F

Аналізуючи дані порушень за 2019 рік (рис. 4.2), максимально очевидно, що основною причиною порушень, що в подальшому призводять до виникнення авіаційних подій та інцидентів, є людський фактор (89%).

З метою зменшення ризику виникнення авіаційних подій пропонується використання автоматизованої системи підготовки передпольотної інформації з урахуванням спільного прийняття рішень.

Основним завданням даної системи буде підвищення взаємодії екіпажу, диспетчера, співробітників із забезпечення польотів та інших авіаційних спеціалістів шляхом використання спільних процесів прийняття рішень. Це дозволить досягнути оптимальних результатів за допомогою об'єктивного

аналізу суб'єктивних думок всіх учасників прийняття рішення на основі забезпечення доступу до інформації.

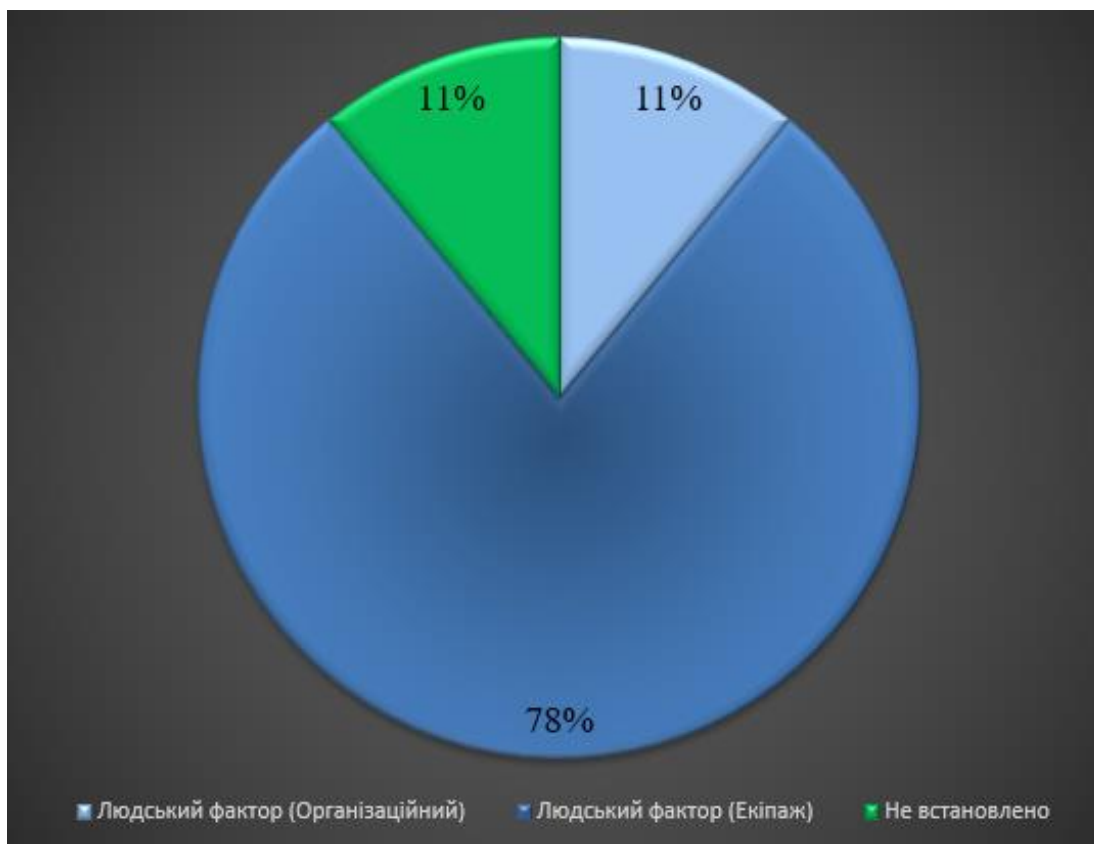


Рисунок 4.2 – Статистичний аналіз причин порушень з цивільними ПС України

В умовах невизначеності особливо важливо, щоб максимальна кількість процесів на етапі передпольотної підготовки проводилась в автоматизованій формі, адже такий обмін інформацією між учасниками даного етапу допоможе вчасно та в повній формі отримати всю необхідну аеронавігаційну інформацію та оптимальні варіанти прийняття рішень у випадку прогнозованого виникнення небезпечних метеорологічних явищ. Для оперативного CDM необхідно за певний час до планування виконання польоту визначити та обрати відповідні процедури та правила взаємодії. Спільний обмін оперативною інформацією між екіпажем, диспетчером, співробітником із забезпечення польотів та іншим наземним персоналом допоможе кожному з них отримати загальну картину повітряного руху та, завдяки оцінці інформації в режимі реального часу, забезпечити контроль виконання завдань на всіх етапах польоту ПС.

Таким чином, АС ППІ з урахуванням CDM буде сприяти підвищенню ситуаційної усвідомленості операторів АНС (пілота, диспетчера) для створення єдиного образу польоту. Це дозволить прогнозувати виникнення надзвичайних ситуацій у разі погіршення метеорологічних умов та слідкувати за повітряною обстановкою.

В АС ППІ з урахуванням CDM (рис. 4.3) етап вибору запасного аеродрому, вказаного в плані польоту, є центральною частиною, і правильний його вибір має значний вплив на забезпечення ефективного і безпечного виконання польоту. Екіпажу ПС необхідно вибрати запасні аеродроми, після чого безпосередньо перед вильотом уточнити метеорологічні умови на них.

З метою оптимізації ПР у завданні вибору ЗА пропонується поетапний підхід щодо методики вибору ЗА.

1 етап – Введення польотного завдання. На даному етапі користувач вводить польотне завдання в систему, тобто вказує аеродром вильоту та призначення. Дані щодо вибраних аеродромів і відомості по вибраному маршруту поступають в модуль вибору ЗА із бази даних. [34]

2 етап – Визначення потенційно можливих ЗА. В блоці визначення можливих ЗА на основі введеного польотного завдання визначається маршрут і перелік можливих ЗА. Спочатку визначається відстань від аеродрому вильоту до аеродрому призначення L маршруту, після чого в радіусі R , що дорівнює половині маршруту, з центром в точці аеродрому призначення визначаються можливі ЗА. Далі вибрані можливі ЗА сортуються в порядку збільшення відстані від аеродрому призначення до них. [34]

3 етап – Первинне оцінювання аеродромів за факторами і відкидання непридатних аеродромів з використанням критеріїв ПР в умовах невизначеності. Вибрані можливі аеродроми оцінюються за наступними факторами: А – Тактико-технічні характеристики аеродрому (характеристики ЗПС, світлотехнічного обладнання, системи заходження на посадку, навігаційної системи підходу). Б – Метеорологічні умови. С – Наявність палива на борту ПС. Таким чином, визначаються аеродроми, які можуть бути вибрані в якості запасних. [34]

4 етап – Вторинне оцінювання аеродромів за факторами з використанням критеріїв ПР в умовах невизначеності. На даному етапі виконується оцінка можливих ЗА з точки зору економічності. Важливу роль при цьому відіграють такі фактори, як аеронавігаційні збори, аеропортові збори, збори по маршруту, кількість палива та інші. [34]

5 етап – Аналіз вибраних аеродромів за допомогою процесу спільного прийняття рішень. На даному етапі вибрані придатні аеродроми оцінюються за вищезгаданими факторами і аналізуються за допомогою процесу CDM.

Таким чином, вибирається оптимальний ЗА. Дані вибраного ЗА поступають на інтерфейс користувача.

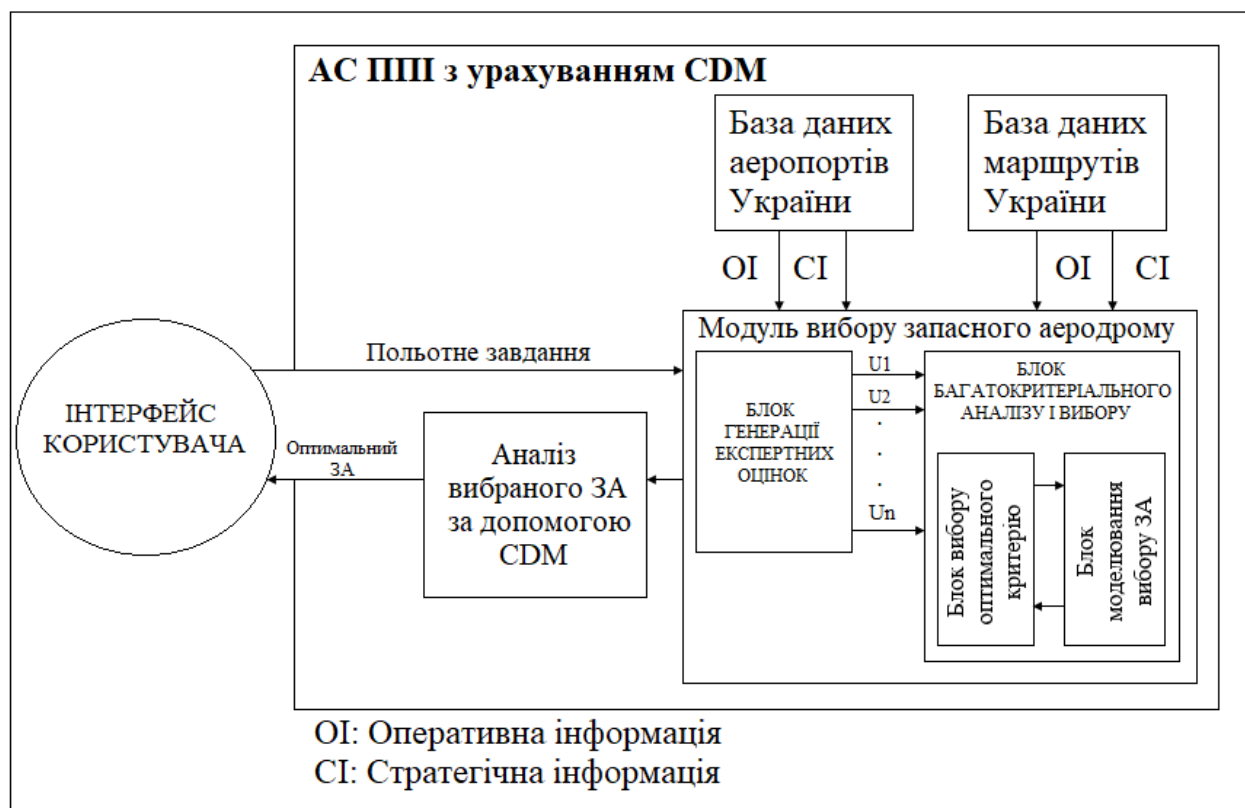


Рисунок 4.3 – Структурна схема автоматизованої системи підготовки передпольотної інформації з урахуванням спільного прийняття рішень

У випадку використання даної системи інформація, що надається користувачам, буде відповідати всім необхідним вимогам, оскільки дана система буде встановлюватися згідно з угодою між повноважним органом цивільної авіації або установою, якій даний повноважний орган передав

повноваження на створення служби і відповідним метеорологічним повноважним органом.

Для того, щоб домогтися більш точних і об'єктивних результатів, в питанні вибору ЗА, пропонується використовувати методіку вибору ЗА, що базується на класичних критеріях теорії прийняття рішення в умовах невизначеності, а саме: алгоритм вибору ЗА з використанням критеріїв Вальда, Лапласа, Севіджа, Гурвіца.

4.2. Перспективи розвитку системи в Україні

Повітряний транспорт і пов'язана з ним інфраструктура мають значний вплив на розвиток ринку пасажирських і вантажних перевезень та економіку держави в цілому. За прогнозами фахівців світовий парк ПС буде збільшуватися з року в рік. Таким чином, навантаження на державну систему використання повітряного простору України також буде зростати. У європейських державах кількість польотів поступово збільшується. В Україні після деякого зменшення кількості польотів у 2014-2015 роках також прогнозується їх поступове збільшення.

Сьогодні ситуація щодо повітряних перевезень в Україні є досить складною через пандемію коронавірусу, оскільки цей вірус став причиною запровадження владою України карантинних заходів. Щоб уникнути розповсюдження хвороби, було закрито більшість авіасполучень, що мало значний вплив на економічний розвиток авіації. З метою дотримання карантинних заходів, більшість аеропортів перестали працювати в звичайному режимі, адже попит на користування авіаперевезеннями значно скоротився. У зв'язку з цим, працівників сфери авіаційних послуг було відправлено у відпустки, а деяких навіть звільнено.

Однією з найкращих стратегій щодо розвитку ЦА в Україні є запровадження АС ППІ з урахуванням CDM.

Використання даної системи планує виконання наступних завдань:

а) зменшити ймовірності виникнення помилки, спричиненої людським фактором, шляхом багатокритеріального аналізу і вибору ЗА на етапі передпольотної підготовки;

б) зменшити експлуатаційні витрати шляхом знаходження оптимального балансу щодо кількості технічного та адміністративного персоналу у відповідності до завдань, необхідних для виконання;

в) прискорити процес передпольотної підготовки;

г) збільшити кількість авіап перевезень (як пасажирських, так і вантажних) завдяки підвищенню безпеки авіаційного транспорту;

д) зменшити робоче навантаження на екіпаж ПС, шляхом спільного ПР;

е) підвищити рівень ефективності планування польотів та оперативності ПР;

є) покращити пропускну спроможність аеропортів.

Переваги даної системи наступні:

а) запровадження АС ППІ з урахуванням CDM призведе до покращення пунктуальності та зниження операційних витрат;

б) завчасне та систематичне виявлення потенційних конфліктів та контроль за виконанням польоту завдяки використанню автоматизації даних зменшить кількість необхідних тактичних вказівок та команд щодо ОПР та сприятиме зменшенню робочого навантаження на екіпаж ПС;

в) процеси автоматизації вибору ЗА з урахуванням групової експертної оцінки збільшать ефективність планування польотів та оперативне ПР;

г) вдосконалене шляхом автоматизації даних спільне планування роботи аеропорту за концепцією А-CDM для експлуатантів ПС знизить кількість затримок на землі і, таким чином, заощадить паливо завдяки скороченому часу руління;

д) використання АС ППІ з урахуванням CDM дозволить екіпажу ПС та іншим службам, які займаються передпольотним плануванням, отримувати доступ до актуальної аеронавігаційної та метеорологічної інформації, необхідної для польоту, в режимі реального часу, що дозволить здійснювати польоти з дотриманням всіх карантинних обмежень;

е) використання автоматизації процесів при спільному ПР призведе до покращення існуючого аеронавігаційного середовища України та підвищення ефективності аеронавігаційного обслуговування, що буде сприяти залученню додаткового повітряного руху та створить додаткові ресурси для майбутнього розвитку.

Причинами, які можуть негативно вплинути на запровадження даної системи в Україні, можуть бути:

а) проблема бюрократії. Маючи доступ до можливості перерозподілу суспільних ресурсів та не маючи дієвих обмежень, бюрократія починає працювати з метою власного збагачення, на основі побудови ієрархічних зв'язків не із суспільством в цілому, а із групами впливових політиків та бізнесменів. Таким чином, дана система управління може призвести до усунення від можливості управління АС ППІ з урахуванням СДМ спеціалістів і призначення на їхнє місце впливових людей, які, не розуміючи принципів використання нової системи, можуть стати причиною неефективних показників роботи АС, що призведе до відмови від її впровадження в ЦА України;

б) фінансова проблема. Оскільки АС ППІ з урахуванням СДМ є новою системою, то перед тим, як почати її запровадження в ЦА України, необхідно буде протестувати дану систему на відповідність всім авіаційним вимогам та стандартам. Дані тестування проводитимуться у декілька етапів, що потребуватиме багато часу і, відповідно, вкладення великих коштів, використання яких держава може не виділити, у зв'язку фінансуванням якоїсь більш глобальної проблеми, наприклад у сфері медицини;

в) необхідність перенавчання персоналу. Зважаючи на те, що здійснення авіаційної діяльності є дуже відповідальним процесом, більшість працівників є людьми досить поважного віку. Адже перш, ніж стати пілотом, диспетчером чи іншою відповідальною за безпечне і ефективне виконання польотів особою, необхідно пройти певні курси, отримати відповідні ліцензії. Даний процес є досить складним, тому частині працівників процедура перенавчання може даватися досить складно. Саме тому, повноважні органи ЦА України можуть

відмовитися від даної системи у зв'язку з складністю перенавчання осіб, які будуть нею користуватися.

Висновок до Розділу 4

Основною причиною порушень під час підготовки передпольотної інформації, що в подальшому призводять до виникнення авіаційних подій та інцидентів, є людський фактор.

У зв'язку з цим пропонується розробка АС ППІ з урахуванням CDM, центральним завданням якої є прийняття рішення щодо вибору оптимального запасного аеродрому.

В даному розділі представлена структурна схема запропонованої системи. З метою оптимізації ПР у завданні вибору ЗА пропонується поетапний підхід щодо методики вибору ЗА. Основними етапами вибору ЗА є:

1 етап – Введення польотного завдання.

2 етап – Визначення потенційно можливих ЗА.

3 етап – Первинне оцінювання аеродромів за факторами і відкидання непридатних аеродромів з використанням критеріїв ПР в умовах невизначеності.

4 етап – Вторинне оцінювання аеродромів за факторами з використанням критеріїв ПР в умовах невизначеності.

5 етап – Аналіз вибраних аеродромів за допомогою процесу спільного прийняття рішень.

Крім того, в розділі описані перспективи розвитку АС ППІ з урахуванням CDM в ЦА України, визначені основні завдання, які будуть виконуватися завдяки впровадженню системи, перелічені основні переваги, а також названі можливі причини, які можуть завадити впровадженню запропонованої системи в Україні.

Загальний висновок

Підготовка передпольотної інформації є надзвичайно важливим етапом підготовки до польоту. Екіпажу повітряного судна важливо мати альтернативні варіанти у випадку, коли посадка на аеродромі призначення стає неможливою через такі обставини, як наприклад, погіршення метеорологічних умов. При виборі запасного аеродрому в особливому випадку в польоті пілот має наявності перелік декількох аеродромів у межах досяжності, через що не може прийняти оптимального рішення і потрапляє в ситуацію прийняття рішення в умовах невизначеності.

Під невизначеністю розуміють неможливість здійснення оцінки майбутнього розвитку подій, як з точки зору ймовірності їхньої реалізації, так і з точки зору виду їхнього прояву. Невизначеність припускає наявність факторів, при яких результати не є чіткими й однозначними, і міра можливого впливу цих факторів на результати прийняття рішень наперед невідома. Умови невизначеності є дуже наближеними до ризику і можуть мати негативні наслідки під час виконання польоту.

Зменшити появу будь-яких ризиків можливо, запровадивши автоматизовану систему підготовки передпольотної інформації з урахуванням спільного прийняття рішень. Оскільки центральним модулем даної системи є прийняття рішення щодо вибору оптимального запасного аеродрому, необхідно врахувати всі фактори, які можуть вплинути на безпечне та ефективне виконання польоту повітряним судном.

Важливими факторами при виборі ЗА є:

- віддаленість ЗА;
- наявність палива на борту ПС;
- технічні характеристики ЗПС;
- метеорологічні умови ЗА;
- система заходження на посадку;
- світлотехнічна система заходження на посадку;

- суб'єктивні фактори.

До числа класичних критеріїв, які використовуються для створення моделі прийняття рішень в умовах невизначеності, можна віднести: критерій Вальда (максимінний), критерій Лапласа (принцип недостатнього обґрунтування), критерій Севіджа (мінімаксий критерій); критерій Гурвіца (песимізму - оптимізму), а також, метод експертних оцінок.

Крім застосування цих критеріїв, розробка АС ППІ з урахуванням CDM допоможе провести додатковий аналіз вибраних ЗА завдяки спільній оцінці всіх ризиків, а автоматизований доступ до аеронавігаційної та метеорологічної інформації дозволить екіпажу ПС отримати загальну картину руху ПС та, завдяки оцінці інформації в режимі реального часу, забезпечити контроль виконання завдань на всіх етапах польоту. Таким чином, у випадку раптової зміни погоди та неможливості здійснити посадку на аеродромі призначення, виконання передпольотної підготовки з використанням АС ППІ з урахуванням CDM сприятиме тому, що пілот буде підготовлений до здійснення прийняття рішення щодо вибору оптимального ЗА.

ОСНОВНІ ДЖЕРЕЛА

1. Можливості та обмеження людини: Статистика авіаційних подій – <https://studfile.net/preview/6810188/page:4/>
2. Звітність з авіаційної безпеки – <https://www.easa.europa.eu/domains/safety-management/aviation-safety-reporting>
3. DOC 9806 AN / 763. Human Factors Guidelines for Safety Audits Manual: Edition 1.– Montreal, Canada: ICAO, 2002
4. BBC News: When the US shot down an Iranian airliner – <https://www.bbc.com/news/av/stories-44614512>
5. Опис катастрофи на Aviation Safety Network – <https://aviation-safety.net/database/record.php?id=19850812-1>
6. Національне бюро з розслідування авіаційних подій та інцидентів з цивільними повітряними суднами. Розслідування катастрофи літака Boeing 777 – <http://nbaai.gov.ua/enquiry/rozsliduvannya-katastrofy-litaka-boeing-777/>
7. Катастрофа літака ЗСУ з курсантами на Харківщині: загинули 26 осіб. Укрінформ. 26 вересня 2020. Процитовано 27 вересня 2020 – <https://nv.ua/ukr/ukraine/events/an-26-katastrofa-litaka-pid-harkovom-vse-shcho-vidomo-novini-ukrajini-50114298.html>
8. АТО №84: Приложение "Деловая авиация" Патрик Р. Вейлетт. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: – <http://www.ato.ru/content/vremya-ne-zhdet-rasprostranennye-oshibki-pilotov>
9. Annual Safety Review 2020. – Cologne, Germany: EASA, 2020. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/easa_asr_2020.pdf
10. Flight Preparation and Conducting Effective Briefings (OGHFA BN). – Brussels, Belgium: Eurocontrol 2019. – [https://www.skybrary.aero/index.php/Flight_Preparation_and_Conducting_Effective_Briefings_\(OGHFA_BN\)](https://www.skybrary.aero/index.php/Flight_Preparation_and_Conducting_Effective_Briefings_(OGHFA_BN))

11. DOC 4444. Procedures for Air Navigation Services — Air Traffic Management. – Montreal, Canada: ICAO, 2016. – p. 218
12. Основы теоретической подготовки диспетчеров по обеспечению полётов. Третье издание: С.Б. Лебедев. – К.: Киев: Международный Авиационный Центр Подготовки, 2007. – 782, 113-114, 180, 517-519 с.
13. Pre-Flight Preparation – https://www.skybrary.aero/index.php/Pre-flight_Preparation
14. DOC 4444. Procedures for Air Navigation Services — Air Traffic Management. – Montreal, Canada: ICAO, 2016. – 26 p.
15. Pre-flight preparation
<http://avstop.com/ac/flighttrainghandbook/preflightpreparation.html>
16. Annex 6 to the Convention of International Civil Aviation, Operation of Aircraft, Part I: International Commercial Air Transport - Aeroplanes: Edition 9. – Montreal, Canada: ICAO, 2010. – 56 p.
17. Annex 15 to the Convention of International Civil Aviation, Aeronautical Information Services: Edition 14. – Montreal, Canada: ICAO, 2013. – 62-63 p.
18. Про затвердження Авіаційних правил України "Правила організації потоків повітряного руху": Наказ Державіаслужби України від 20.07.2016 №567. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 12 жовтня 2016 р. за № 1354/29484 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1354-16#Text>
19. Теорія і практика прийняття рішень в аеронавігації: В.П. Харченко, Т.Ф. Шмельова, Ю.В. Сікірда – К.: Київ: НАУ, 2017. – 355 с.
20. Collaborative Decision Making Tools. A Comparative Study Based on Functionalities – https://www.researchgate.net/publication/257835552_Collaborative_Decision_Making_Tools_A_Comparative_Study_Based_on_Functionalities
21. Airport – Collaborative Decision Making (A-CDM). IATA Recommendations. – Montreal, Canada: IATA AAGG, 2018. – 7, 8, 10, 12, 15 p.

22. Collaborative Decision Making – https://www.airservicesaustralia.com/wp-content/uploads/cdm_fact_sheet.pdf
23. Стан справ аварійності на транспорті в Україні за 2019 рік. – Київ: Міністерство інфраструктури України, 2020. – 54 с.
24. Управленческие решения: Д. Ю. Лапыгин, Ю. Н. Лапыгин. – Москва: Эксмо, 2009. – 69с.
25. Guidelines for Controller Training in the Handling of Unusual/Emergency Situations. Second Edition. – Brussels, Belgium: European Organization for the Safety of Air Navigation, 2003. – 50 p.
26. Прийняття рішень оператором аеронавігаційної системи: монографія: В.П. Харченко, Т.Ф. Шмельова, Ю.В. Сікірда. – Кіровоград: КЛА НАУ, 2012. – 98-99 с.
27. Методические указания к проведению практических занятий по дисциплине «Основы теории принятия решений»: Шмельова Т.Ф. – Киев: НАУ, 2015. – 21 с.
28. Про затвердження Порядку прийняття рішення на виліт та приліт повітряних суден цивільної авіації України за правилами польотів за приладами: Наказ Державіаслужби України від 28.04.2005 № 295. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 27 травня 2005 р. за № 577/10857 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0577-05#Text>
29. Онлайн-програма «Free Map Tools» – <https://www.freemaptools.com/plot-airport-routes.htm>
30. EAD Basic - The European AIS Database – https://www.ead.eurocontrol.int/fwf-eadbasic/restricted/user/aip/aip_overview.faces
31. ACN-PCN method – https://en.wikipedia.org/wiki/ACN-PCN_method
32. Словарь авиационных терминов – <https://biography.wikireading.ru/2421>
33. Аналіз стану безпеки польотів за результатами розслідування авіаційних подій та інцидентів з цивільними повітряними суднами України та суднами іноземної реєстрації, що сталися у 2019 році. Затверджено в.о. директора НБРЦА І.В. Мішаріним 13 березня 2020 р. за № 3.1-3А. – Київ: НБРЦА, 2020. – 26,44 с.

34. Применение искусственных нейронных сетей в задаче выбора запасного аэродрома: Артеменко О.В., Шмелева Т.Ф., Тимошенко А.С. – Черкаси: Государственная летная академия Украины, 2011.