

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.  
« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023р.

**ДИПЛОМНА РОБОТА**  
**(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

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

**Тема: Моделі прийняття рішень авіадиспетчера в аварійній ситуації**  
**«обледеніння» відповідно до ASSIST**

Виконавець:	Грибенюк Таміла Андріївна
Керівник:	Шмельова Тетяна Федорівна
Керівник спеціального розділу:	Шмельова Тетяна Федорівна
Нормоконтролер:	Аргунов Геннадій Федорович

# НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет аеронавігації, електроніки та телекомунікацій

Кафедра аеронавігаційних систем

Спеціальність: 272 «Авіаційний транспорт»

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри  
д-р техн. наук, проф.  
\_\_\_\_\_ Ларін В.Ю.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023р

## ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи

**ГРИБЕНЮК ТАМІЛИ АНДРІЇВНИ**

1. Тема дипломної роботи: **«Моделі прийняття рішень авіадиспетчера в аварійній ситуації «обледеніння» відповідно до ASSIST»** затверджена наказом ректора від “22” серпня 2023 № 1443/ст.
2. Термін виконання роботи: 23.10.2023 – 31.12.2023
3. Вихідні дані до роботи: теоретичні дані керівних документів Міжнародної організації цивільної авіації та національних документів України у сфері забезпечення та виконання польотів цивільних повітряних суден.
4. Зміст пояснювальної записки: аналіз дій диспетчера УПР під час особливих випадків у польоті. Аналіз методів, що використовуються для дослідження процесу прийняття рішення авіадиспетчером в особливих випадках в польоті. Моделювання системи підтримки детермінованих і стохастичних моделей прийняття рішення диспетчера в аварійній ситуації «Обледеніння». Ефективність інвестиційної діяльності авіакомпанії «Free Bird Airlines». Охорона праці та охорона навколишнього середовища.
5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: 22 рисунків, 17 таблиць, 44 формул.

## 6. Календарний план-графік

№ пор.	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1.	Підготовка та написання розділу 1 «Аналіз дій диспетчера УПР під час особливих випадків у польоті»	18.09.2023 - 24.09.2023	Виконано
2.	Підготовка та написання розділу 2 «Методи, що використовуються для дослідження процесу прийняття рішення авіадиспетчером в особливих випадках в польоті»	02.10.2023 - 08.10.2023	Виконано
3.	Підготовка та написання розділу 3 «Моделювання системи підтримки детермінованих і стохастичних моделей прийняття рішення диспетчера в аварійній ситуації «Обледеніння»»	16.10.2023 - 22.10.2023	Виконано
4.	Підготовка та написання розділу 4 «Спеціальний розділ»	30.10.2023 - 05.11.2023	Виконано
5.	Підготовка та написання розділу 5 «Охорона праці та охорона навколишнього середовища»	13.11.2023 - 19.11.2023	Виконано
6.	Оформлення презентації та підготовка до доповіді	27.11.2023 - 03.12.2023	Виконано

## 7. Консультанти з окремих розділів

Розділ	Консультант (посада, П.І.Б.)	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
4.1. Ефективність інвестиційної діяльності авіакомпанії «Free Bird Airlines»	д.т.н, проф. Шмельова Тетяна Федорівна	20.10.2023	30.10.2023

## 8. Дата видачі завдання: «18» вересня 2023 р.

Керівник дипломної роботи \_\_\_\_\_ Шмельова Тетяна Федорівна  
 (підпис керівника) (прізвище, ім'я, по батькові)

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ Грибенюк Таміла Андріївна  
 (підпис студента) (прізвище, ім'я, по батькові)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Детерміновані і стохастичні моделі прийняття рішень авіадиспетчера в аварійній ситуації «Обледеніння» відповідно до ASSIST»: 91 сторінки, 22 рисунків, 17 таблиць, 45 використаних джерел.

**Об’єкт дослідження** – технологія дій диспетчера УПР в аварійній ситуації «Обледеніння».

**Предмет дослідження** – моделювання процесу прийняття рішення авіадиспетчером в особливому випадку в польоті «Обледеніння».

**Мета роботи** – розробка системи підтримки детермінованих і стохастичних моделей прийняття рішення диспетчера в аварійній ситуації «Обледеніння», для того щоб вдосконалити ситуаційну обізнаність та підвищити рівень безпеки польотів.

**Методи дослідження** – метод експертних оцінок; метод мережевого планування; критерій очікуваного значення в умовах ризику; критерії Лапласа, Вальда, Севіджа, Гурвіца в умовах невизначеності; математичні обчислення.

**Актуальність** – розроблена система підтримки прийняття рішення покращить рівень безпеки авіаційних перевезень, підготовку диспетчерів та удосконалить технологію роботи під час аварійних ситуацій.

Результат дипломної роботи рекомендовано використовувати для підтримки прийняття рішень в умовах визначеності, ризику та невизначеності, у разі виникненні аварійної ситуації в польоті – обледеніння повітряного судна.

**ASSIST, ОБЛЕДЕНІННЯ ПОВІТРЯНОГО СУДНА, СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ, МЕТОД ЕКСПЕРТНИХ ОЦІНОК, УМОВИ НЕВИЗНАЧНОСТІ, МЕРЕЖЕВЕ ПЛАНУВАННЯ.**

## **АРКУШ ЗАУВАЖЕНЬ**

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ .....	9
ВСТУП.....	10
<b>РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ДІЙ ДИСПЕТЧЕРА УПР ПІД ЧАС ОСОБЛИВИХ ВИПАДКІВ У ПОЛЬОТІ .....</b>	<b>13</b>
1.1. Порядок дій диспетчера УПР при виникненні аварійних ситуацій .....	13
1.2. Вплив обледеніння на політ літака .....	19
1.3. Приклади авіаційних подій, що виникли внаслідок обледеніння ПС... ..	27
1.4. Правила ведення радіообміну при обледенінні літака.....	30
Висновок до розділу 1 .....	32
<b>РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ АВІАДИСПЕТЧЕРОМ В ОСОБЛИВИХ ВИПАДКАХ В ПОЛЬОТІ .....</b>	<b>33</b>
2.1. Етапи процесу прийняття рішення.....	33
2.2. Метод експертних оцінок .....	34
2.3. Прийняття рішення в умовах визначеності, невизначеності та ризику.....	41
Висновок до розділу 2.....	45
<b>РОЗДІЛ 3. МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ДЕТЕРМІНОВАНИХ І СТОХАСТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ ДИСПЕТЧЕРА В АВАРІЙНІЙ СИТУАЦІЇ «ОБЛЕДЕНІННЯ».</b>	<b>46</b>
3.1. Моделювання прийняття рішення в умовах визначеності за методом мережевого планування .....	46
3.2. Моделювання прийняття рішення в умовах невизначеності для вибору оптимального аеродрому посадки .....	51
3.3. Моделювання прийняття рішення в умовах ризику для пошуку альтернативного рішення .....	58
Висновок до розділу 3.....	61

<b>РОЗДІЛ 4. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ.....</b>	<b>62</b>
4.1. Ефективність інвестиційної діяльності авіакомпанії «Free Bird Airlines»..	62
4.1.1. Бізнес-план для отримання інвестицій .....	62
4.1.2. Прогнозування пасажирських перевезень авіакомпанією «Free Bird Airlines».....	68
Висновок до розділу 4.....	73
<b>РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО</b>	
<b>СЕРЕДОВИЩА.....</b>	<b>74</b>
5.1. Вплив противообліднювальних рідин на навколишнє середовище .....	74
5.2. Небезпечні та шкідливі чинники на робочому місці диспетчера УПР	77
5.3. Вимоги до організації робочих місць та умов праці авіадиспетчерів ....	80
Висновки до розділу 5.....	84
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....</b>	<b>85</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>87</b>



## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ

АТС – Air Traffic Control

АТС – Air Traffic Service

ІСАО – International Civil Aviation Organization

АД – аеродром

АМСЦ – авіаційна метеорологічна станція

ЗПС – злітно-посадкова смуга

КПС – командир ПС

КРА – кореляційно-регресивний аналіз

МЕО – метод експертних оцінок

НЗП – навігаційні засоби підходу

ОПР – обслуговування повітряного руху

ПОР – противообліднювальна рідина

ПР – прийняття рішення

ПС – повітряне судно

РД – руліжна доріжка

СППР – система підтримки прийняття рішень

СТСЗП – світлотехнічна система заходу на посадку

ТТХ – тактико-технічні характеристики

УПР – управління повітряним рухом

## ВСТУП

Розглянувши більшість випадків авіаційних пригод під час польотів ПС, можна зробити висновок, що здебільшого вони відбуваються в складних метеорологічних умовах і спричинені виникненням різних відмов на борту літака. Це також пов'язано з тим, що екіпаж потрапляє в складну ситуацію, в якій йому важко прийняти правильне рішення для забезпечення безпечного завершення польоту. Дуже часто, в таких ситуаціях, екіпажу не вистачає необхідної кваліфікації, професійної підготовки та дисципліни, а їх психофізіологічний стан не відповідає вимогам для вирішення завдань в ускладнених умовах польоту. З різних причин, екіпаж часто приймає поспішні та необдумані рішення і, як наслідок, виникають серйозні авіаційні пригоди.

Перед тим як виконувати політ, необхідно проводити повну й якісну підготовку екіпажу, акцентуючи увагу на виконання польоту в особливих випадках. Усі члени екіпажу повинні чітко усвідомити мету польоту, знати особливості виконання польоту та бути готовим прийняти обґрунтоване рішення.

Одними з небезпечних для польотів метеорологічних явищ відносяться обледеніння повітряних суден і ожеледь. Вони можуть порушити роботу двигунів, навігаційних приладів і радіозв'язок та призвести до катастрофи. Як, наприклад, сталося 29 грудня 2010 р. з транспортним літаком Ан-22 «Антей» під Тулою [4]. Основною версією катастрофи вважається обледеніння рухомих частин крил літака. Жертвами авіакатастрофи стали 12 льотчиків - члени основного і запасного екіпажів.

Як відомо, сучасні літаки та гелікоптери мають системи, які призначені для запобігання обледенінню. Однак, для забезпечення безпеки польотів завжди потрібно враховувати можливість утворення льоду на літаках під час польоту. Зліт та посадка ПС ускладнюються внаслідок наявності льоду на ЗПС. Ожеледь знижує зчеплення коліс з поверхнею ЗПС, що порушує безпеку цих етапів польоту.

Краплі води накопичуються на планері у вигляді льоду за певних умов. Відкладення льоду змінюють профіль крила і порушують потік повітря [12]. Це різко змінює такі параметри польоту, як підйомна сила, опір, керування тощо. Зі збільшенням опору підйомна сила швидко зменшується – природною дією пілота, щоб компенсувати це, було б застосування потужності та збільшення кута атаки для підтримки рівня, однак це призводить до ще більш швидкого накопичення льоду, оскільки оголюється більша поверхня планера.

Утворення льоду на крилах і на поверхнях керування можуть призвести до збільшення швидкості звалювання, раптового неконтрольованого крену з важким відновленням і, потенційно, до втрати контролю.

Обледеніння може виникати при температурі від +5 до -50 °С в хмарах, тумані, опадах. Найчастіше обледеніння ПС спостерігається при температурі повітря від 0 до -20 °С, особливо від 0 до -10 °С [13].

Оптимізація процесу прийняття рішень в умовах обледеніння ПС є актуальною задачею сучасних досліджень. Зважаючи на це, одним з ефективних заходів для підвищення безпеки польотів у надзвичайних ситуаціях є системи підтримки прийняття рішень (СППР) [1]. Вони використовують моделювання, програмне забезпечення, дані і взаємодію з оператором з метою підтримки всіх стадій процесу прийняття рішень (ППР).

ППР складається з таких основних етапів:

- отримання інформації про ситуацію;
- визначення цілей;
- аналіз ситуації;
- розробка прогнозу розвитку ситуації;
- генерування альтернативних варіантів вирішення;
- відбір основних варіантів;
- колективна експертна оцінка;
- прийняття рішень;
- розробка плану дій;
- аналіз результатів розвитку ситуації.

Метою даної дипломної роботи є розробка детермінованих і стохастичних моделей прийняття рішень диспетчера в аварійній ситуації «Обледеніння».

Для досягнення поставленої мети необхідно буде розглянути технологію дій диспетчера УПР під час особливих випадків у польоті – обледеніння ПС, дослідити методи прийняття рішень в умовах визначеності, невизначеності та ризику, побудувати блок-схему з власним алгоритмом дій авіадиспетчера та розробити модель СППР, щоб полегшити роботу диспетчера при виникненні аварійних ситуацій.

## **РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ДІЙ ДИСПЕТЧЕРА УПР ПІД ЧАС ОСОБЛИВИХ ВИПАДКІВ У ПОЛЬОТІ**

### **1.1. Порядок дій диспетчера УПР при виникненні аварійних ситуацій**

Диспетчери УПР зобов'язані забезпечувати безпечний та ефективний потік повітряного руху в повітряному просторі, за який вони відповідають. Однак іноді виникають надзвичайні ситуації, які вимагають швидких і рішучих дій з боку диспетчерів для забезпечення безпеки повітряного судна (ПС) та пасажирів.

Авіадиспетчер, у разі виникнення аварійної ситуації, повинен без затримок, при наявності практичної можливості надавати всю можливу допомогу даному ПС. Швидкість прийняття рішення та виконання відповідних дій можуть бути необхідні за певних обставин, але для більшості ситуацій основним є виваженість і узгодженість дій.

Перший крок у будь-якій надзвичайній ситуації – її оголосити та повідомити інших АТС, адміністрацію аеропорту та служби екстреної допомоги. Він є ключовим, оскільки допомагає забезпечити скоординовану реакцію на надзвичайну ситуацію.

Диспетчери відповідають за спілкування з пілотами та надання їм інформації щодо ситуації. Це можуть бути відомості про місце надзвичайної ситуації, повідомлення про будь-які зміни в плані польоту, дані щодо придатних аеродромів, мінімальні безпечні абсолютні висоти, метеорологічну інформацію тощо.

У деяких особливих ситуаціях може знадобитися звільнення повітряного простору, щоб дозволити екстреним службам працювати безпечно. Тому АТС можуть наказати пілоту негайно приземлитися або перенаправити в інший аеропорт.

Після виникнення надзвичайної ситуації диспетчери УПР беруть участь у процесі розбору польотів, щоб проаналізувати свої дії та бути краще підготовленими до реагування на майбутні ситуації.

Пілоти, які перебувають у аварійній ситуації, повинні якнайшвидше оголосити про неї. Правильний спосіб передачі цієї інформації – використання фрази «MAYDAY, MAYDAY, MAYDAY» або «PAN PAN, PAN PAN, PAN PAN» відповідно до ситуації. Ця процедура, яка є міжнародним стандартом, є єдиним найефективнішим засобом попередження диспетчера про необхідність надати пріоритет повідомленню, яке буде слідувати.

У посібнику для експлуатантів щодо людського фактору сказано: «Диспетчери повинні усвідомлювати, що під час екстреної ситуації найважливішими потребами льотного екіпажу є: час, повітряний простір і тиша».

Так як були проблеми з підготовки авіадиспетчерів під час обслуговування в аварійних та особливих ситуаціях, то в Інституті Аеронавігаційної служби (IANS) було розроблено - «Керівництво з підготовки диспетчерів для роботи в аварійних і нестандартних ситуаціях», в якому рекомендується використовувати «Типові карти дій фахівців ОПП в аварійних та непередбачуваних ситуаціях (ASSIST)» [7], для забезпечення належного поведіння з будь-якою надзвичайною ситуацією, яка потребує негайних дій від диспетчера ОПП.

Абревіатура ASSIST (рис. 1.1) [7] застосовується в Україні і є найбільш відомою, зручною, зрозумілою й впізнаваною серед більшості авіаційних фахівців по всьому світу:

**A** “Acknowledge” – “Підтвердити”

**S** “Separate” – “Відокремити”

**S** “Silence” – “Вимкнути”

**I** “Inform” – “Інформувати”

**S** “Support” – “Підтримувати”

**T** “Time” – “Забезпечити час”

<b>A</b> cknowledge	Підтвердіть екіпажу ПС отримання повідомлення про аварійну ситуацію. При необхідності дайте екіпажу вказівку встановити відповідний код ВОРЛ
<b>S</b> eparate	Забезпечуйте ешелонування ПС, що знаходиться в аварійній ситуації відносно інших ПС. Дайте даному ПС простір для маневру
<b>S</b> ilence	Скоротіть радіообмін на робочій частоті до мінімуму (введіть режим радіомовчання)
<b>I</b> nform	Інформуйте керівника польотів і всіх заінтересованих диспетчерів інших секторів/органів ОПП
<b>S</b> upport	Надавайте екіпажу ПС будь-яку можливу допомогу в ситуації, що склалася
<b>T</b> ime	Дайте екіпажу час подумати над вирішенням проблеми і прийняти відповідне рішення щодо подальших дій в ситуації, що склалася

Рисунок 1.1 - Операційні процедури ASSIST

Визначити повний перелік аварійних та особливих ситуацій, що можуть виникнути в польоті, неможливо. Однак список ASSIST [8] містить такі загальні особливі ситуації (ОС), які наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Перелік особливих ситуацій

№	Особлива ситуація у польоті (ОСП)
<b>ОС 1</b>	повідомлення бортової системи попередження зіткнення ( <i>ACAS/TCAS</i> )
<b>ОС 2</b>	зіткнення з птахом ( <i>Birdstrike</i> )
<b>ОС 3</b>	загроза вибуху на борту ПС ( <i>Bomb Warning</i> )
<b>ОС 4</b>	проблеми з гальмівною системою ПС ( <i>Brake Problems</i> )
<b>ОС 5</b>	відмова радіозв'язку ( <i>Communication Failure</i> )
<b>ОС 6</b>	проблеми з системою електропостачання. Знеструмлення ПС ( <i>Electrical Problems</i> )
<b>ОС 7</b>	аварійне зниження ( <i>Emergency Descent</i> )
<b>ОС 8</b>	відмова двигуна ( <i>Engine Failure</i> )
<b>ОС 9</b>	пожежа двигуна або допоміжної силової установки (ДСУ) ( <i>Engine on fire or APU on fire</i> )
<b>ОС 10</b>	проблеми с паливом: критичний залишок палива ( <i>Fuel problems – Critical fuel status</i> )

## Продовження таблиці 1.1 – Перелік особливих ситуацій

№	Особлива ситуація у польоті (ОСП)
<b>ОС 11</b>	проблеми з шасі: небезпечна індикація / шасі не випускаються ( <i>Gear problems – Unsafe indication / No Gear</i> )
<b>ОС 12</b>	проблеми з гідравлічною системою: повна або часткова відмова органів управління, управління випуском шасі, гальмівної системи, випуском закрилків, передньою стойкою шасі ( <i>Hydraulic Problems</i> )
<b>ОС 13</b>	обмерзання ( <i>Icing</i> )
<b>ОС 14</b>	проблеми з герметизацій ПС ( <i>Pressurization Problems</i> )
<b>ОС 15</b>	дим або вогонь в кабіні екіпажу / пасажирському салоні ( <i>Smoke or Fire in the cockpit/ in the cabin</i> )
<b>ОС 16</b>	незаконне втручання ( <i>Unlawful Interference</i> )
<b>ОС 17</b>	зливання палива ( <i>Fuel Dumping</i> )
<b>ОС 18</b>	аварійна посадка / посадка поза аеродромом ( <i>Emergency, External Landing / Outside landing</i> )
<b>ОС 19</b>	перерваний зліт ( <i>Take-off Abort</i> )
<b>ОС 20</b>	низький тиск мастила ( <i>Low oil pressure</i> )
<b>ОС 21</b>	втрата дієздатності пілота ( <i>Pilot Incapacitation</i> )

Євроконтроль розробив інструкції для навчання диспетчерів поводженню з незвичайними чи надзвичайними ситуаціями, які містять багато корисної інформації та порад, включаючи зразки контрольних списків для різних типів надзвичайних ситуацій.

Більшість європейських провайдерів аеронавігаційних послуг успішно застосовують принцип ASSIST, який був започаткований органом управління повітряним рухом у Німеччині Deutsche Flugsicherung GmbH (DFS). Раніше для прийняття рішення в надзвичайних ситуаціях існували деякі інші варіанти аббревіатур [8], наведених на рис. 1.2 - 1.7.

Дані аббревіатури складаються із перших букв слів, для того щоб полегшити запам'ятовування послідовності дій для авіаційних фахівців.



<b>A</b>	Announcing – визнати наявність надзвичайної ситуації або проблеми, надати вказівку екіпажу встановити відповідний код Squawk
<b>T</b>	Taq (англ. time, airspace and quiet) – надати екіпажу час, повітряний простір та тишу на частоті
<b>I</b>	Information – передати відповідну інформацію по каналах диспетчер-пілот та диспетчер-диспетчер
<b>S</b>	Solving the problem – вирішити проблему в команді диспетчер-диспетчер та диспетчер-пілот

Рисунок 1.2 - Аббревіатура ATIS

<b>S</b>	Squawk – підтвердити виклик; переконатися, що використовується коректний спеціальний код Squawk
<b>S</b>	Silence – звільнити частоту радіотелефонії, де це можливо призначити окрему частоту для ПС, що зазнало лиха
<b>S</b>	Separate – забезпечити екіпажу відповідний вільний повітряний простір для виконання будь-яких важливих маневрів
<b>S</b>	Shout – попросити допомоги у керівника польотів

Рисунок 1.3 - Аббревіатура SSSS

<b>A</b>	Acknowledge – визнати наявність надзвичайної ситуації або проблеми, надати вказівку екіпажу встановити відповідний код Squawk
<b>S</b>	Separate – відокремити ПС від іншого повітряного руху і підтримувати екіпаж, наскільки це можливо
<b>S</b>	Silence – звести передачі на робочій частоті до мінімуму, надаючи екіпажу час на прийняття рішення
<b>A</b>	Advise – надати інформацію керівнику польотів та диспетчерам ОПП суміжних секторів

Рисунок 1.4 - Аббревіатура ASSA

<b>R</b>	Recognise – визнати, що є проблема
<b>I</b>	Identify – визначити відповідний ПС та встановити спеціальний код Squawk
<b>S</b>	Separate – надати екіпажу повітряний простір, окремо від іншого повітряного руху
<b>C</b>	Communicate – передати інформацію диспетчерам ОПР сусідніх секторів та керівнику польотів відповідно до ситуації

Рисунок 1.5 - Аббревіатура RISC

<b>Q</b>	Quiet – звільнити робочу частоту
<b>R</b>	Recognise – визнати наявність проблеми під час отримання повідомлення
<b>S</b>	Separate – забезпечити окремий повітряний простір
<b>T</b>	Time – дати екіпажу час прийняти рішення стосовно вирішення проблеми

Рисунок 1.6 - Аббревіатура QRST

<b>T</b>	Time – дати пілоту час для виконання необхідних миттєвих дій при отриманні першого повідомлення про наявність проблеми
<b>A</b>	Airspace – надати екіпажу можливість використання сусіднього повітряного простору, я якого необхідно вивести інші ПС
<b>S</b>	Silence – звільнити робочу частоту і не відволікати екіпаж більшою кількістю викликів, ніж потрібно

Рисунок 1.7 - Аббревіатура TAS

## 1.2. Вплив обледеніння на політ літака

Ожеледь та обледеніння літака відносяться до метеорологічних явищ, які небезпечні для польотів. Обледеніння ПС – процес утворення льоду на поверхнях літального апарату під час польоту або стоянки на аеродромі (слабке – при відкладенні льоду на передній кромці крила до 0,5 мм/хв, помірне – від 0,5 до 1 мм/хв, сильне – більше 1 мм/хв).

Найбільш імовірно обледеніння при температурі від 0° до -20°С внаслідок сублімації водяної пари під час швидкого зниження ПС із більш холодних у більш теплі шари або під час вході в шар інверсії або замерзанні переохолоджених крапель опадів, що стикаються з поверхнею ПС. Обледеніння літака найчастіше відбувається в хмарах до висоти 2-3 км.

На кожному етапі польоту необхідно увімкнути противообліднювальну систему до входу у зону можливого обледеніння, якщо КПС не передбачає інші інструкції з використання цієї системи.

Існують різноманітні противообліднювальні системи:

### 1. Попередження обледеніння:

- механічне – нагрівання передньої кромки крила та стабілізатора;
- електричне – нагрівання лобового скла та лопатів повітряних гвинтів.

### 2. Усунення обледеніння:

- гаряче повітря – потік повітря направляєється зсередини на кромки крила та стабілізатора;
- електричне – нагрівальні елементи виділяють тепло для розмерзання;
- електричне нагрівання трубки Піто (приймач повітряного тиску).

Відмова цього елемента призводить до неточних показів висотоміра, показника швидкості, варіометра та індикатора кута атаки ПС;

- рідке – рідиною проти обледеніння оброблюється крило, стабілізатор та фюзеляж ПС на землі.

Обледеніння призводить до зменшення тяги двигунів та до збільшення ваги ПС і витрати пального. Відкладення льоду на склі кабіни пілотів погіршує умови огляду, через це ускладнюється заходження літака на посадку.

Основною загрозою є порушення аеродинамічних характеристик літальних апаратів.

Обледеніння переважно відбувається на лобових частинах фюзеляжу літака. Це призводить до деформації профілю обтікання та появи нерівностей на його поверхні, що негативно впливає на політ ПС через збільшення опору. Найбільший вплив на цей опір (70...80%) має обледеніння крил та хвостове оперення. [2]

Обледеніння значно ускладнює виконання польоту, примушує змінити напрям і висоту польоту, а в деяких випадках може навіть призвести до припинення польоту. В умовах найбільш неприємних обставин, обледеніння може спричинити тяжку льотну подію.

На що впливає обледеніння ПС показано на рис. 1.8.



Рисунок 1.8 - Вплив обледеніння на політ літака

Збільшення ваги літака за рахунок відкладення льоду, якщо воно розподіляється рівномірно, майже не впливає на горизонтальний політ, а лише зменшує швидкість і висоту польоту. Але при виконанні інших видів пілотажу і особливо при віражах, збільшення ваги ПС може призвести до некерованості літаком [6].

При значному обледенінні змінюється центровка літака, що погіршує його стійкість. Це може призвести до появи моментів “піке” (стрімкий політ ПС майже вертикально вниз) та “кобра” (керування літаком по тангажу з виходом на надвеликі кути атаки), а іноді й крен.

Значне відкладення льоду на передніх кромках несучих поверхонь ПС порушують такі його аеродинамічні якості [12]:

- збільшується лобовий опір;
- зменшується підйомна сила;
- змінюються умови обтікання його повітряним потоком;
- різко погіршується керованість літаком.

Інтенсивне накладання льоду на антени може призвести до замикання їх на корпусі літака або навіть до їх обриву. Внаслідок чого відбувається переривання радіозв'язку та відмова в роботі радіонавігаційного обладнання.

Інтенсивність обледеніння визначається наступним чином:

- легка: швидкість накопичення може створити проблему, якщо політ у цьому середовищі перевищує 1 годину.
- помірна: швидкість накопичення така, що навіть короткі зустрічі є потенційно небезпечними. Необхідно використовувати противообліднювальні засоби.
- важка: швидкість накопичення така, що використання противообліднювального обладнання не дозволяє зменшити або контролювати небезпеку. Необхідно негайно покинути зону обледеніння.

Фактори, які впливають на загрозу обледеніння:

- розмір краплинок;
- концентрація крапель;
- форма поверхонь літака;
- швидкість літака;
- температура навколишнього середовища;
- температура на поверхні літака (має бути 0°C або нижче).

Розмір крапель впливає на швидкість улову. Маленькі краплі, як правило, слідує за повітряним потоком і розносяться навколо крила. А великі важкі краплі вдаряються по крилу. Коли маленька крапля все-таки вдариться, вона пошириться на крило лише на невелику відстань. Велика крапля розтікається далі. Що стосується швидкості польоту, то кількість крапель, які впали на літак за певний час, збільшується зі збільшенням швидкості. Кривизна передньої кромки крила також впливає на швидкість улову. Тонкі крила вловлюють більше крапель, ніж товсті крила. Таким чином, швидкість улову є найбільшою для літака з тонкими крилами, що летить на високій швидкості крізь хмару з великими краплями та високим вмістом рідкої води.

Розрізняють три основні типи обледеніння:

1. Прозорий лід - це щільне покриття скляного льоду, яке утворюється під час польоту в місцях із високою концентрацією великих переохолоджених крапель води, таких як купчасті хмари та крижаний дощ. Він поширюється, часто нерівномірно, по поверхнях крил і оперення, лопатям гвинта, антенам тощо. Прозорий лід утворюється, коли лише невелика частина переохолодженої краплі води замерзає під час удару. Температура обшивки літака підвищується до  $0^{\circ}\text{C}$  за рахунок тепла, що виділяється під час початкового замерзання в результаті удару частини краплі. Велика частина краплі залишається розтікатися, змішуватися з іншими краплями перед повільним і остаточним замерзанням. Таким чином утворюється твердий лист прозорого льоду без вбудованих бульбашок повітря, які послаблюють його структуру. У міру того, як накопичується більше льоду, лід утворює один або подвійний ріг, який виступає перед крилом, поверхнею хвоста, антеною тощо, на яких він збирається. Це унікальне утворення льоду серйозно порушує потік повітря та відповідає за збільшення опору. Небезпека чистого льоду є великою через:

- втрату підйомної сили через змінений розвал крила та порушення плавного потоку повітря над поверхнями крила та оперення;
- збільшення лобового опору через збільшення площі профілю крил;
- вагу великої маси льоду, яка може накопичитися за короткий час;
- вібрацію, яка спричинена нерівним навантаженням на крила та лопаті гвинта(ів). Коли великі блоки розбиваються, вібрація може стати достатньо сильною, щоб серйозно пошкодити конструкцію літака. У суміші зі снігом або мокрим снігом чистий лід може мати білястий вигляд.

2. Іній - це непрозорі або молочно-білі відкладення льоду, які утворюються, коли літак летить крізь плівкові/шаруваті хмари. Це залежить від низької швидкості уловлювання дрібних переохолоджених крапель води. Він накопичується на передніх краях крил і на антенах тощо. Для утворення інею обшивка літака повинна мати температуру нижче  $0^{\circ}\text{C}$ . Тоді крапля повністю та швидко замерзне, не поширюючись від місця удару. Таким чином, краплі зберігають свою сферичну форму, коли вони замерзають. Цей процес створює неправильну форму льоду. Іній, як правило, крихкий, і

його можна легко видалити за допомогою противообліднювального обладнання.

3. Змішаний лід має властивості як прозорого, так і інею. Зовнішній вигляд білуватий, нерівний і шорсткий. Сприятливі умови включають рідкі та замерзлі частинки, що знаходяться в холоднішій частині купчастої хмари, і мокрий сніг. Змішаний лід може швидко накопичуватися, і його важко видалити.

Білий напівкристалічний мороз, який покриває поверхню літака, утворюється в чистому повітрі в процесі осадження. Це практично не впливає на політ, але може погіршити огляд через покриття лобового скла. Він також може створювати перешкоди для радіо через покриття антени льодом. Зазвичай він утворюється в чистому повітрі, коли холодний літак потрапляє в більш тепле та вологе повітря під час крутого зниження. ПС, припарковані на вулиці в ясні холодні ночі, ймовірно, будуть покриті інеєм до ранку. Верхні поверхні літака охолоджуються радіацією до температури, нижчої за температуру навколишнього повітря.

Мороз, який утворюється на крилах, хвості та кермі, необхідно видалити перед зльотом. Мороз змінює аеродинамічні характеристики крила настільки, що перешкоджає зльоту, збільшуючи швидкість звалювання та зменшуючи підйомну силу.

Крижана роса також може утворюватися на літаках, припаркованих на вулиці, вночі, коли температура трохи нижче нуля. Роса спочатку конденсується на обшивці літака, а потім замерзає, коли поверхня літака охолоджується. Мерзла роса зазвичай прозора і дещо кристалічна, тоді як паморозь біла і пухнаста. Мерзлу росу, як і паморозь, перед зльотом потрібно зняти. Насправді будь-який сніг або вологу будь-якого виду слід видалити, оскільки вони можуть примерзнути до поверхні, коли літак вирулює на зліт. Втрата тепла через швидкість руху літака може бути достатньою, щоб спричинити обледеніння.

Пілотам, які літають на легких ПС, які не обладнані датчиком температури зовнішнього повітря, рекомендується встановити його, оскільки цей прилад попереджатиме про температури, які сприяють обледенінню.

Щоб уникнути проблем з обледенінням, слід дотримуватися кількох правил:

- 1) уникайте польотів у зону, де, як відомо, існують умови обледеніння. Не літайте під час дощу або мокрого снігу, коли температура близько 0°C, або в купчасті хмари, коли температура низька.
- 2) завжди консультируйтеся з метеослужбою або станцією обслуговування польотів, щоб отримати прогноз щодо очікуваних умов обледеніння перед вильотом у будь-який рейс восени чи взимку.
- 3) ожеледиця під час льоду зазвичай максимальна під нижньою межею хмар, де краплі найбільші. Ожеледь відноситься до типу прозорого льоду.
- 4) кристали снігу та льоду, холодніші за -20°C, не прилипають до холодних літаків і зазвичай не створюють проблеми обледеніння. Однак, якщо літак теплий, сніг може розтанути, коли він стикається з теплою поверхнею, і це може призвести до наростання льоду. Якщо разом зі снігом присутні краплі переохолодженої води, може статися швидке утворення грубого льоду.

Згідно із статистикою ІКАО, через обледеніння щорічно відбувається близько 7% усіх авіаційних катастроф, пов'язаних із метеорологічними умовами. Це трохи менше 1% усіх авіакатастроф загалом. [3]

Екіпаж ПС повинен правильно розуміти, що тільки своєчасне противообліднювальне оброблення літака на землі в умовах сильного наземного обледеніння, грамотні дії екіпажу в польоті та правильне прийняття рішення на продовження польоту – запорука успішного та безпечного виконання польоту.

Диспетчер повинен знати та дотримуватися інструкцій та рекомендацій, які наведені в ASSIST.

Він має **знати**, що обледеніння літака може призвести до:

- збільшення ваги;
- погіршення аеродинамічних характеристик;
- відкладення льоду на лопатях гвинтів;
- обмерзання карбюратора;
- обмерзання приймачів повного та статичного тиску;
- звуження сопла вхідного направляючого апарата, компресорів турбогвинтових та повітрязбірників поршневих двигунів;



- важкий хід рульових поверхонь.

У разі обледеніння літака диспетчеру слід **очікувати**:

1. негайної зміни рівня або курсу;
2. обмеження у вертикальній швидкості набирання або зниження;
3. збільшення швидкості.

Диспетчер повинен бути **готовий**:

- проінформувати пілота про:
  - перевірку противообліднювальної системи та системи запобігання утворення обмерзання;
  - противообліднювальну систему крила або системи запобігання утворення обмерзання;
  - резервний засіб постачання повітря;
  - нагрівання карбюратора, трубки Піто (прилад для заміру швидкості потоку рідини або газу у трубах), приладу попередження про звалювання ПС, лобового скла;
  - усунення обмерзання повітряного гвинта;
  - збільшення швидкості заходження на посадку або посадки через збільшення швидкості звалювання;
  - зниження із збільшеною потужністю двигунів, з метою збільшення забору повітря компресором.
    - уникати польоту у зоні очікування;
    - звільнити смугу безпеки;
    - надати можливість безперервного набирання після зльоту;
    - повідомити іншим повітряним суднам, органам та сіноптику метеослужби щодо інформації, яку отримали з борту (AIREP).

Окрім метеорологічних факторів, швидкість утворення льоду на планері також залежить від характеристик літака. Швидкісні ПС з тонким поперечним перерізом крила більш сприйнятливі до погіршення аеродинаміки, а отже, більш сприйнятливі до наростання льоду.

Розглянемо дії авіадиспетчера у вигляді структурної схеми у разі виникнення ОС – обледеніння ПС (рис. 1.9).



Рисунок 1.9 - Дії диспетчера при обледенінні ПС

### 1.3. Приклади авіаційних подій, що виникли внаслідок обледеніння ПС

Метою розслідування авіаційних подій (АП) є з'ясування фактів і обставин, що стосуються подій, для визначення їх справжніх чи ймовірних причин та розроблення відповідних заходів щодо запобігання виникненню подібних АП і виявлених небезпечних факторів у майбутньому.

Обледеніння є дуже небезпечним фактором АП. На кількість інцидентів, викликаних обледенінням, впливають пора року, етап польоту, а також маса ПС. Більшість подій під час польоту властива ПС, максимальна злітна маса яких не перевищує 50 тон. Найбільша кількість подібних випадків виникає у грудні та січні.

Висновки Національної ради з безпеки на транспорті показали, що протягом періоду 2008–2021 років відбулося щонайменше 52 авіакатастрофи та 64 загиблих, причиною чи чинником яких було визначено структурне обледеніння під час польоту.

Для прикладу проаналізуємо декілька випадків з обледенінням ПС [4]:

1. 31 жовтня 1994 року *ATR 72-212*, виконував внутрішній рейс *AA4184* (позивний — *Eagle Flight 184*) за маршрутом Індіанаполіс — Чикаго. Перебуваючи в зоні очікування та при виконанні зниження до висоти 2400 метрів, несподівано завалився на крило і впав на землю. Загинули всі 68 людей, що знаходилися на його борту, — 64 пасажирів і 4 члени екіпажу.

*Висновок.* Національна рада з безпеки на транспорті (NTSB) дійшла висновку, що причиною втрати управління стало обледеніння літака, викликане недосконалістю противообліднювальної системи та конструкції крила. Але французьке Бюро з розслідування та аналізу безпеки цивільної авіації (BEA) дійшло висновку, що ПС втратив керування через помилки пілотів.

2. 12 грудня 1985 року *Douglas DC-8-63CF*, виконував міжконтинентальний рейс *MF1285R* за маршрутом Каїр – Кельн – Гандер - Форт Кемпбелл. Через декілька секунд після відриву шасі від ЗПС міжнародного аеропорту Гандер літак завалився і впав на землю в 1 км від аеропорту. Загинули всі 256 людей, — 248 пасажирів і 8 членів екіпажу.

*Висновок.* Канадська рада з авіаційної безпеки не змогла визначити точну послідовність подій, які призвели до цієї аварії. Проте Комісія вважає, що вагомість доказів підтверджує висновок про те, що незабаром після зльоту літак зазнав збільшення лобового опору та зменшення підйомної сили, що призвело до звалювання на низькій висоті, з якого неможливо було піднятися. Найбільш вірогідною причиною звалювання було визначено забруднення льодом передньої кромки та верхньої поверхні крила. Інші можливі фактори, такі як втрата тяги від двигуна № 4 та невідповідні базові швидкості зльоту, могли посилити наслідки забруднення.

3. 5 січня 2004 року *Fokker 70* вилетів з Відня з 4 членами екіпажу та 28 пасажирями на борту для планового рейсу *OS111* до Мюнхена. Політ проходив без пригод, доки літак не передали до підрозділу УПР Мюнхена. Раптом на FL 90 під час заходу на посадку до аеропорту Мюнхена було виявлено сильні вібрації на правому двигуні. Коли з задньої частини літака долинали додаткові незвичайні звуки, екіпаж оголосив надзвичайну ситуацію через серйозні проблеми з двигуном і попросив дозволити йому негайно приземлитися. Оскільки літак не зміг зберегти глісаду, він торкнувся землі приблизно за 2,5 морських миль від початку ЗПС на засніженому полі з частково висунутими шасі. Пройшовши дистанцію ковзання 220 м, ПС зупинився на сильно пошкодженому фюзеляжі.

*Висновок.* Після тривалого часу в умовах помірного обледеніння та низької тяги двигуна на роторах компресорів низького тиску обох двигунів утворився лід. Склеєні з'єднання панелей проти льоду на обох двигунах вийшли з ладу через деформації, викликані вібрацією двигунів, спричиненою льодом. Через свої особливості місцевість у межах досяжності була непридатною для посадки транспортного літака.

4. 13 січня 1982 року *Boeing 737-222* виконував регулярний рейс *QN90* (позивний - *Palm 90*) за маршрутом Вашингтон – Тампа – Форт – Лодердейл. Через 22 секунди після зльоту в умовах сильного снігопаду раптово перейшов у звалювання і, втративши висоту, врізався у завантажений автомобілями проліт мосту, після чого провалився під лід річки та пішов під воду. У катастрофі загинули 78 людей - 74 особи на борту літака і 4 особи на мосту.

*Висновок.* З дна річки Потомак дістали обидва бортові самописці. Причина катастрофи - зледеніння крил, що сталося під час вимушеної затримки в аеропорту Вашингтона. Пілоти не вважали за потрібне обробити літак етиленгліколем безпосередньо перед зльотом, і крижа, що зледеніла, просто відмовилися тримати літак у повітрі. Також зледеніли датчики повного тиску, що призвело до завищення показань приладів у кабіні екіпажу, що визначають рівень підвищення тиску в двигунах. Також комісія NTSB зазначила, що дії пілотів після відриву літака від ЗПС не можна визнати задовільними. Прийнявши правильне рішення фіксувати кут тангажу літака, екіпаж вчасно не збільшив тягу двигунів, щоб підвищити швидкість польоту і запобігти зіткненню з мостом. Також КПС не припинив зліт на ранній стадії розбігу, коли другий пілот звернув увагу на дивні показання контрольних приладів.

5. 15 листопада 1987 року *McDonnell Douglas DC-9-14* виконував плановий внутрішній рейс *CO-1713* за маршрутом Денвер – Бойсе. Під час зльоту втратив керування і впав на ЗПС аеропорту Денвера. З 82 осіб, що знаходилися на його борту (77 пасажирів і 5 членів екіпажу) загинули 28.

*Висновок.* Розслідування причин катастрофи проводила NTSB. Причиною катастрофи стала сукупність кількох чинників. Зокрема, пілоти рейсу 1713 не повідомили авіадиспетчеру про місцезнаходження їхнього літака, тому той буквально «втратив» його і помилково вів переговори з пілотами іншого літака *Continental Airlines (MD-80)* рейс *COA594*, який проходив обробку проти обледеніння. Коли пілоти рейсу 1713 року все-таки пояснили диспетчеру своє місцезнаходження біля початку ЗПС, той відправив ПС на зліт із затримкою більш ніж на 30 хвилин. З урахуванням того, що дія противообліднювальної рідини зберігається всього 20 хвилин, на обох крилах літака накопичився сніг, що поступово перетворився на лід. Також під час розслідування з'ясувалося, що другий пілот рейсу 1713 не мав достатнього досвіду в управлінні *McDonnell Douglas DC-9*. Він кілька разів провалював іспити і був звільнений з попередньої авіакомпанії через нестачу кваліфікації.

Отже, з наведених вище результатів аналізу авіаційних подій, можна зробити висновок, що проблема обледеніння ПК являється достатньо актуальною. Під час виникнення такої ситуації, остаточне рішення приймає не тільки командир ПС, але

й диспетчер ОПР повинен завжди бути готовим надавати відповідні рекомендації та вказівки щодо дій екіпажу ПС, а також передбачати можливий подальший розвиток особливої ситуації.

#### 1.4. Правила ведення радіообміну при обледенінні літака

Правила ведення радіообміну включають в себе стандартні процедури ведення зв'язку між пілотами, персоналом ОПР та іншим наземним персоналом у відповідних ситуаціях.

Радіообмін між пілотом та диспетчером ведеться у формі діалогу:

- пілот надсилає запит диспетчеру та отримує дозвіл;
- диспетчер дає вказівку пілоту та отримує підтвердження.

Під час радіообміну рекомендується максимально дотримуватись стандартних фраз і, по можливості, уникати відхилень від фразеології. Ведення радіообміну або переговорів, які не мають прямого відношення до виконання польотів та обслуговування повітряного руху, не допускається.

Радіообмін має бути коротким, вестись з дотриманням правил вимови окремих слів, з виключенням слів-паразитів та звуків зупинки та з чіткою дикцією.

Радіообмін необхідно вести з однаковою швидкістю надсилання повідомлення не більше 100 слів на хвилину і без зміни гучності голосу під час повідомлення.

Використання слів вітання та подяки допускається. Якщо при першому зв'язку екіпаж вітає вас, відповідайте тим самим. При закінченні роботи з екіпажем або передачі його суміжному диспетчерському пункту чиніть аналогічно.

Вимоги щодо порядку ведення радіообміну та застосування стандартної фразеології при виконанні польотів та ОПР представлені в Наказі від 10.06.2004 №486 «Про затвердження Правил ведення радіотелефонного зв'язку та фразеології радіообміну в повітряному просторі України» [5].

Розглянемо приклад ведення радіообміну у разі обледеніння ПС (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 - Фразеологія радіообміну між диспетчером і пілотом

	Phraseology
PIC → ATC	Kiev Radar, AUI 441, moderate icing between FL 120 to FL 160.
ATC → PIC	AUI 441, Roger.

Диспетчер УПР, після того як йому доповіли про обледеніння, повинен обов'язково повідомити метеослужбу та інших ПС.

Перед входом у зону можливого обледеніння або при раптовому попаданні в зону сильного обледеніння екіпажем ПС повинна бути включена противообліднювальна система ПС. Якщо вжиті заходи виявляються неефективними і не забезпечується безпечне продовження польоту, то КПС за погодженням з органом ОПР у контрольованому повітряному просторі змінює висоту та/або маршрут польоту для виходу в район, де можливе безпечне продовження польоту, або приймає рішення про політ на запасний аеродром.

Вирішити проблему з обледенінням може зниження, входження до повітряного простору з вищою температурою або використання противообліднювальних систем.

## Висновок до розділу 1

Особливі ситуації в польоті значно впливають на обслуговування повітряного руху, а отже, і на дії і технологію роботи диспетчера. Тому він повинен завжди бути готовий надавати допомогу екіпажу залежно від ситуації, проявляючи власний досвід в умовах зростання психологічного та емоційного навантаження.

У разі виникнення такої нестандартної ситуації, як обледеніння літака, командир ПС зобов'язаний вжити всіх можливих заходів для негайного виходу з небезпечної зони з доповіддю відповідному органу ОПР, який зобов'язаний з урахуванням повітряної обстановки забезпечити екіпажу ПС необхідні умови польоту.

Було проведено аналіз авіаційних подій, причиною яких стало обледеніння ПС в польоті, і у результаті було встановлено, що згідно із статистикою ІКАО, через обледеніння щорічно відбувається близько 7% усіх авіаційних катастроф, але все одно ця проблема являється достатньо актуальною.

Також була розглянута фразеологія між пілотом і диспетчером, але під час виникнення особливих випадків в польоті, вона не завжди стандартна і екіпаж може не використовувати її, а діяти відповідно до ситуації.



## РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ АВІАДИСПЕТЧЕРОМ В ОСОБЛИВИХ ВИПАДКАХ В ПОЛЬОТІ

### 2.1. Етапи процесу прийняття рішення

Прийняття рішень (ПР) - це складний та багатогранний процес, який включає в себе ряд етапів і дій. Завдання прийняття рішень (ЗПР) полягає в тому, щоб визначити найоптимальніший спосіб дій для досягнення заданої цілі. [1] Процес прийняття рішень складається з послідовності етапів та процедур і спрямований на усунення проблемної ситуації. Схема етапів прийняття рішення розглянута на рис. 2.1.

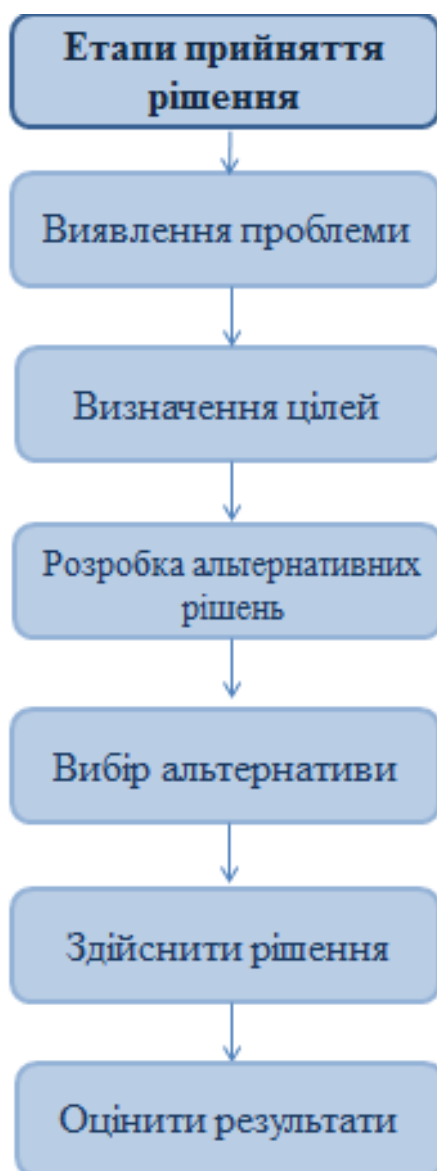


Рисунок 2.1 - Схема етапів прийняття рішення

Процес виявлення проблеми це усвідомлення того, що існує певний вид проблеми. Після цього впливає постановка цілей, які будуть основою для майбутнього рішення.

Альтернативні рішення – два або більше способи розгляду проблеми. Процес розробки альтернативних рішень виконується з метою знайти найкраще можливе рішення, враховуючи всі фактори, які впливають на процес прийняття рішень. Для повноти вибору можливих рішень розробку варіантів доцільно здійснювати за принципом декомпозиції або використовувати будь-який інший метод, що дозволяє гарантувати повноту варіантів, що розглядаються.

Вибір альтернативи передбачає її здійснення, тобто запровадження рішення у дію. Для того, щоб обрати краще рішення є перебір варіантів. Вибір оптимального варіанта досягається шляхом спрямованого перебору із застосуванням таких методів, як: математичне програмування, статистичне моделювання, теорії ігор тощо.

Кінцевий етап – оцінка результатів. Після того, як рішення реалізовано, потрібно оцінити ефективність. Якщо рішення - неефективне, то можна зіткнутися з вибором іншої альтернативи або скласти новий список альтернатив. А якщо рішення - ефективне, то потрібно переглянути елементи, що зробили його таким. Тоді він буде використаний повторно для ухвалення рішень у майбутньому.

Рішення – це результат інтелектуальної діяльності людини, що призводить до певного висновку або до необхідних дій, наприклад, повна бездіяльність, розробка будь-якої дії або вибір дії з набору альтернатив та її реалізація.

## **2.2. Метод експертних оцінок**

Метод експертних оцінок (МЕО) - це вирішення задачі експертами за допомогою прогнозування та оцінки майбутніх результатів дій на основі прогнозів фахівців.

Під виявленням переваг ПР розуміють процес отримання інформації про пріоритети цієї людини на безліч вибору та побудови на її основі моделі, яка описує ці переваги.

Способи вираження переваг:

1. Метод парних порівнянь.

Шкала оцінок парного порівняння:

- 1 - відображає факт переваги;
- 0 - факт невизначеності;
- 0,5 – факт рівноцінності;
- \* - факт незрівнянності елементів.

2. Сортуння:

Крім парного порівняння, відбувається також розбиття на класи досліджуваних елементів.

3. Ранжування:

Подання елементів у вигляді послідовності відповідно до зростання або зниженням їх переваг.

4. Вираження переваг коефіцієнтами значимості.

Під час використання МЕО проводиться опитування спеціальної групи експертів, яка складається з 5–7 осіб.

Експерти - це особи, які володіють високим рівнем професійних знань і навичок у певній галузі та можуть надати обґрунтовану думку щодо досліджуваного явища. Вони не повинні мати особистого інтересу або бути зацікавленими у конкретному варіанті вирішення поставленої перед ними проблеми.

Виглядає це так: експерти відповідають на питання, які стосуються досліджуваної проблеми, в анкеті. Кожен з них записує своє бачення проблеми і обмінюється відповідями з колегами. Якщо виникають розбіжності між думками експертів, то той, чиє бачення відрізняється, зобов'язаний пояснити причини такої різниці. Ця процедура повторюється до тих пір, поки думки експертів не збіжаться. При цьому важливо дотримуватися анонімності, що допомагає уникнути впливу групових обговорень на рішення щодо проблемної ситуації.

Після проведення опитування групи експертів здійснюється обробка результатів. Початковою інформацією для обробки є числові дані, що виражають переваги експертів, і змістовне обґрунтування цих переваг. Метою обробки є отримання узагальнених даних і нової інформації, що міститься в прихованій формі в експертних оцінках.

На основі результатів обробки формується вирішення проблеми. Наявність, як числових даних, так і змістовних висловлювань експертів призводить до необхідності застосування якісних і кількісних методів обробки результатів групового експертного оцінювання. Питома вага цих методів істотно залежить від класу проблем, що вирішуються експертним оцінюванням.

Залежно від цілей експертного оцінювання і обраного методу оцінювання при обробці результатів опитування виникають такі основні завдання при побудові експертної системи:

- побудова узагальненої оцінки об'єктів на основі індивідуальних оцінок експертів;
- побудова узагальненої оцінки на основі парного порівняння об'єктів кожним експертом;
- визначення відносних вагових коефіцієнтів об'єктів;
- визначення узгодженості думок експертів;
- визначення залежностей між ранжуваннями;
- оцінка надійності результатів обробки.

Раціональне використання інформації, що отримується від експертів, можливо за умови перетворення її у форму, зручну для подальшого аналізу, спрямованого на підготовку ПР. Форма представлення експертних даних залежить від прийнятого критерію, на вибір якого у свою чергу істотний вплив робить специфіка досліджуваної проблеми. Значить, для нас найважливіше - формалізувати цю інформацію так, щоб допомогти ЛПР вибрати з безлічі дій одне(чи декілька), найбільш прийнятне відносно деякого критерію.

Якщо експерт в змозі порівняти і оцінити можливі варіанти дій, приписавши кожному з них певне число, вважатимемо, що він має певну систему переваг. Залежно від того, за якою шкалою можуть бути задані ці переваги, експертні оцінки містять більший або менший об'єм інформації і мають різну здатність до математичної формалізації.

Порядкові шкали використовуються тоді, коли досліджувані об'єкти можна розташувати в певній послідовності з урахуванням істотного чинника. Вони дозволяють розрізняти об'єкти, навіть якщо критерій порівняння не є явно визначеним. Це значить, що, навіть коли нам не відомі ознаки порівняння, ми

можемо частково або повністю упорядковувати об'єкти на основі системи переваг, визначеної експертами.

При рішенні багатьох практичних завдань, часто виникає ситуація, коли чинники, що визначають кінцеві результати, не можуть бути безпосередньо виміряні. Розташування цих чинників в порядку зростання (або зменшення) значущості називається ранжуванням. Воно допомагає вибрати з досліджуваної сукупності чинників найбільш суттєвий.

При ранжуванні експерт повинен розташувати об'єкти в такому порядку, який здається йому найбільш раціональним, і виставити кожному з них числа натурального ряду – ранги. При цьому ранг 1 отримує найкраща альтернатива, а ранг  $N$  – найменш раціональна. Отже, порядкова шкала, що отримується в результаті ранжування, повинна задовольняти умові рівності числа рангів  $N$  числу ранжованих об'єктів  $n$ .

Буває так, що експерт не в змозі вказати порядок дотримання для двох або декількох об'єктів або він привласнює різним об'єктам один і той же ранг, і в результаті число рангів  $N$  виявляється не рівним числу об'єктів  $n$ , що ранжуються. У таких випадках об'єктам приписуються так звані стандартизовані ранги. З цією метою загальне число стандартизованих рангів вважають рівним  $n$ , а об'єктам, що мають однакові ранги, привласнюють стандартизований ранг, значення якого представляє середнє суми місць, поділених між об'єктами з однаковими рангами.

При оцінці об'єктів дослідження експерти частенько розходяться в думках з вирішуваної проблеми. У зв'язку з цим виникає необхідність кількісної оцінки міри згоди експертів – узгодженості думки експертів. Отримання кількісної міри узгодженості дозволяє більше обґрунтовано інтерпретувати причини розбіжності думок. Використовуючи методи парного порівняння, можна знайти рангову кореляцію між оцінками кожної пари експертів. При великій кількості експертів розрахунки стають надзвичайно трудомісткими, тому узгодженість думок експертів оцінюється за допомогою коефіцієнта конкордації  $W$ , тобто загального коефіцієнта рангової кореляції для групи, що складається з  $m$  експертів.

Загальна постановка завдання ПР за наявності безлічі альтернатив і великого числа критеріїв (не завжди погоджених між собою і часом суперечливих), виглядає таким чином:

- є деяка безліч альтернатив  $A$ , причому кожна альтернатива  $a$  характеризується певною сукупністю властивостей  $a_1, a_2, \dots, a_n$ ;
- є сукупність критеріїв  $(q = q_1, q_2, \dots, q_i, \dots, q_n)$ , що відбивають кількісну безліч властивостей системи, тобто кожна альтернатива характеризується вектором  $q(a) = [q_1(a), q_2(a), \dots, q_i(a), \dots, q_n(a)]$ ;
- необхідно прийняти рішення про вибір однієї з стратегій, причому рішення називається простим, якщо вибір робиться за одним критерієм, і складним, якщо вибрана альтернатива не є найкращою за якимсь одним критерієм, але може виявитися найбільш прийнятною для усієї їх сукупності;
- завдання ПР по вибору альтернативи на безлічі критеріїв формально зводиться до відшукування відображення  $\varphi$ , яке кожному вектору ставить у відповідність дійсне число  $F = \varphi(q) = \varphi(q_1, q_2, \dots, q_n)$ , що визначає міру переваги цього рішення.

Оператор  $\varphi$  називають інтегральним (узагальненим) критерієм. Інтегральний критерій привласнює кожному рішенню по вибору альтернативи відповідне значення ефективності  $F$ . Це дозволяє упорядкувати безліч рішень по мірі переваги. Існує безліч методів формування узагальнених критеріїв, але більшість з них побудована на основі формальних правил і не враховує цінність, корисність окремих критеріїв  $\varphi$ , використовуваних при рішенні задачі вибору альтернативи. При побудові узагальненого показника ефективності відповідно до теорії корисності об'єднання критеріїв  $\varphi$  робиться найчастіше на основі адитивного перетворення  $F = \varphi(q_1, q_2, \dots, q_n) = \sum_{i=1}^n w_i q_i$ .

Адитивна форма критеріальної функції, що представляє суму показників якості, приведених до єдиного масштабу, є найбільш зручною і простою формою оцінки.

Один з можливих шляхів рішення задачі полягає в наступному. Кожен  $j$ -й експерт спочатку визначає набір чисел  $C_{ij}$ , що відбивають його думку відносно цінність  $i$ -го критерію, причому числа записані в довільному масштабі. Потім вони масштабуються, в результаті чого отримуємо  $w_i = \frac{C_i}{\sum_{i=1}^n C_j}$ ;  $\sum_{i=1}^n W_i = 1$ .

Остаточні значення коефіцієнтів обчислюються в результаті усереднювання значення  $w_{ij}$ , отримуваних від усіх експертів. Якщо компетентність експертів в групі вважається однаковою, то  $w_i = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m w_{ij}$ .

Якщо ж компетентність  $j$ -го експерта оцінюється числом  $g_j$ ,  $\sum_{j=1}^m g_j = 1$ , то  $w_i = \sum_{j=1}^m g_j w_{ij}$ .

Розглянемо алгоритм застосування методу експертних оцінок та визначення вагових коефіцієнтів:

- 1) Розроблення анкети та проведення експертного опитування.
- 2) Побудова матриці індивідуальних переваг (формула 2.1)):

$$A_{n \times n} = (a_{ii}) \quad (2.1)$$

де  $i = 1 \dots n$

- 3) Визначення системи індивідуальних переваг  $j$ -го експерта за формулою (2.2):

$$R_j = R_1 > R_2 > R_3 > \dots \quad (2.2)$$

де  $j = 1 \dots n$

- 4) Побудова матриці групових переваг (формула (2.3)):

$$A_{n \times m} = (a_{ij}) \quad (2.3)$$

де  $i = 1 \dots n, j = 1 \dots m$

- 5) Визначення системи групових переваг за формулою (2.4):

$$R_{гр} = R_1 > R_2 > R_3 > R_4 > R_5 > \dots \quad (2.4)$$

за середнім значенням рангів параметрів групи (формула (2.5)):

$$R_{grj} = \frac{\sum_{i=1}^m R_i}{m} \quad (2.5)$$

де  $m$  – кількість експертів.

- 6) Визначення міри узгодженості групи експертів:

- 6.1) Дисперсія визначається за формулою (2.6):

$$D_j = \frac{\sum_{i=1}^m (R_{grj} - R_i)^2}{m-1} \quad (2.6)$$

- 6.2) Середньоквадратичне відхилення визначається за формулою (2.7):

$$\sigma_j = \sqrt{D_j} \quad (2.7)$$

- 6.3) Коефіцієнт варіації визначається за формулою (2.8):

$$V_j = \frac{\sigma_j}{R_{grj}} \times 100 \% \quad (2.8)$$

Якщо  $V < 33\%$  – думки експертів узгоджені, якщо  $V > 33\%$  – думки експертів неузгоджені, необхідно повторити експертне опитування або скористатися коефіцієнтом конкордації Кендалла для визначення узгодженості думок експертів за усіма параметрами.

Коефіцієнт конкордації Кендалла розраховується за формулою (2.9):

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3-n) - m \sum_{j=1}^m T_j} \quad (2.9)$$

де  $T_j$  – число однакових рангів в  $j$ -му рядку, що виставив  $j$ -й експерт визначається за формулою (2.10):

$$T_j = \sum (t_1^3 - t_i) \quad (2.10)$$

$S$  – загальна дисперсія, що визначається за формулою (2.11):

$$S = \sum (\sum_{i=1}^m R_{ij} - \bar{R})^2 \quad (2.11)$$

де  $\bar{R}$  – середня сума рангів за кожним параметром, що визначається за формулою (2.12):

$$\bar{R} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^m R_{ij} \quad (2.12)$$

Якщо  $W = 0,6..0,7$  – узгодженість думок експертів висока, якщо  $W < 0,6$  – необхідно повторити експертне опитування.

7) Визначення статистичної значущості коефіцієнту конкордації  $W$  за критерієм  $\chi^2$ , що визначається за формулою (2.13):

$$\chi_{\phi}^2 = \frac{S}{\frac{1}{2}m(n+1) - \frac{1}{12(n-1)} \sum_{j=1}^m T_j} > X_t^2 \quad (2.13)$$

8) Знаходження коефіцієнта рангової кореляції Спірмена для визначення узгодженості  $j$ -го експерта та групи експертів за формулою (2.14):

$$R_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}{n(n^2 - 1)} \quad (2.14)$$

Результати узгодженості  $j$ -го експерта та групи експертів заносяться до таблиці 2.1:

Таблиця 2.1 – Ранги групи та ранги  $i$ -го експерта

Ранги		Параметри, що оцінюються			
		$r_1$	$r_2$	$r_3$	$r_4$
$R_{гр}$ – ранги групи	$X_i$				
$R_i$ – ранги $i$ -го експерта	$Y_i$				



- 9) Статистична значущість коефіцієнта рангової кореляції Спірмена за критерієм Стюдента визначається за формулою (2.15):

$$t_{\phi} = R_s \sqrt{\frac{n-2}{1-R_s^2}} > t_{st} \quad (2.15)$$

- 10) Отримання моделі значущості досліджуваних параметрів за узгодженою системою групових переваг експертів за формулою (2.16):

$$R_{gp} = R_1 > R_2 > R_3 > R_4 > R_5 > \dots \quad (2.16)$$

- 11) Визначення вагових коефіцієнтів за формулою (2.17):

$$w_i = \frac{c_i}{\sum_{i=1}^n c_j} \quad (2.17)$$

де  $c_j$  – оцінка, отримана за припущенням гіпотези про лінійну залежність між рангом і відносною цінністю параметру та розраховується за формулою (2.18):

$$c_i = 1 - \frac{R_{ij}-1}{n} \quad (2.18)$$

де  $R_{ij}$  – ранг  $i$ -го параметру  $j$ -го експерта.

Сума вагових коефіцієнтів має дорівнювати одиниці (формула (2.19)):

$$\sum_{i=1}^m w_i = 1 \quad (2.19)$$

- 12) Графічна інтерпретація вагових коефіцієнтів.

- 13) Кінець задачі [19].

### 2.3. Прийняття рішення в умовах визначеності, невизначеності та ризику

#### 1. ПР в умовах визначеності

ПР в умовах визначеності відбувається, коли є повна та надійна інформація щодо проблемної ситуації, умов для вибору рішення і наслідків його виконання [16].

Алгоритм ПР в умовах визначеності авіадиспетчера при виникненні ОСП [15]:

- 1) Обрати ОСП відповідно до переліку ASSIST.
- 2) Визначити порядок дій диспетчера УПР у разі виникнення ОСП.
- 3) Декомпозиція порядку операційних процедур:

$$a_i, \text{ де } i = \overline{1 \dots n}$$

- 4) Побудувати блок-схему алгоритму дій авіадиспетчера в ОСП.
- 5) Визначити час

$$t_i, \text{ де } i = \overline{1 \dots n}$$

за допомогою методу експертних оцінок.

6) Визначити думку групи експертів (середнє арифметичне):

$$t_{\text{гр}} = t_{\text{сер}}$$

- координовану думку групи експертів для

$$t_i, \text{ де } i = \overline{1 \dots n}$$

- дисперсію для кожного фактору:  $D_j$
- середньоквадратичне відхилення:  $\sigma_j$
- коефіцієнт варіації для кожного  $t$ :  $V_j$

7) Визначити час на виконання операційних процедур та побудувати структурно-часову таблицю дій.

8) Побудувати мережевий графік виконання дій авіадиспетчера в ОСП.

9) Визначити критичний час виконання дій:  $T_{\text{гр}}$

10) Визначити критичний шлях ПР.

## 2. ПР в умовах ризику

ПР в умовах ризику ґрунтується на тому, що кожній ситуації розвитку подій може бути задана ймовірність його здійснення. Це дозволяє зважити кожне із значень ефективності та обрати для реалізації ситуації з найменшим рівнем ризику [33].

Значення цієї ймовірності можуть бути визначені або об'єктивно на підставі архіву статистичних даних за виконаними раніше проектами чи пробних випробувань, або суб'єктивно, наприклад, за результатами опитування експертів.

Алгоритм ПР в умовах ризику авіадиспетчера при виникненні ОСП:

- 1) Структурний аналіз ситуації - визначити етапи рішення  $k$ , час етапу  $t$ , додатковий ризик на етапі  $R_{\text{add}}: \{t\}, \{C\}$ .
- 2) Визначити альтернативи на кожному етапі:  $\{A\}$ .
- 3) Визначити ймовірності для кожної альтернативи:  $\{P\}$  (ЕJM).
- 4) Визначити результати:  $\{u\}$  (ЕJM).
- 5) Побудувати дерево рішень.
- 6) Розрахувати оптимальне рішення за допомогою критерію очікуваного значення та методу динамічного програмування.
- 7) Результат  $R_{\text{min}} / R_{\text{max}}$  (формула 2.20, 2.21):

$$R_{ij} = \min\{t_i(\sum_{j=1}^n p_j u_j) + C_i\} + \min R_{i-1} \quad (2.20)$$

$$R_{ij} = \max\{t_i(\sum_{j=1}^n p_j u_j) - C_i\} + \max R_{i-1} \quad (2.21)$$

### 3. ПР в умовах невизначеності

ПР в умовах невизначеності ґрунтується на тому, що ймовірності різних варіантів розвитку подій невідомі. Крім того, нерідко результат рішення залежить від настання певних зовнішніх ситуацій, які не тільки не контролюються особою, що приймає рішення, а й за якими у нього відсутня інформація, при якій з цих ситуацій його рішення має бути ефективним. Цей процес ускладнюється у випадку, коли при конкретних зовнішніх впливах кожен раз ефективною був би інший варіант рішення.

Тому особи, що приймають рішення, розроблюють різноманітні варіанти розвитку подій та наводять їх у вигляді матриці рішень.

Для вибору ефективного варіанту розвитку подій в умовах невизначеності є ряд критеріїв таких, як:

- критерій Вальда (правило максимін) - вибір альтернативи, яка з усіх несприятливих варіантів розвитку подій набуває найбільшого з мінімальних значень. Отримане рішення дає гарантований результат – найкраще рішення із найгірших альтернатив.
- критерій Лапласа (правило максимакс) - вибір альтернативи, яка з усіх найсприятливіших ситуацій розвитку подій має найбільше з максимальних значень. Застосовується у тих випадках, коли рішення приймається багато разів.
- критерій Гурвіца (правило «оптимізму-песимізму») - охоплює низку різних підходів до ПР: від найоптимістичнішого до найбільш песимістичного за допомогою коефіцієнта оптимізму-песимізму. Тобто цей критерій за допомогою коефіцієнту, який обирається суб'єктивно, встановлює точку зору особи, що приймає рішення, на ситуацію: від тотального оптимізму до тотального песимізму. Знаходиться максимум мінімальних значень альтернатив.
- критерій Севіджа (правило мінімакс) - вибір альтернативи, яка мінімізує величину максимальних втрат по кожному з можливих рішень.

Алгоритм ПР авіадиспетчера в умовах невизначеності:

1) Сформуувати множини альтернативних рішень  $\{A\}$ :

$$\{A\} = \{A_1, A_2, \dots, A_i, \dots, A_n\}$$

2) Сформуувати множини факторів  $\{\lambda\}$ , що впливають на вибір аеродрому посадки:

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

3) Сформуувати множини можливих наслідків  $\{U\}$  при впливі факторів, що впливають на ПР:

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

4) Сформуувати матрицю рішень:

$$M = \|M_i\|$$

5) Обрати критерій ПР в умовах невизначеності (критерії Вальда, Лапласа, Гурвіца, Севіджа) для аналізу проблеми рішення.

Критерій Вальда розраховується за формулою (2.22):

$$A^* = \max_i \min_j \{u_{ij}\} \quad (2.22)$$

Критерій Лапласа розраховується за формулою (2.23):

$$A^* = \max \left\{ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n u_{ij} \right\} \quad (2.23)$$

Критерій Гурвіца розраховується за формулою (2.24):

$$A^* = \max_i \left\{ \alpha \max_j u_{ij} + (1 - \alpha) \min_j u_{ij} \right\} \quad (2.24)$$

Критерій Севіджа розраховується за формулою (2.25):

$$A^* = \min_i \max_j r_{ij} \quad (2.25)$$

Отже, критерій Лапласа заснований на більш оптимістичних припущеннях. Критерій Вальда є песимістичним, а критерій Гурвіца у свою чергу можна використовувати при різних підходах: від найбільш оптимістичного до найбільш песимістичного за допомогою коефіцієнта оптимізму-песимізму. За його допомогою приймається рішення, що дає гарантований результат. Критерій Севіджа мінімізує втрати у разі, якщо особа прийняла не найкраще йому рішення.

## Висновок до розділу 2

У разі виникнення ОСП для аналізу процесу прийняття рішень диспетчером ОПР використовуються різні методи, такі як метод експертних оцінок, ПР в умовах визначеності, невизначеності та ризику. Їх застосування дає змогу розв'язати наявну проблему швидко та достатньо ефективно.

При вирішенні багатьох практичних завдань часто використовується метод експертних оцінок. Він допомагає формалізувати процедури збору, узагальнення та аналізу думок фахівців, для того щоб перетворити їх у форму, яка найкраще підходить для прийняття обґрунтованого рішення.

Для вибору оптимальної стратегії при прийнятті рішень в умовах невизначеності були розглянуті критерії Вальда, Лапласа, Севіджа та Гурвіца. Особа що приймає рішення повинна застосовувати дані критерії, в залежності від поставлених цілей.

ПР в умовах визначеності передбачає повну поінформованість особи, яка приймає рішення, про зовнішні фактори, що діятимуть у процесі реалізації рішення і, отже, можливість визначити точний результат, який можна отримати за даного рішення.

ПР в умовах ризику виникає тоді, коли доводиться враховувати невизначеність у стані зовнішнього середовища, тобто можливі різні варіанти, і який стан зовнішнього середовища буде в момент реалізації рішення невідомий особі, яка приймає рішення.

### **РОЗДІЛ 3. МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ДЕТЕРМІНОВАНИХ І СТОХАСТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ ДИСПЕТЧЕРА В АВАРІЙНІЙ СИТУАЦІЇ «ОБЛЕДЕНІННЯ»**

#### **3.1. Моделювання прийняття рішення в умовах визначеності за методом мережевого планування**

Технологія роботи авіадиспетчера відповідає чіткому алгоритму дій, що прописані у нормативних та регламентуючих документах. Тому для моделювання дій диспетчера під час ОСП, можна застосовувати детерміновані моделі. Так як ОСП – це не моментальна подія, а подія, що розвивається в часі, то для моделювання прийняття рішень відповідно до алгоритму дій у разі виникнення ОСП доцільно користуватися методом мережевого планування. Даний метод оснований у вигляді орієнтованого графу, дуги якого відображають роботи, що виконуються, а вузли – події, які відображають завершення окремих видів робіт. Мережеве планування і управління – визначення оптимальної послідовності виконання операцій.

Тобто можна сказати, що мережевий графік виконання процедур авіадиспетчером УПР у разі виникнення аварійних чи непередбачуваних ситуацій – це орієнтований граф без контурів, який має вузли і дуги. Вузли графу відповідають подіям, які відбуваються на початку або в кінці процедури авіадиспетчера, наприклад, у разі виникнення ОСП. Дуги інтерпретують суть цих процедур відповідно до технології (інструкції, керівництва з льотної експлуатації ПС).

Формалізація дій пілота-диспетчера під час ОСП за допомогою мережевого планування дозволяє визначити:

- оптимальну послідовність процедур пілота-диспетчера в разі виникнення ОСП;
- оптимальний час виконання процедур пілота-диспетчера;
- максимальний / мінімальний час виконання процедур пілота-диспетчера в разі виникнення ОСП;
- резерви часу для уникнення ОСП.

У разі виникнення ОСП дії авіадиспетчера можуть відрізнятися від звичайного алгоритму роботи. Технологія роботи диспетчера УПР під час обледеніння літака відповідно до ASSIST надається у таблиці 3.1 [18].

Таблиця 3.1 – Декомпозиція технології операційних процедур

№	Операційна процедура	Опис процедури
1.	$a_1$	Отримати доповідь від командира ПС про попадання в зону обледеніння
2.	$a_2$	Підтвердити отримання інформації та уточнити подальші наміри командира ПС
3.	$a_3$	Отримати запит на зміну ешелону від командира ПС з подальшим польотом за маршрутом
4.	$a_4$	Дозволити екіпажу ПС набирати висоту або знижуватись, при необхідності попередньо узгодивши ешелон польоту з військовим сектором
5.	$a_5$	Отримати доповідь про заняття призначеного ешелону від екіпажу ПС
6.	$a_6$	Передати розрахункові дані про ПС з урахуванням зміни ешелону польоту суміжному диспетчерському пункту. У разі виконання вимушеної посадки, уточнити умови на найближчому аеродромі
7.	$a_7$	Передати ПК на управління суміжному диспетчерському пункту. У разі виконання вимушеної посадки, видати командиру ПС інформацію про найближчий аеродром
8.	$a_8$	Отримати підтвердження частоти від екіпажу ПС
9.	$a_9$	Проінформувати про зону обледеніння всі ПС, які знаходяться на управлінні та авіаційну метеорологічну станцію (АМСЦ) про висоти, на яких спостерігається обледеніння (по доповіді)

Для побудови блок-схеми алгоритму діяльності диспетчера УПР (рис.3.1), щоб чітко уявляти про порядок виконання дій пілота-диспетчера при виникненні такої ОСП, як обледеніння ПС було використано дані з таблиці 3.1. Дану модель алгоритму подальшого розвитку ситуації у разі обледеніння ПС, можна використати при розробці системи підтримки прийняття рішень авіадиспетчера.

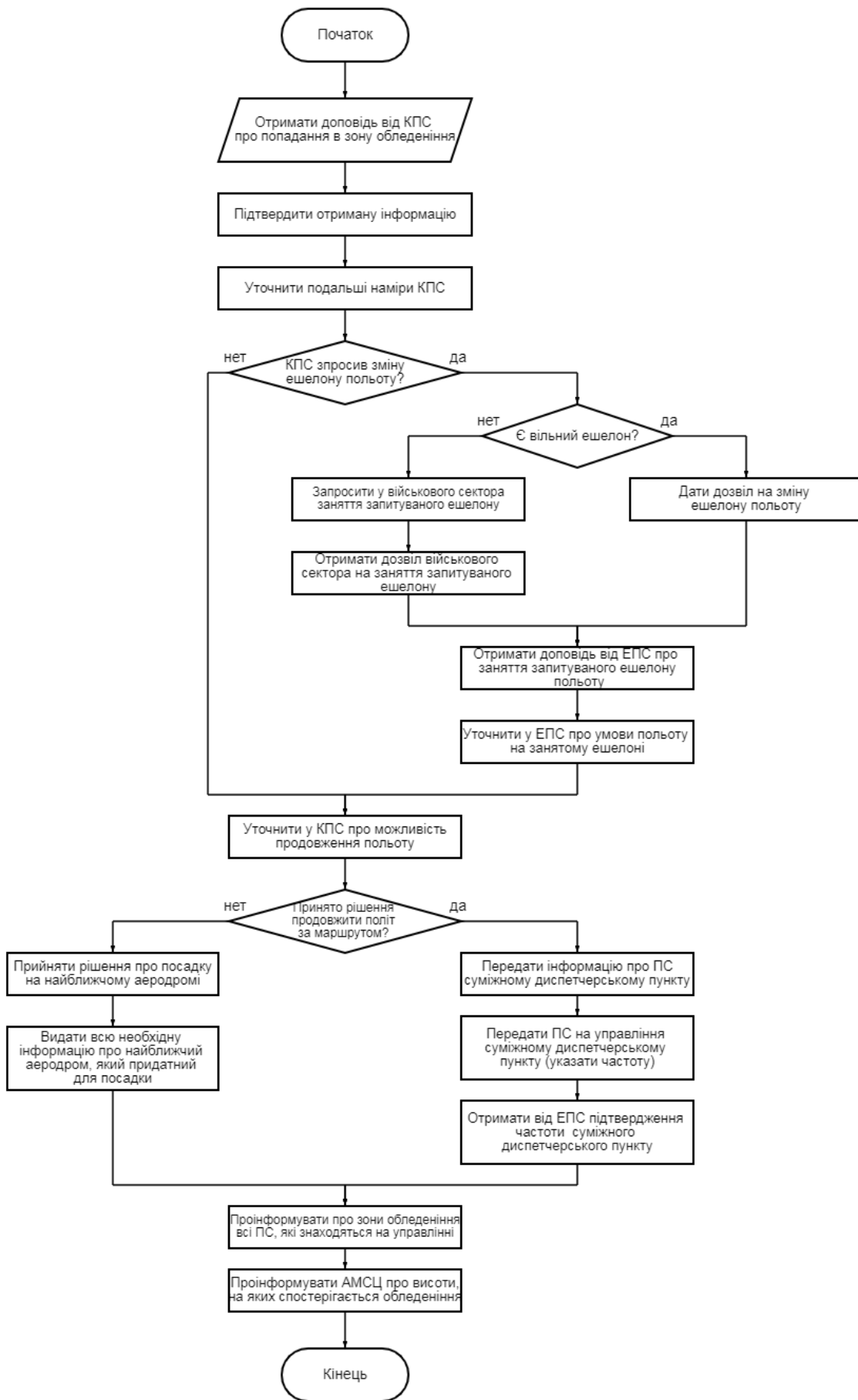


Рисунок 3.1 - Блок-схема алгоритму діяльності диспетчера при об'єднанні ПС



Використовуючи метод експертних оцінок (МЕО), можна визначити час, який необхідний на виконання кожної дії диспетчера УПР [30].

Таким чином, ми провели анкетування для 5 експертів – провідних авіаційних фахівців, і визначили тривалість  $t$  для кожної операційної процедури. Результати аналізу часу виконання окремих дій при ОСП – об'єднання ПС, заносимо до структурної таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Визначення тривалості за МЕО

Експерт	Тривалість процедури (с)								
	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	$a_6$	$a_7$	$a_8$	$a_9$
1	10	7	17	7	10	22	10	5	20
2	9	8	15	21	7	12	15	2	14
3	10	9	6	14	12	17	22	8	28
4	13	14	7	13	4	25	14	3	19
5	8	9,5	20	5	7	19	9	7	24
$R_{ep}$	10	9,5	13	12	8	19	14	5	21

Відповідно до значень, які ми отримали, визначаємо думку групи експертів ( $R_{ep}$ ) щодо кожної операційної процедури (табл. 3.2) та, за допомогою Microsoft Excel, розрахуємо дисперсію ( $D_j$ ), середньоквадратичне відхилення ( $\sigma_j$ ) та коефіцієнт варіації ( $V_j$ ) для кожного фактору (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 - Результати методу експертних оцінок

	Операційна процедура								
	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	$a_6$	$a_7$	$a_8$	$a_9$
$R_{ep}$	10	9,5	13	12	8	19	14	5	21
$D_j$	3,5	7,25	38,5	40	9,5	24,5	26,5	6,5	28
$\sigma_j$	1,87	2,69	6,2	6,32	3,08	4,94	5,14	2,54	5,29
$V_j, \%$	18,7	28,3	47,7	52,7	38,5	26,0	36,7	50,9	25,1

В результаті отримуємо наступну структурно-часову таблицю (табл. 3.4), де вказаний час, який ми будемо використовувати для процедур.

Таблиця 3.4 - Структурно-часова таблиця технології роботи авіадиспетчера

№	Процедура	Опис	Послідовність процедури	Час операції t, сек
1.	$a_1$	Отримати доповідь від командира ПС про попадання в зону обледеніння	-	10
2.	$a_2$	Підтвердити отримання інформації та уточнити подальші наміри командира ПС	$a_1$	9,5
3.	$a_3$	Отримати запит на зміну ешелону від командира ПС з подальшим польотом за маршрутом	$a_1, a_2$	13
4.	$a_4$	Дозволити екіпажу ПС набирати висоту або знижуватись, при необхідності попередньо узгодивши ешелон польоту з військовим сектором	$a_3$	12
5.	$a_5$	Отримати доповідь про заняття призначеного ешелону від екіпажу ПС	$a_8$	8
6.	$a_6$	Передати розрахункові дані про ПС з урахуванням зміни ешелону польоту суміжному диспетчерському пункту. У разі виконання вимушеної посадки, уточнити умови на найближчому аеродромі	$a_3$	19
7.	$a_7$	Передати ПК на управління суміжному диспетчерському пункту. У разі виконання вимушеної посадки, видати командиру ПС інформацію про найближчий аеродром	$a_4$	14
8.	$a_8$	Отримати підтвердження частоти від екіпажу ПС	$a_5$	5
9.	$a_9$	Проінформувати про зону обледеніння всі ПС, які знаходяться на управлінні та авіаційну метеорологічну станцію (АМСЦ) про висоти, на яких спостерігається обледеніння (по доповіді)	$a_3$	21

За структурно-часовою таблицею (див. табл. 3.4) складаємо мережевий графік (рис. 3.2), який відображає критичний час, який необхідний для виконання всіх дій диспетчером УПР при виникненні такої ОСП, як обледеніння ПС.

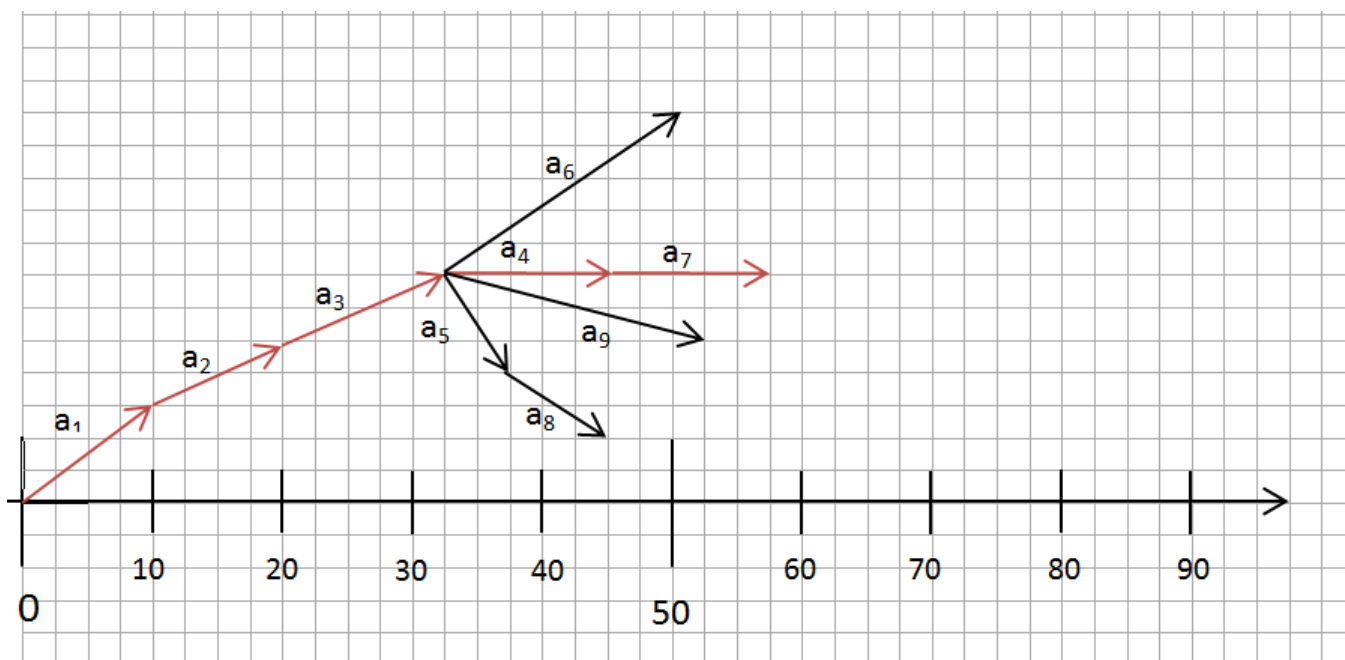


Рисунок 3.2 - Мережевий графік дій авіадиспетчера при обледенінні ПС

Отриманий мережевий графік (рис. 3.2) дозволяє визначити критичний час залежно від прийнятого рішення. У нашому особливому випадку – обледеніння ПС, цей час становить – 58,5 с. Критичний шлях -  $a_1, a_2, a_3, a_4, a_7$ .

### 3.2. Моделювання прийняття рішення в умовах невизначеності для вибору оптимального аеродрому посадки

Завдання вибору оптимального аеродрому посадки може бути вирішено за допомогою методів математичного програмування, зокрема методів прийняття рішень в умовах невизначеності, використовуючи відомі критерії прийняття рішень, такі як метод Лапласа, метод Вальда, метод Севіджа і метод Гурвіца.

Основну різницю між зазначеними критеріями визначається стратегією поведінки особи, яка приймає рішення за умов невизначеності. При виборі аеродрому посадки критерій Лапласа ґрунтується на більш оптимістичних припущеннях, ніж мінімаксий критерій та він використовується у разі регулярних рейсів. Критерій Вальда застосовується у разі рідко виконуваних рейсів і є песимістичним. Критерій Гурвіца у свою чергу можна використовувати при різних підходах: від найбільш оптимістичного до песимістичного за допомогою коефіцієнта оптимізму-песимізму. За його допомогою приймається рішення, що дає гарантований результат. Критерій Севіджа мінімізує втрати у випадку, якщо особа, яка приймає рішення, прийняла не найкраще для нього рішення [16].

Дані, необхідні для прийняття рішень за умов невизначеності, зазвичай задаються у вигляді матриці, рядки якої відповідають можливим діям (альтернативам, стратегіям):  $A = \{A_1, A_2, \dots, A_i, \dots, A_m\}$ , а стовпці – можливим станам (факторам, що впливають на ПР) системи:  $\lambda = \{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_j, \dots, \lambda_n\}$ .

Для розробки нашої СППР, змодельємо відповідну позаштатну ситуацію в польоті. Під час польоту літака Boeing 737 (B737), який прямує за маршрутом Бориспіль (КВР) – Львів (LWO), відбулося обледеніння.

Необхідно вибрати оптимальний аеродром для вимушеної посадки літака, застосовуючи при цьому розроблену модель СППР в умовах невизначеності.

### **Вхідні дані:**

- розрахунковий маршрут спрямування;
- аеродром відправлення ( $A_B$ ) та його характеристики;
- аеродром призначення ( $A_{Pr}$ ) та його характеристики;
- перелік запасних аеродромів ( $A_{ЗА}$ ) відповідно до розрахункового маршруту;
- тип ПК та його тактико-технічні характеристики (ТТХ);
- польотна ситуація, що склалася (ускладнення умов виконання польоту, складна ситуація, аварійна ситуація, СМУ тощо);
- фактори, що впливають на ПР: наявність палива на борту, віддаленість, ТТХ ЗПС  $A_{ЗА}$ ,  $A_B$ ,  $A_{Pr}$ , метеоумови, світлотехнічна система заходу на посадку, система заходу на посадку, навігаційні засоби підходу, характеристики перону, доріжок для рулювання, суб'єктивний фактор (зручність доставки пасажирів), аеронавігаційні збори тощо.

**Вирішення ситуації.** Визначимо альтернативні стратегії  $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$  запасних аеродромів посадки для маршруту Бориспіль - Львів:

- $A_1$  – посадка на аеродромі вильоту Бориспіль;
- $A_2$  – аеродром Жуляни;
- $A_3$  – аеродром Рівне;
- $A_4$  – аеродром Хмельницький;
- $A_5$  – аеродром Івано-Франківськ;
- $A_6$  – посадка на аеродромі призначення Львів.

На рисунку 3.3 зображена схема маршруту польоту борту літака В 737, де ми можемо детально побачити розташування обраних альтернативних аеродромів посадки (сині позначки).

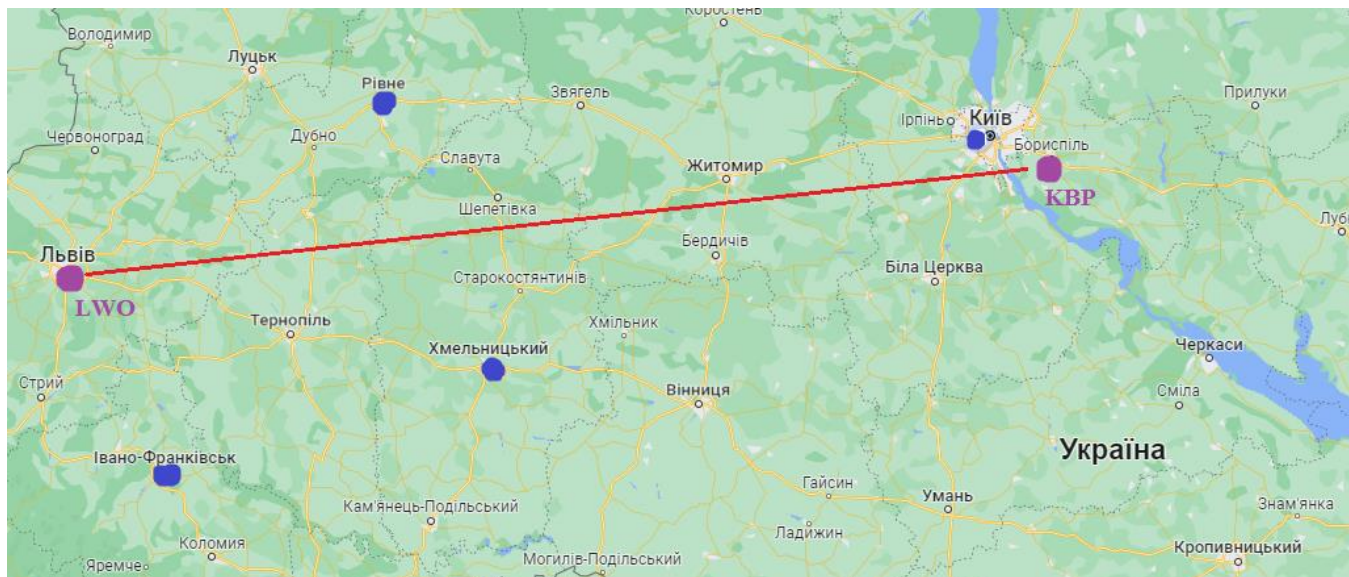


Рисунок 3.3 - Схема маршруту польоту з обраними альтернативними аеродромами для посадки

Тепер визначимо множину факторів  $\lambda = \{\lambda_1, \lambda_2 \dots \lambda_j \dots \lambda_n\}$ , які впливають на прийняття рішення, а саме:

- $\lambda_1$  – кількість палива на борту;
- $\lambda_2$  – віддаленість до  $A_{3A}$ ;
- $\lambda_3$  – технічні характеристики ЗПС на  $A_{3A}$ ,  $A_B$ ,  $A_{Pr}$ ;
- $\lambda_4$  – метеорологічні умови на  $A_{3A}$ ,  $A_B$ ,  $A_{Pr}$ ;
- $\lambda_5$  – світлотехнічна система заходу на посадку  $A_{3A}$ ,  $A_B$ ,  $A_{Pr}$ ;
- $\lambda_6$  – системи заходу на посадку  $A_{3A}$ ,  $A_B$ ,  $A_{Pr}$ ;
- $\lambda_7$  – навігаційні засоби підходу  $A_{3A}$ ,  $A_B$ ,  $A_{Pr}$ ;
- $\lambda_8$  – характеристики перону та руліжних доріжок на  $A_{3A}$ ,  $A_B$ ,  $A_{Pr}$ ;
- $\lambda_9$  – суб'єктивний фактор (наявність готелю, зручність доставки пасажирів, логістичні вимоги, аеронавігаційні збори тощо).

За допомогою МЕО складаємо матрицю рішень (таблиця 3.5).

Таблиця 3.5 – Матриця рішень для вибору АД для посадки

№ з/п	Альтернативні рішення (ЗА)	Фактори впливу								
		Наявність палива	Віддаленість	ТТХ ЗПС	Метеоумови	СТСЗП	СЗП	НЗП	Характеристик и перону, РД	АНЗ
1	Бориспіль	6	2	9	7	10	8	7	3	5
2	Жуляни	8	10	6	4	7	3	8	1	9
3	Рівне	6	10	8	4	5	8	10	7	5
4	Хмельницький	7	8	6	5	7	8	6	8	5
5	Івано-Франківськ	8	7	10	5	6	6	3	3	8
6	Львів	4	5	2	8	3	9	7	10	6

Отже, розпочинаємо пошук оптимального рішення за методами ПР, використовуючи критерії: Вальда, Лапласа, Гурвіца та Севіджа.

1) критерій Вальда (maxmin), яке визначається за формулою (2.22):

$$A_1 = \min \{6, 2, 9, 7, 10, 8, 7, 3, 5\} = 2$$

$$A_2 = \min \{8, 10, 6, 4, 7, 3, 8, 1, 9\} = 1$$

$$A_3 = \min \{6, 10, 8, 4, 5, 8, 10, 7, 5\} = 4$$

$$A_4 = \min \{7, 8, 6, 5, 7, 8, 6, 8, 5\} = 5$$

$$A_5 = \min \{8, 7, 10, 5, 6, 6, 3, 3, 8\} = 3$$

$$A_6 = \min \{4, 5, 2, 8, 3, 9, 7, 10, 6\} = 2$$

За правилом вибираємо альтернативу, яка набуває найбільшого з мінімальних значень:

$$A^* = \max \{2, 1, 4, 5, 3, 2\} = 5 = A_4$$

Отже, у разі обледеніння літака в польоті в пункт призначення – Львів, для прийняття найбільш оптимального рішення за критерієм Вальда, маємо виконувати посадку на аеродромі – Хмельницький.

2) критерій Лапласа розраховується за формулою (2.23). Кількість факторів, що впливають на вибір аеродрому –  $n = 9$ :

$$A_1 = \frac{1}{9} \times (6 + 2 + 9 + 7 + 10 + 8 + 7 + 3 + 5) = 6,3$$

$$A_2 = \frac{1}{9} \times (8 + 10 + 6 + 4 + 7 + 3 + 8 + 1 + 9) = 6,2$$

$$A_3 = \frac{1}{9} \times (6 + 10 + 8 + 4 + 5 + 8 + 10 + 7 + 5) = 7,0$$

$$A_4 = \frac{1}{9} \times (7 + 8 + 6 + 5 + 7 + 8 + 6 + 8 + 5) = 6,6$$

$$A_5 = \frac{1}{9} \times (8 + 7 + 10 + 5 + 6 + 6 + 3 + 3 + 8) = 6,2$$

$$A_6 = \frac{1}{9} \times (4 + 5 + 2 + 8 + 3 + 9 + 7 + 10 + 6) = 6,0$$

За правилом вибираємо альтернативу, яка набуває найбільшого з максимальних значень:

$$A^* = \max \{6,3; 6,2; 7,0; 6,6; 6,2; 6,0\} = 7,0 = A_3$$

Отже, у випадку вибору альтернативного аеродрому посадки за критерієм Лапласа, найбільш оптимальним буде рішення виконати посадку на аеродромі – Рівне.

3) критерій Гурвіца розраховується за формулою (2.24). В якості коефіцієнту оптимізму-песимізму обираємо  $\alpha$  рівне 0,5, тоді правило набуває нового вигляду (формула 3.1):

$$A = \max a_i \{0,5 \max \lambda_j \{u_{ij}(a_i; \lambda_j)\}\} + (1 - 0,5) \min \lambda_j \{\{u_{ij}(a_i; \lambda_j)\}\} \quad (3.1)$$

Відповідно маємо оптимальні стратегії:

$$A_1 = \{0,5 \max \{6,2,9,7,10,8,7,3,5\}\} + (1 - 0,5) \min \{6,2,9,7,10,8,7,3,5\} = \{0,5 * 10 + 0,5 * 2\} = 6,0$$

$$A_2 = \{0,5 \max \{8,10,6,4,7,3,8,1,9\}\} + (1 - 0,5) \min \{8,10,6,4,7,3,8,1,9\} = \{0,5 * 10 + 0,5 * 1\} = 5,5$$

$$A_3 = \{0,5 \max \{6,10,8,4,5,8,10,7,5\}\} + (1 - 0,5) \min \{6,10,8,4,5,8,10,7,5\} = \{0,5 * 10 + 0,5 * 4\} = 7,0$$

$$A_4 = \{0,5 \max \{7,8,6,5,7,8,6,8,5\}\} + (1 - 0,5) \min \{7,8,6,5,7,8,6,8,5\} = \{0,5 * 8 + 0,5 * 5\} = 6,5$$

$$A_5 = \{0,5 \max \{8,7,10,5,6,6,3,3,8\}\} + (1 - 0,5) \min \{8,7,10,5,6,6,3,3,8\} = \{0,5 * 10 + 0,5 * 3\} = 6,5$$

$$A_6 = \{0,5 \max \{4,5,2,8,3,9,7,10,6\}\} + (1 - 0,5) \min \{4,5,2,8,3,9,7,10,6\} = \{0,5 * 10 + 0,5 * 2\} = 6,0$$

Згідно з критерієм Гурвіца обираємо максимум мінімальних значень альтернатив:

$$A^* = \max \{6,0; 5,5; 7,0; 6,5; 6,5; 6,0\} = 7,0 = A_3$$

Отже, оптимальним рішенням за критерієм Гурвіца для виконання вимушеної посадки літака є аеродром – Рівне.

4) критерій Севіджа розраховується за формулою (2.25). Необхідно сформулювати проміжну матрицю втрат  $r_{ij}$  (табл. 3.6). Визначивши у кожному рядку максимальний елемент  $\max \lambda_j$ ,  $i$ , вичитавши з нього решту елементів, отримаємо нову матрицю втрат ЛПР, якщо він приймає оптимальне рішення.

Таблиця 3.6 – Матриця втрат

№ з/п	Альтернативні рішення (ЗА)	Фактори впливу								
		Наявність палива	Віддаленість	ТТХ ЗПС	Метеоумови	СТСЗП	СЗП	НЗП	Характеристики перону, РД	АНЗ
1	Бориспіль	1	2	3	0	5	6	0	5	4
2	Жуляни	4	1	7	5	3	0	6	2	4
3	Рівне	0	5	4	0	2	1	1	0	2
4	Хмельницький	1	4	0	2	0	3	1	1	3
5	Івано-Франківськ	6	0	1	2	0	4	5	3	2
6	Львів	2	3	0	7	0	1	0	2	7

Маємо такі значення альтернативних стратегій:

$$A_1 = \max \{1, 2, 3, 0, 5, 6, 0, 5, 4\} = 6$$

$$A_2 = \max \{4, 1, 7, 5, 3, 0, 6, 2, 4\} = 7$$

$$A_3 = \max \{0, 5, 4, 0, 2, 1, 1, 0, 2\} = 5$$

$$A_4 = \max \{1, 4, 0, 2, 0, 3, 1, 1, 3\} = 4$$

$$A_5 = \max \{6, 0, 1, 2, 0, 4, 5, 3, 2\} = 6$$

$$A_6 = \max \{2, 3, 0, 7, 0, 1, 0, 2, 7\} = 7$$

Вибираємо таке оптимальне рішення, яке буде мінімізувати величину максимальних втрат:

$$A^* = \min \{6; 7; 5; 4; 6; 7\} = 4 = A_4$$

Отже, за критерієм Севіджа оптимальним рішенням аеродрому посадки для даного випадку являється аеродром – Хмельницький.

Також я провела ті ж самі обчислення за чотирма критеріями за допомогою Microsoft Excel. Отримані результати наведені на рис. 3.4.



Альтернативні рішення		Наявність палива на борту	Віддаленість	ТТХ ЗПС	Метеоумови	Світлотехнічна система заходу на посадку	Система заходу на посадку	Навігаційні засоби підходу	Характеристики перону та руліжних доріжок	Суб'єктивний фактор	VALD
A <sub>1</sub>	Бориспіль	6	2	9	7	10	8	7	3	5	2
A <sub>2</sub>	Жуляни	8	10	6	4	7	3	8	1	9	1
A <sub>3</sub>	Рівне	6	10	8	4	5	8	10	7	5	4
A <sub>4</sub>	Хмельницький	7	8	6	5	7	8	6	8	5	5
A <sub>5</sub>	Івано-Франківськ	8	7	10	5	6	6	3	3	8	3
A <sub>6</sub>	Львів	4	5	2	8	3	9	7	10	6	2

Альтернативні рішення		Наявність палива на борту	Віддаленість	ТТХ ЗПС	Метеоумови	Світлотехнічна система заходу на посадку	Система заходу на посадку	Навігаційні засоби підходу	Характеристики перону та руліжних доріжок	Суб'єктивний фактор	Laplace
A <sub>1</sub>	Бориспіль	6	2	9	7	10	8	7	3	5	6,3333333
A <sub>2</sub>	Жуляни	8	10	6	4	7	3	8	1	9	6,2222222
A <sub>3</sub>	Рівне	6	10	8	4	5	8	10	7	5	7
A <sub>4</sub>	Хмельницький	7	8	6	5	7	8	6	8	5	6,6666667
A <sub>5</sub>	Івано-Франківськ	8	7	10	5	6	6	3	3	8	6,2222222
A <sub>6</sub>	Львів	4	5	2	8	3	9	7	10	6	6

Альтернативні рішення		Наявність палива на борту	Віддаленість	ТТХ ЗПС	Метеоумови	Світлотехнічна система заходу на посадку	Система заходу на посадку	Навігаційні засоби підходу	Характеристики перону та руліжних доріжок	Суб'єктивний фактор	Hurwicz
A <sub>1</sub>	Бориспіль	6	2	9	7	10	8	7	3	5	6
A <sub>2</sub>	Жуляни	8	10	6	4	7	3	8	1	9	5,5
A <sub>3</sub>	Рівне	6	10	8	4	5	8	10	7	5	7
A <sub>4</sub>	Хмельницький	7	8	6	5	7	8	6	8	5	6,5
A <sub>5</sub>	Івано-Франківськ	8	7	10	5	6	6	3	3	8	6,5
A <sub>6</sub>	Львів	4	5	2	8	3	9	7	10	6	6

Альтернативні рішення		Наявність палива на борту	Віддаленість	ТТХ ЗПС	Метеоумови	Світлотехнічна система заходу на посадку	Система заходу на посадку	Навігаційні засоби підходу	Характеристики перону та руліжних доріжок	Суб'єктивний фактор	Savage
A <sub>1</sub>	Бориспіль	1	2	3	0	5	6	0	5	4	6
A <sub>2</sub>	Жуляни	4	1	7	5	3	0	6	2	4	7
A <sub>3</sub>	Рівне	0	5	4	0	2	1	1	0	2	5
A <sub>4</sub>	Хмельницький	1	4	0	2	0	3	1	1	3	4
A <sub>5</sub>	Івано-Франківськ	6	0	1	2	0	4	5	3	2	6
A <sub>6</sub>	Львів	2	3	0	7	0	1	0	2	7	7

Рисунок 3.4 - Розрахунки в Microsoft Excel

У результаті маємо ідентичні оптимальні рішення аеродромів посадки за всіма методами прийняття рішення, а саме:

1. Критерій Вальда – а/д Хмельницький;
2. Критерій Лапласа – а/д Рівне;
3. Критерій Гурвіца - а/д Рівне;
4. Критерій Севіджа - а/д Хмельницький.

### 3.3. Моделювання прийняття рішення в умовах ризику для пошуку альтернативного рішення

Для формалізації поведінкової діяльності людина-оператор АНС у польотних ситуаціях зручними є моделі, що становлять процес появи окремих передумов і розвитку їх у причинний ланцюг подій у вигляді відповідних діаграм причинно-наслідкових зв'язків. Найбільшого поширення набули діаграми у формі різних графів, дерев подій, а також функціональних мереж стохастичної структури.

Для моделювання умов розвитку польотних ситуацій доцільно використовувати орієнтовані графи, які характеризуються певним набором станів АНС та можливими переходами між ними.

В умовах ризику для відображення динаміки розвитку ситуації, особливо в разі виникнення такої ОСП, як обледеніння ПС, послідовність дій диспетчера УПР доцільно відображати з позицій системного підходу у вигляді дерева рішень, що дає можливість провести структурний аналіз проблеми, знайти оптимальну альтернативну дію і запобігти розвитку ситуації за неправильною схемою. Тепер сформуємо деякі вхідні дані для подальших обрахунків нашого завдання.

#### Вхідні дані:

- $p_1$  – ймовірність того, що посадка пройде успішно;
- $p_2$  – ймовірність аварійної посадки;
- $u$  – втрати, яких зазнає екіпаж ПС у результаті певних дій;
- $R$  – ризики;
- $A$  – оптимальне альтернативне рішення для пілота в даній ОСП.

Спочатку було проведено структурний аналіз ситуації. Ми маємо такі етапи вирішення ситуації:

- аварійна посадка, вибір намірів командира;
- вибір аеродрому для аварійної посадки;
- вибір між обладнаним і необладнаним аеродромом посадки;
- вибір найближчого аеродрому;
- вибір між альтернативним аеродромом або аеродромом призначення для аварійної посадки.

За допомогою МЕО я визначила необхідні значення для побудови дерева рішень. Отримані вхідні дані представлені у таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 - Вхідні дані для побудови дерева рішень

Тип ситуації	Кількість втрат			
	$p_1 = 0,2$		$p_2 = 0,8$	
Посадка на аеродромі призначення	$U_{21}$	10	$U_{22}$	5
Посадка на запасний аеродром	$U_{31}$	7	$U_{32}$	2
Обладнаний аеродром	$U_{51}$	1	$U_{52}$	2
Необладнаний аеродром	$U_{61}$	7	$U_{62}$	4

Згідно цих даних побудуємо дерево рішень відповідно до нашої ситуації, що структурно відобразить процес прийняття рішення у разі обледеніння ПС. Отриманий графік подано на рис. 3.5.

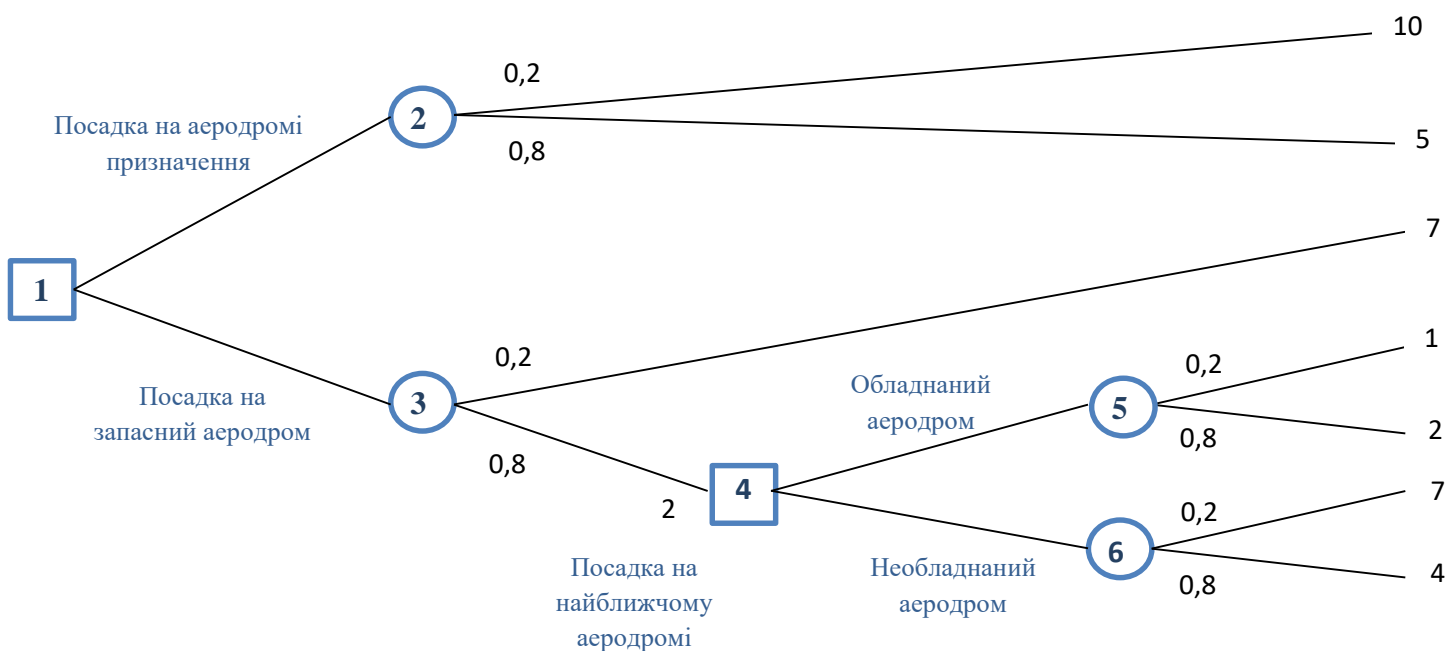


Рисунок 3.5 - Дерево рішень для ОСП

Розраховуємо усі можливі ризики ПР для визначення оптимального альтернативного рішення для даної ситуації, для цього використаємо наведені нижче формули 3.2 - 3.5.

$$R_2 = (p_1 \times u_{21}) + (p_2 \times u_{22}) \quad (3.2)$$

$$R_3 = (p_1 \times u_{31}) + (p_2 \times u_{32}) \quad (3.3)$$

$$R_5 = (p_1 \times u_{51}) + (p_2 \times u_{52}) \quad (3.4)$$

$$R_6 = (p_1 \times u_{61}) + (p_2 \times u_{62}) \quad (3.5)$$

Використовуючи вхідні дані та формули обчислюємо  $R_2$ ,  $R_3$  та  $R_5$ ,  $R_6$ :

$$R_2 = (0,2 \times 10) + (0,8 \times 5) = 6$$

$$R_3 = (0,2 \times 7) + (0,8 \times 2) = 3$$

$$R_5 = (0,2 \times 1) + (0,8 \times 2) = 1,8$$

$$R_6 = (0,2 \times 7) + (0,8 \times 4) = 4,6$$

Тож оптимальні рішення для альтернативи  $A_1 - R_3 = 3$ ;  $A_4 - R_5 = 1,8$ .

Відповідно до отриманих результатів бачимо, що оптимальним рішенням з мінімальними втратами для пілота у випадку обледеніння літака - є посадка на найближчий обладнаний аеродром. Виділимо це червоним кольором (рис. 3.6).

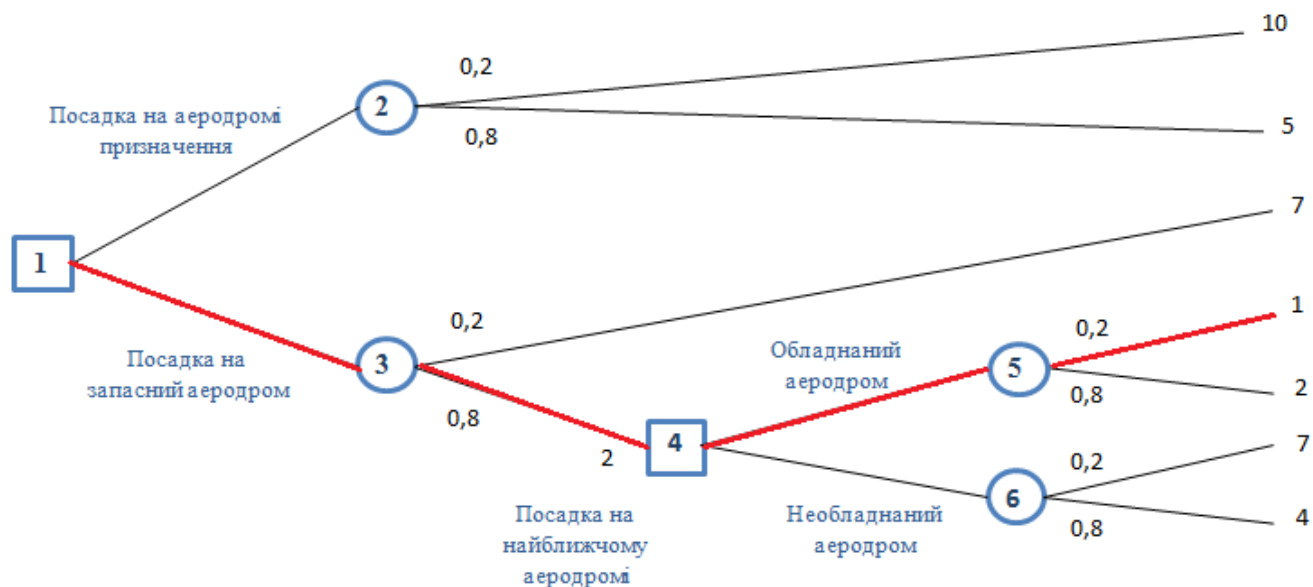


Рисунок 3.6 - Остаточне дерево рішень для ОСП

### Висновок до розділу 3

Система підтримки прийняття рішень (СППР) може бути створена для того, щоб допомагати оператору, що приймає рішення, використовувати дані і моделі для оперативного вирішення проблем.

Вибір оптимальної альтернативи завершення польоту в аварійних ситуаціях було відображено за допомогою структурно-часової таблиці та мережевого графіку в умовах визначеності, а також дерева рішень при прийнятті рішення диспетчера УПР під час обледеніння ПС в умовах ризику.

Технологія дій авіадиспетчера при обледенінні літака була проаналізована методом мережевого планування, як результат був визначений критичний час на прийняття рішення щодо ситуації, що становить 58,5.

Відповідно до отриманих результатів ПР в умовах ризику, оптимальним рішенням з мінімальними втратами для пілота - є посадка на найближчий обладнаний аеродром.

Також проводився вибір оптимального аеродрому для посадки у разі обледеніння ПС за допомогою методів прийняття рішень в умовах невизначеності, використовуючи такі критерії прийняття рішень, як: метод Лапласа, метод Вальда, метод Севіджа і метод Гурвіца. Та прийшли до висновку, що маємо ідентичні оптимальні рішення аеродромів посадки (за критерієм Вальда – а/д Хмельницький, Лапласа – а/д Ровно, Гурвіца - а/д Ровно та Севіджа - а/д Хмельницький).

## РОЗДІЛ 4. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

### 4.1. Ефективність інвестиційної діяльності авіакомпанії «Free Bird Airlines»

#### 4.1.1. Бізнес-план для отримання інвестицій

Бізнес-план – це документ, що описує стратегію та плани розвитку існуючого підприємства чи нового бізнесу. У ньому є докладний опис продукту чи послуг, ринку, на якому буде діяти фірма конкурентів, фінансові прогнози та плани залучення інвестицій.

Бізнес-план дає можливість підприємцю відповісти на ключові питання: чи є його бізнес-ідея життєздатною та прибутковою та в який термін окупиться новий проект [31]. Крім цього, цей документ є обов'язковим для отримання інвестицій та банківських кредитів, а також залучення партнерів та клієнтів. Не існує жодного інвестора, чи то банк чи приватний бізнесмен, який був би готовий інвестувати гроші у проект без ретельного вивчення професійно підготовленого бізнес-плану.

Зазвичай бізнес-план складається з таких пунктів:

1. Резюме.
2. Опис підприємства (галузь і компанія).
3. Опис продукції (продукти і послуги).
4. План маркетингу (маркетинг і збут).
5. Виробничий (операційний) план.
6. Організаційний план.
7. Фінансовий план.
8. Ефективність програми.
9. Аналіз беззбитковості й чутливості.
10. Аналіз ризиків.

Маркетинговий план відіграє важливу роль у бізнесі, і від його правильної побудови залежить багато. Важливо визначити основних конкурентів, розібратися у стратегіях, якими вони просувають свої проекти, і зробити краще.

Виробничий план складається лише для тих підприємців, які мають намір займатися виробництвом товарів. Головне завдання цього розділу - переконати потенційних партнерів у здатності підприємства виробляти необхідний обсяг товарів в установленій термін і з відповідною якістю.

У розділі «Організаційний план» необхідно дати коротку характеристику менеджерів, період їх роботи в компанії, освіта, кваліфікація та досвід роботи в даній галузі. Інформація про менеджерів проекту показує, хто є керівником проекту, які функції, обов'язки, повноваження має керівник, відповідальність та форми стимулювання керівника та інших менеджерів проекту. Для інвесторів важливо бачити, хто та за що буде відповідати в ході реалізації проекту.

Підприємцю фінансовий план має чітко і ясно показати:

- звідки і коли підприємство одержуватиме гроші;
- на що і коли ці гроші витрачатимуться;
- яким буде фінансовий стан підприємства в кінці планового періоду.

Під час формування фінансового плану проводиться глибокий і докладний аналіз поточного стану компанії, охоплюючи різні аспекти від обсягу обов'язкового зарплатного фонду до необхідних витрат на виробництво, платежі за кредитами, лізинг, рекламні витрати та інші. [32] Цей аналіз дозволяє проводити стратегічне планування і виявляти слабкі та уразливі місця в бізнесі.

Метою бізнес-планування є:

- визначення рівня життєздатності та стійкості підприємства;
- виявлення сильних та слабких сторін фірми;
- конкретизація стратегії розвитку через систему кількісних і якісних показників;
- забезпечення підтримки інвесторів та акціонерів;
- зниження ризиків підприємницької діяльності.

Розглянемо бізнес-план відкриття компанії «Free Bird Airlines».

### ***РЕЗЮМЕ***

Аеропорт «Анталія» у класі кількості клієнтів у 10-25 млн визнаний найкращим у всій Європі. Він займає 15-е місце в Європі з пасажиропотоку та входить до трійки лідерів серед турецьких аеропортів. Тут сідають та злітають літаки 48 авіакомпаній, серед яких: Air Albania, Air Astana, Air Algerie, Air Budapest, Air Explore, Air Serbia, Air Baltic, AnadoluJet, Austrian Airlines, Azur Air, Blue Air, Chair Airlines, Belavia, EasyJet, Edelweiss Air, Corendon Airlines та ін. Постійний розвиток аеропорту як підприємства, дозволяє розширювати не лише можливості самого аеропорту, а й шукати нові шляхи покращення сервісу та

збільшувати кількість польотів та перевезень в різні куточки світу. Тож мета моєї роботи - розробка бізнес-плану відкриття хендлінгової компанії в аеропорту «Анталія». У найближчий час планується збільшення кількості рейсів та вантажних перевезень.

### ***ХАРАКТЕРИСТИКА ВИДІВ ДІЯЛЬНОСТІ КОМПАНІЇ***

Компанія «Free Bird Airlines» буде представляти Туреччину на міжнародному ринку як перший вітчизняний low-cost, що дозволить відкрити Туреччину до нових інвестицій та підвищити трафік на її території.

Турецька авіакомпанія «Free Bird Airlines» була заснована у 2000 році. Вона займається трьома основними видами діяльності: пасажирські/вантажні перевезення, інженерно-технічне обслуговування та навчання льотного екіпажу. Ця діяльність здійснюється відповідно до регламенту Генерального директорату цивільної авіації Туреччини. Авіакомпанія «Free Bird Airlines» виконує польоти з перевіреними технологіями Airbus і має чудовий досвід безпеки протягом останніх двох десятиліть у небі. Вона підтримує найвищі можливі стандарти, а льотні екіпажі проходять навчання у відомому Міжнародному навчальному центрі льотної підготовки (IFTC). Ця авіакомпанія є членом IATA та кожні два роки сертифікується Аудитом операційної безпеки IATA (IOSA), включаючи систему управління безпекою.

### ***РОЗРАХУНОК ЕФЕКТИВНОСТІ***

1. Розрахунковий рівень доходу (Accounting Rate of Return – ARR).
2. Період окупності програми (Payback Period – PBP).
3. Чистий приведений дохід (Net Present Value – NPV). Якщо NPV позитивний, програма може вважатися прийнятною.
4. Індекс прибутковості (Profitability Index – PI). Якщо  $PI > 1$ , програма є економічно ефективною.
5. Внутрішня норма рентабельності (Internal Rate of Return – IRR). Якщо IRR більше за стандартний рівень бажаної рентабельності, то програму можна вважати прийнятною для інвестування.

Розрахунок інтегральних показників ефективності інвестицій проводиться на підставі даних наведених в таблиці 4.1.



Таблиця 4.1 - Початкові дані для розрахунків

ПОЧАТКОВІ ДАНІ		
II (Initial Investment) - первісні інвестиції	II	1000
CF <sub>t</sub> - грошові надходження в період часу t		
2019	Cf <sub>1</sub>	1100
2020	Cf <sub>2</sub>	1250
2019 & 2020	ΣCF <sub>t</sub>	2350
SV (Salvage Value) - залишкова вартість	SV	
Cal (вартість засобу)	Cal	550
Cd (амортизація засобу)	Cd	50
SV (Salvage Value)=Cal-Cd	SV	500
Life - строк програми	t	2
K – дисконтна ставка, 20%	K	0,2

1. Розрахунковий рівень доходу визначається за формулою (4.1) та (4.2):

$$ARR_{2019} = \frac{DACI_{2019} - Depreciation}{II} \times 100\% \quad (4.1)$$

$$ARR_{2020} = \frac{DACI_{2020} - Depreciation}{II} \times 100\% \quad (4.2)$$

де *II* - первісні інвестиції, *Depreciation* - норма амортизації інвестицій.

*Depreciation* визначається за формулою (4.3):

$$Depreciation = \frac{II - SV}{Life} = \frac{1000 - 500}{2} = 250 \quad (4.3)$$

де *II* (*Initial Investment*) – первісні інвестиції; *SV* (*Salvage Value*) – залишкова вартість; *Life* – строк програми.

*DACI* - щорічні грошові надходження з урахуванням дисконтування визначається за формулою (4.4) та (4.5):

$$DACI_{2019} = \frac{CF_t}{(1+K)^t} = \frac{1100}{1,2} = 916,67 \quad (4.4)$$

$$DACI_{2020} = \frac{CF_t}{(1+K)^t} = \frac{1250}{1,2} = 1041,67 \quad (4.5)$$

де  $CF_t$  – грошові надходження в період часу  $t$ ;  $t$  – кількість періодів надходжень ( $t=1$ );  $K$  – дисконтна ставка, що виражається десятковим дробом (дорівнює прийнятній для інвестора нормі доходу на капітал, при розрахунку звичайно приймається рівною 20% у період).

Тоді за формулами (4.1) та (4.2):

$$ARR_{2019} = \frac{916,67 - 250}{1000} \times 100\% = 66,67$$

$$ARR_{2020} = \frac{1041,67 - 250}{1000} \times 100\% = 79,17$$

2. Період окупності програми визначається за формулами (4.6) та (4.7).

Періодом окупності програми вважається час, за який сума надходжень від реалізації програми покриє суму витрат:

$$PBP = \frac{II}{DACI_{2019}} = \frac{1000}{916,67} = 1,09 \quad (4.6)$$

$$PBP = \frac{II}{DACI_{2020}} = \frac{1000}{1041,67} = 0,96 \quad (4.7)$$

3. Приведений дохід визначається за формулою (4.8).

Чиста приведена величина доходу представляє собою оцінку сьогоденної вартості потоку майбутнього доходу:

$$NPV = \sum \frac{CF_t}{(1+K)^t} - Invest = \sum DACI - Invest = 1958,33 - 1000 = 958,33 \quad (4.8)$$

де  $CF_t$  – грошові надходження в період часу  $t$ ;  $Invest$  – сума інвестицій;  $K$  – дисконтна ставка.

Так як NPV позитивне значення, то програма може вважатися прийнятною.

4. Індекс прибутковості визначається за формулою (4.9).

Індекс прибутковості є часткою від ділення суми приведених надходжень на приведену вартість витрат:

$$PI = \frac{\sum \frac{CF_t}{(1+K)^t}}{Invest} = \frac{\sum DACI}{II} = \frac{1958,33}{1000} = 1,96 \quad (4.9)$$

Так як  $PI > 1$ , то програма є економічно ефективною.

5. Внутрішня норма рентабельності визначається за формулою (4.10).

Внутрішня норма рентабельності розраховується шляхом визначення ставки дисконту, при якій приведена вартість суми майбутніх надходжень дорівнює приведеній вартості витрат:

$$\begin{aligned} \sum \frac{CF_t}{(1 + IRR)^t} &= Invest \\ \sum \frac{CF_t}{(1 + IRR)} &= Invest \\ IRR &= \frac{CF_t}{II} - 1 = \frac{2350}{1000} - 1 = 1,35 = 135 \% \end{aligned} \quad (4.10)$$

Так як  $IRR > K$ , то програму можна вважати прийнятною для інвестування.

Також я провела ті ж самі обчислення за допомогою Microsoft Excel. Отримані результати наведені на рис. 4.1 та рис. 4.2.

РОЗРАХУНКИ		
<b>1. Розрахунковий рівень доходу (Accounting Rate of Return – ARR)</b>		
$Depreciation = (II - SV) / Life$		250
$DACI = CF_t / (1 + K)^t$ ,	DACI <sub>2019</sub>	916,67
	DACI <sub>2020</sub>	1041,67
	$\Sigma DACI$	1958,33
$ARR = ((DACI - Depreciation) / II) \times 100\%$ ,	ARR <sub>2019</sub>	66,67
	ARR <sub>2020</sub>	79,17
	ARR <sub>ср</sub> %,	72,92
<b>2. Період окупності програми (Payback Period – PBP)</b>		
$PBP = II / DACI_{2019}$	PBP, роки	1,09
$PBP = II / DACI_{2020}$	PBP, роки	0,96
<b>3. Приведений дохід (Net Present Value – NPV)</b>		
$NPV = \Sigma (CF_t / (1 + K)^t) - II = \Sigma DACI - II$	NPV	958,33
<b>4. Індекс прибутковості (Profitability Index – PI)</b>		
$PI = \Sigma (CF_t / (1 + K)^t) / II = DACI / II$	PI	1,96
<b>5. Внутрішня норма рентабельності (Internal Rate of Return – IRR)</b>		
$\Sigma (CF_t / (1 + IRR)^t) = Invest$		
$\Sigma CF_t / (1 + IRR) = II$	IRR	1,35
$IRR = CF_t / II - 1$	IRR, %	135

Рисунок 4.1 - Розрахунки за допомогою Microsoft Excel

Визначення внутрішньої норми рентабельності									
Вид виплат	Періоди часу, рр.		Обсяг надходжень і витрат без урахування дисконтування, грн.	$1 + IRR_1$	$F_t = 1 / (1 + IRR_1)^t$	Приведені надходження і витрати, $F \cdot INVEST$ , грн.	$1 + IRR_2$	$F_t = 1 / (1 + IRR_2)^t$	Приведені надходження і витрати, грн.
				$IRR_1 = 20\%$			$IRR_2 = 50\%$		
Витрати	До початку роботи	0	-1000	1,2	1	-1000	1,5	1	-1000
Надходження	1-й рік	1	1100	1,2	0,833333333	916,666667	1,5	0,666667	733,333333
	2-й рік	2	1250	1,2	0,694444444	868,055556	1,5	0,444444	555,555556
Чистий приведений дохід, NPV			1350			784,722222			288,888889
						позитивний			позитивний

Рисунок 4.2 - Визначення внутрішньої норми рентабельності

Наочно IRR можна представити на графіку (рис. 4.3.) з вхідними даними (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Вхідні дані для побудови графіку IRR

	IRR <sub>1</sub>	IRR <sub>2</sub>
IRR, %	20	50
NPV, грн.	784,722222	288,8889

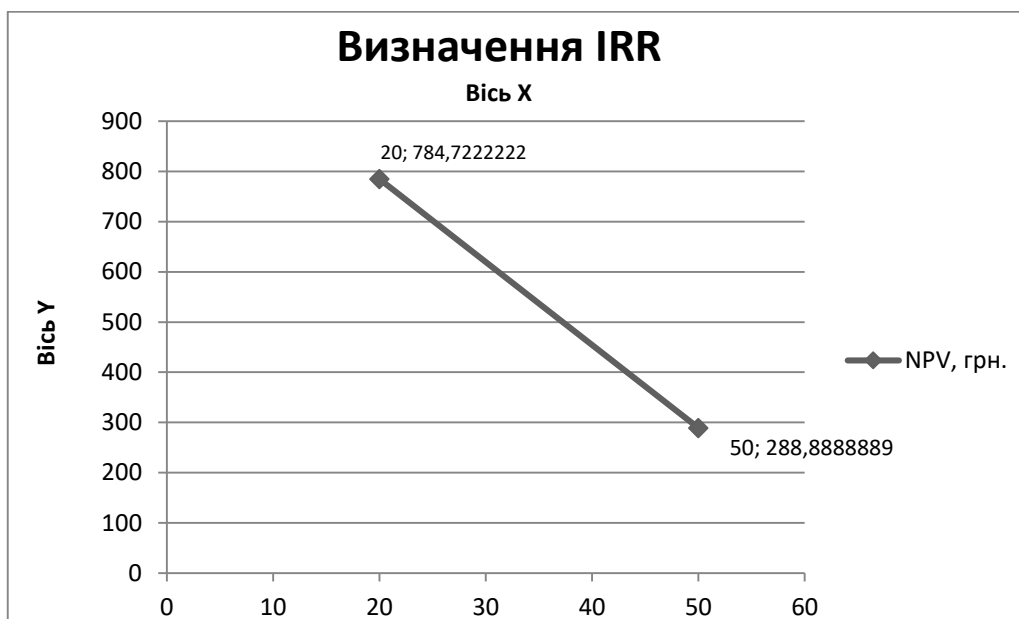


Рисунок 4.3 - Графік IRR

Отже, бізнес-план з відкриття хендлінгової компанії «Free Bird Airlines» в аеропорту «Анталія» можна вважати прийнятною для інвестування, бо вона є економічно вигідною та прибутковою.

#### 4.1.2. Прогнозування пасажирських перевезень авіакомпанією «Free Bird Airlines»

Авіакомпанія «Free Bird Airlines» повинна прийняти рішення щодо скорочення або розширення наявного парку повітряних суден. З цією метою були зібрані статистичні дані про попит на послуги з повітряних перевезень, які надавалися авіакомпанією впродовж 6 місяців поточного року.

За результатами статистичних даних спрогнозуємо показники попиту на авіаційні послуги до кінця року за допомогою методу кореляційно-регресивного аналізу.

Кореляційно-регресійний аналіз (КРА) полягає у виборі виду рівняння регресії, обчисленні його параметрів та встановленні взаємозалежності між вимірюваними даними [28].

Основними характеристиками КРА є коефіцієнт кореляції  $r$  і лінія регресії. Коефіцієнт кореляції  $r$  приймає значення на відрізку  $[-1;1]$ . Саме значення коефіцієнта показує нам, який зв'язок між змінними. Чим ближче  $r$  до 1, тим тіснішим є кореляційний зв'язок:

- при  $r = 0$ , кореляційний зв'язок відсутній і лінія регресії паралельна осі  $x$ ;
- при  $r = 1$ , зв'язок функціональний (усі значення лежать на одній лінії);

- при  $r = 0,7...0,8$ , кореляційний зв'язок є прямим;
- при  $r = -1$  кореляційний зв'язок називають оберненим.

Лінія регресії визначає вид залежності і пов'язує середнє значення функції відгуку  $f(x)$  зі значеннями фактору  $x$ .

*Етапи КРА:*

- 1) збір статистичних даних;
- 2) кореляційний аналіз - за допомогою коефіцієнта кореляції  $r$  визначаємо тісноту зв'язку та його характер;
- 3) регресійний аналіз - визначення виду залежності за допомогою кореляційного поля;
- 4) визначення значень коефіцієнтів регресії:  $y = b_0 + b_1x$ ;
- 5) визначення значущості отриманих значень коефіцієнтів кореляції і регресії за допомогою критеріїв Стьюдента і Фішера;
- 6) побудова лінії регресії;
- 7) прогнозування (екстраполяція і інтерполяція).

Використовуючи Microsoft Excel, за допомогою КРА зробимо прогнозування попиту на авіаційні перевезення до кінця року. Дані, щодо кількості перевезених пасажирів за 6 місяців поточного року наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 - Статистичні дані про кількість перевезених пасажирів

Місяці, $t$	Кількість перевезених пасажирів, $K \cdot 10^3$ , чоловік
1	1,1
2	1,0
3	1,3
4	1,2
5	1,1
6	1,2

Спочатку визначаємо візуально вид лінії регресії. Для цього в кореляційному полі наносимо точки, що відповідають вихідним даним (табл. 4.3), одержуємо частково-ламану криву і візуально визначаємо, що отримані точки можна апроксимувати прямою лінією (рис. 4.4). Вісь абсцис  $x$  відповідає часу  $t$ , ордината  $y$  – кількості перевезених пасажирів  $K \cdot 10^3$ . Таким чином, для опису отриманих точок

можна використовувати лінійну регресію виду  $y = b_0 + b_1x$ , де коефіцієнти регресії  $b_0$  і  $b_1$  знаходяться за допомогою методу найменших квадратів.

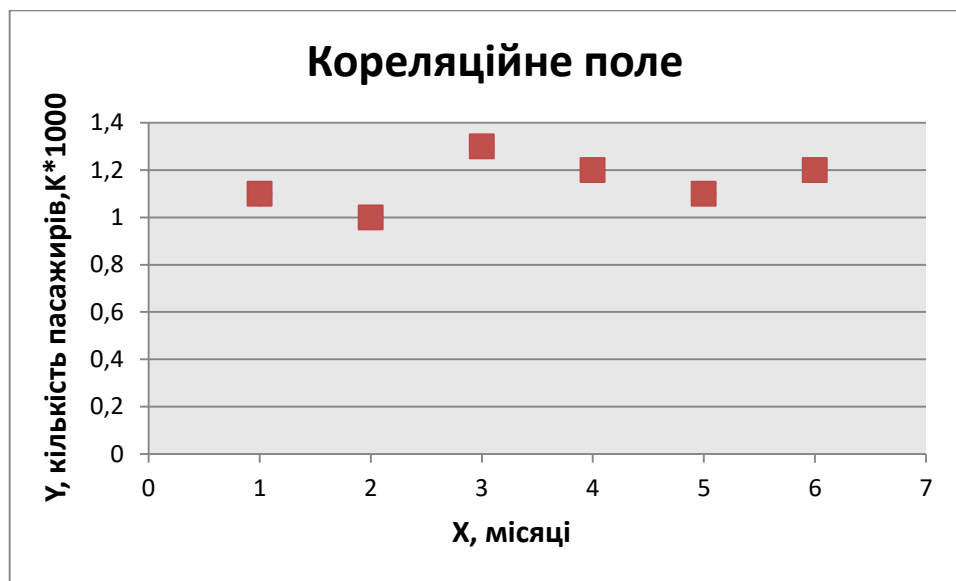


Рисунок 4.4 - Залежність зміни кількості пасажирів від часу

Для визначення коефіцієнтів регресії  $b_0$  і  $b_1$  дані обчислень заносимо в табл.

4.4.

Таблиця 4.4 - Методика обчислення коефіцієнтів регресії

x, t	y, К*10 <sup>3</sup>	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>	x*y	x + y	(x + y) <sup>2</sup>
1	1,1	1	1,21	1,1	2,1	4,41
2	1,0	4	1,0	2,0	3,0	9
3	1,3	9	1,69	3,9	4,3	18,49
4	1,2	16	1,44	4,8	5,2	27,04
5	1,1	25	1,21	5,5	6,1	37,21
6	1,2	36	1,44	7,2	7,2	51,84
$\Sigma 21$	6,9	91	7,99	24,5	27,9	147,99

Виконаємо перевірку за формулою (4.11):

$$\Sigma(x + y)^2 = \Sigma x^2 + 2 \Sigma xy + \Sigma y^2 \quad (4.11)$$

$$147,99 = 91 + 2 \times 24,5 + 7,99$$

Таким чином, табличні розрахунки зроблені вірно.

Тепер обчислимо коефіцієнти регресії за формулами (4.12) та (4.13):

$$b_0 = \frac{(\Sigma y \Sigma x^2 - \Sigma xy \Sigma x)}{(n \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2)} \quad (4.12)$$

$$b_1 = \frac{(n \Sigma xy - \Sigma x \Sigma y)}{(n \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2)} \quad (4.13)$$

де n – кількість місяців.

$$b_0 = \frac{(6,9 \times 91 - 24,5 \times 21)}{(6 \times 91 - 212)} = \frac{627,9 - 514,5}{546 - 441} = \frac{113,4}{105} = 1,08$$

$$b_1 = \frac{(6 \times 24,5 - 21 \times 6,9)}{(6 \times 91 - 212)} = \frac{147 - 144,9}{546 - 441} = \frac{2,1}{105} = 0,02$$

Рівняння регресії, що визначає апроксимуючу лінійну функцію для даних задачі, визначається як  $y = 1,08 + 0,02x$ .

Аналіз рівняння показує, що кожний місяць кількість перевезених пасажирів збільшується на  $0,02 * 1000 = 20$  чоловік.

Використовуючи дані табл. 4.4, обчислимо коефіцієнт кореляції  $-1 \leq r \leq 1$  за формулою (4.14):

$$r = \frac{\sum xy - \frac{1}{n} \sum x \sum y}{\sqrt{[\sum x^2 - \frac{1}{n} (\sum x)^2][\sum y^2 - \frac{1}{n} (\sum y)^2]}} \quad (4.14)$$

$$r = \frac{24,5 - \frac{1}{6} \times 21 \times 6,9}{\sqrt{(91 - \frac{1}{6} \times 212)(7,99 - \frac{1}{6} \times 6,92)}} = \frac{0,35}{\sqrt{17,5 * 0,055}} = \frac{0,35}{0,98}$$

$$= 0,356753034$$

Отже, коефіцієнт кореляції  $r = 0,35$ ;  $r > 0$ .

Значення коефіцієнта кореляції показує, що зв'язок не тільки прямий, оскільки його значення додатне, але й досить слабкий, тому що він дорівнює 0,35.

На основі отриманого рівняння регресії  $y = 1,08 + 0,02x$  в табл. 4.5, оцінимо кількість перевезених пасажирів за 1-12 місяці поточного року і за цими даними побудуємо лінію регресії (рис. 4.5).

Таблиця 4.5 - Розрахунок кількості пасажирів

х, міс.	$y = 1,08 + 0,02x$ , к-ть пас., К*10 <sup>3</sup>
1	1,1
2	1,12
3	1,14
4	1,16
5	1,18
6	1,20
7	1,22
8	1,24
9	1,26
10	1,28
11	1,30
12	1,32

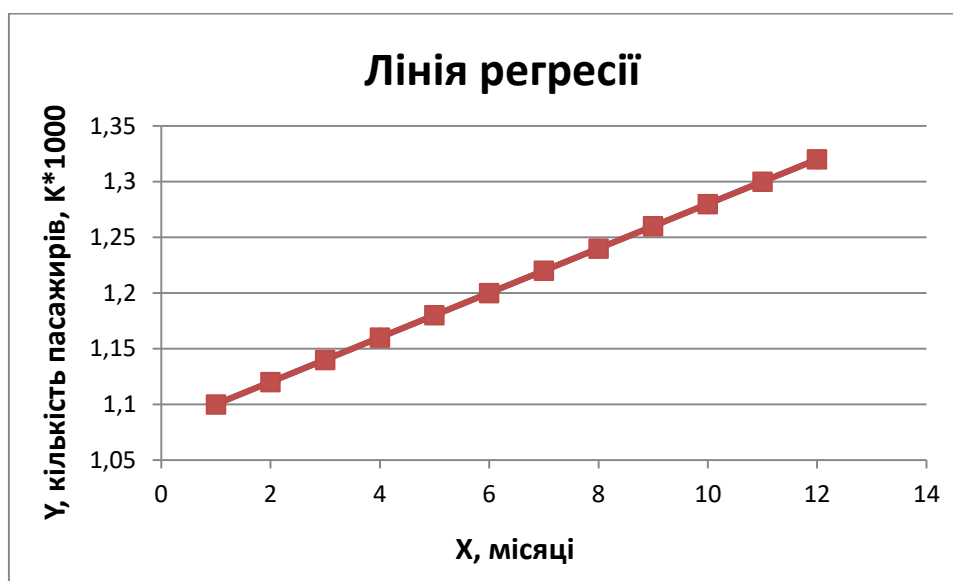


Рисунок 4.5 - Лінія регресії

Результати регресійного аналізу під час розрахунків в Microsoft Excel показано на рисунку 4.6.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Вывод итогов								
2									
3	<i>Регрессионная статистика</i>								
4	Множественный	0,356753034							
5	R-квадрат	0,127272727							
6	Нормированный	-0,090909091							
7	Стандартная оши	0,109544512							
8	Наблюдения	6							
9									
10	<i>Дисперсионный анализ</i>								
11		<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>			
12	Регрессия	1	0,007	0,007	0,583333333	0,487572915			
13	Остаток	4	0,048	0,012					
14	Итого	5	0,055						
15									
16		<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>	<i>Нижние 95,0%</i>	<i>Верхние 95,0%</i>
17	Y-пересечение	1,08	0,10198039	10,5902713	0,000449923	0,796857045	1,363142955	0,796857045	1,363142955
18	Переменная X 1	0,02	0,026186147	0,763762616	0,487572915	-0,052704399	0,092704399	-0,052704399	0,092704399
19									

Рисунок 4.6 - Результати регресійного аналізу

Отже, результати показали планове збільшення кількості перевезених пасажирів близько 20 чоловік кожного місяця. Можна порекомендувати керівництву авіакомпанії «Free Bird Airlines» далі розширювати наявний парк повітряних суден та придбати нову авіаційну техніку ближчим часом.



#### **Висновок до розділу 4**

У цьому розділі було розроблено бізнес-план для авіакомпанії «Free Bird Airlines», щоб отримати інвестиції. Оцінювання ефективності інвестицій відіграє важливу роль при обґрунтуванні та виборі можливих об'єктів інвестування. Від того, наскільки об'єктивно проведена ця оцінка, залежить прийняття вірного інвестиційного рішення щодо термінів повернення вкладених інвестицій, розвитку фірми, галузі, тощо. Розраховали такі показники ефективності програми, як: розрахунковий рівень доходу, період окупності програми, чистий приведений дохід, індекс прибутковості і внутрішню норму рентабельності та дійшли до висновку, що бізнес-план з відкриття хендлінгової компанії «Free Bird Airlines» в аеропорту «Анталія» можна вважати прийнятною для інвестування, бо вона є економічно вигідною та прибутковою.

Також було проведено кореляційно-регресивний аналіз, для того щоб прийняти рішення щодо скорочення або розширення наявного парку повітряних суден нашої розглянутої авіакомпанії. З цією метою були зібрані статистичні дані про попит на послуги з повітряних перевезень, які надавалися авіакомпанією впродовж 6 місяців поточного року. Результати показали планове збільшення кількості перевезених пасажирів близько 20 чоловік кожного місяця. Можна порекомендувати керівництву авіакомпанії «Free Bird Airlines» далі розширювати наявний парк повітряних суден та придбати нову авіаційну техніку ближчим часом.

## РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

### 5.1. Вплив противообліднювальних рідин на навколишнє середовище

Під час обледеніння ПС на землі, лід зазвичай покриває більшу частину його поверхні: всю верхню частину крил і оперення, а також поверхню фюзеляжу. Основна небезпека полягає в розвитку на зледенілих поверхнях крила та оперення літака передчасних (на менших кутах атаки) зривних явищ, що загрожує на етапі зльоту та набору висоти порушенням характеристик стійкості та керованості, а також звалюванням літака [6].

Основними засобами, що використовуються у світовій практиці для захисту ПС від наземного обледеніння, є противообліднювальні рідини (ПОР). Їх основна функція – знижувати точку замерзання замерзаючих опадів, які потрапляють на літак, і, таким чином, перешкоджати накопиченню льоду, снігу, сльоти або крижаного нальоту на критичних поверхнях.

ПОР класифікуються як рідини типу I, II, III і IV. Рідини типу I мають низьку в'язкість, яка змінюється в залежності від температури. Рідини типу II, III і IV містять загусники і тому мають більш високу в'язкість, яка змінюється в залежності від сили зсуву, співвідношення води та температури рідини. Рідини типу II мають кращі противообліднювальні властивості, ніж рідини типу I [9].

#### ПОР типу I

Ці рідини поставляються в концентрованому або в розбавленому (готовому до застосування) вигляді. Концентровані рідини містять велику кількість гліколю (наприклад, етиленгліколь, діетиленгліколь, або пропіленгліколь, або суміші цих гліколей). Іншу частину складають вода, сповільнювачі корозії, антипінні присадки і іноді барвники.

Рідини типу I слід нагрівати, щоб забезпечити їх максимальну ефективність. Концентровані рідини повинні розбавлятися водою таким чином, щоб їх точка замерзання відповідала застосовуваній процедурі. З урахуванням таких міркувань, як аеродинамічні характеристики літака і / або точки замерзання, ПОР можуть додатково розбавляється для підвищення їх ефективності при видаленні льоду.

## ПОР типу II, III та IV

Дані рідини поставляються як в розбавленому, так і в нерозбавленому вигляді. Нерозбавлені рідини типу II і IV містять значну кількість етиленгліколю, діетиленгліколю або пропіленгліколю. Іншу частину суміші складають вода, згущувач, сповільнювачі корозії, іноді барвник. Висока в'язкість рідини в поєднанні з присутніми в ній змочуючими реагентами дозволяє забезпечити нанесення шляхом розпилення товстого покриття на поверхню ПС.

Для забезпечення максимально ефективного противообліднювального захисту рідини типу II і IV слід використовувати в нерозведеному вигляді. Проте ці рідини також використовуються і в розведеному вигляді в тих випадках, коли вони застосовуються при високій температурі навколишнього повітря і невеликій кількості опадів.

Рідина типу III може бути розведеної рідиною типу II або IV, яка відповідає вимогам, що пред'являються під час тесту аеродинамічних характеристик турбогвинтових літаків.

Рідини типу II, III і IV мають дуже високу в'язкість, завдяки чому при їх нанесенні на крилі утворюється більш товсте покриття, ніж при нанесенні рідини типу I. Під час розбігу літака для виконання зльоту повітряний потік на поверхні ПС діє на ці рідини і створює силу зсуву, що призводить до втрати їх в'язкості, і в результаті рідина здувається з критичних поверхонь крила ще до підйому носової стойки шасі.

Підвищуючи в'язкість рідини (як у рідин типу II і IV), можна збільшити товщину плівки і, отже, застосовувати більший обсяг рідини. Більший обсяг рідини дозволяє абсорбувати більший обсяг замерзаючих опадів до того, як буде досягнута точка замерзання, в результаті чого збільшується час дії рідини. Це захисна властивість має важливе значення в умовах випадання замерзаючих опадів, коли очікується більш тривалий час вирулювання. В цілому рідина типу IV забезпечує захист довше, ніж рідини типу II і III.

За жодних обставин не можна наносити нове покриття рідини безпосередньо поверх минулої забрудненої плівки покриття. Якщо виникає необхідність повторної обробки ПОР, то перед заключним її застосуванням необхідно спочатку видалити обмерзання з поверхонь літака.

Недоліками зазначених вище ПОР для наземної обробки ПС є висока токсичність, обумовлена використанням етиленгліколю та діетиленгліколю з високим вмістом гліколей 40-95 мас.%, а також висока вартість, обумовлена тією ж причиною.

ПОР значно впливають на навколишнє середовище, оскільки більшість рідини стікає на землю під час обробки літака чи здувається з його поверхні вітром [11]. Рідина, що залишилася на поверхні ПС, обов'язково скидається при зльоті і розноситься вздовж злітно-посадкової смуги і далі в польоті. Процес зльоту супроводжується гідратацією сухих залишків та їх перетворенням на гелеподібні відкладення при взаємодії з вологою, що перебуває у повітрі.

Насичені водою залишки ПОР кристалізуються на пероні, що веде до загибелі мікроорганізмів, що знаходяться в межах аеропорту. Утворення крижаних кірок на ЗПС та стоянках ПС ускладнює або повністю припиняє процес аерації між земною поверхнею і приземним шаром повітря, наслідком чого стає зміна його газового складу. Кисень перестає надходити в ґрунт, а вуглекислий газ в атмосферу.

Змішуючись зі снігом, металевим пилом та іншими хімічними речовинами на пероні, розчин може потрапити в ґрунтові води через наявну дренажну систему аеропорту. Частина поверхонь стоянок і руліжних доріжок складається з бетонних плит, що мають стики, заповнені пухким ґрунтом, що потенційно може призвести до потрапляння забруднюючих речовин у водоносні горизонти ґрунту.

Також у складі ПОР присутні змочуючі агенти - тензиди. Вони повільно руйнуються у навколишньому середовищі та токсичні для мешканців водних екосистем.

За добу, залежно від метеоумов, у великому вузловому аеропорту північних широт проводиться обробка щонайменше 20% від усіх ПС. Слід зазначити те, що розподіл відпрацьованих рідин біля аеродрому відбувається нерівномірно, точково. Розрахуємо площу забрудненої ділянки при обслуговуванні одного ПС, який можна покрити плівкою, що утворюється, від ПОР товщиною –  $H$  в 1 мм, за умови постійної щільності. Саме такої висоти стовпа рідини вистачає, щоб практично повністю зупинити газообмін між верхнім горизонтом ґрунту та приповерхневим шаром повітря.

Розглянемо 2 випадки: з важкими погодними умовами (наявність опадів, сильний вітер та низькі температури) та комфортними (з температурою, близькою до нуля та безхмарною погодою).

При одноступінчастій обробці витрачається в середньому 150 л води і 75 л ПОР I типу. Тоді  $V_{\text{пор на одиницю ПС}} = 225$  л. Звідси  $S = V/H$ , де  $V$  – сумарний об'єм використаної рідини,  $H$  – товщина плівки. Так як  $л = \text{дм}^3$ , то  $S_{\text{од}} = 225 \text{ дм}^3 / 10^{-2} \text{ дм} = 225 \text{ м}^2$ .

При використанні двоступінчастого процесу, води витрачається 300 л, ПОР I типа – 150 л та IV – 150 л.  $V_{\text{пор на одиницю ПС}} = 600$  л.  $S_{\text{од}} = 600 \text{ дм}^3 / 10^{-2} \text{ дм} = 600 \text{ м}^2$ .

Таким чином, територія, що потенційно забруднюється, в мінімальному випадку в рази перевищує площу стоянок аеродрому, а якщо врахувати інтенсивність обробки при пікових навантаженнях в аеропортах, то сумарне забруднення стає великомасштабним.

Для зменшення негативного впливу на довкілля та, насамперед, здоров'я людини, необхідний комплекс заходів. У рецептуру ПОР повинні бути введені рідкі органічні компоненти, які могли б:

- мати велику розчинність та повністю абсорбувати (розчиняти в собі) неорганічні сольові вмісти антифризної та інгібіторної частини ПОР;
- внаслідок малої летючості бути не тільки невисихаючими, а й гігроскопічними;
- за своєю природою додатково мати структурні або інгібуючі властивості.

Пріоритетним завданням стає створення на території перону спеціалізованих ділянок для проведення обробки літаків, де буде своя система виведення відпрацьованих рідин. Система має бути замкненою і мати інсінератори (деактиватори забруднюючих речовин). Агрегати облива необхідно модернізувати для точкового розпилення розчинів поверхнею фюзеляжу.

## 5.2. Небезпечні та шкідливі чинники на робочому місці диспетчера УПР

Під час роботи диспетчер УПР зазнає великої кількості шкідливих факторів. Серед них можна виділити електричний вплив, фактор випромінювання, ризик пожежонебезпечних речовин та психофізіологічні фактори. Ця професія вимагає високого рівня професійної та юридичної відповідальності, супроводжується

значною інтелектуальною та емоційною напругою, частими стресовими ситуаціями під час забезпечення безпеки польотів. Вона також характеризується потребою у розв'язанні нестандартних завдань, непостійним графіком роботи та можливими порушеннями біологічних ритмів.

Виробничі фактори поділяються на два види: шкідливі та небезпечні. Шкідливі чинники - це вплив на організм людини, які можуть призвести до тимчасового або стійкого погіршення самопочуття або захворювань [23]. Небезпечні чинники - це ті, що можуть призвести до травм або загибелі людини при короткочасній дії. Ці фактори можуть шкодити здоров'ю як під час виробництва, так і поза робочим часом.

Розглянемо детальніше про фактори, які впливають на роботу авіадиспетчера.

Електричний вплив. Він є дійсно серйозною загрозою для безпеки диспетчера та його робочого місця. Електричний струм може викликати різні види впливу на організм, включаючи термічний, біологічний, електролітичний та механічний. Це може призвести до серйозних травм, включаючи смертельні наслідки від ураження електрострумом та порушення серцевої або дихальної функцій. Щодо статичної електрики, хоча вона не є прямою загрозою для життя, розряди статички можуть спричинити пожежу, що може бути небезпечним у невеликому приміщенні, яким є робоче місце диспетчера. В ситуації пожежі швидке поширення задимлення може призвести до отруєння та задухи.

Високий рівень авіаційного шуму на робочому місці. Шум – це біологічний подразник, який за певних обставин може мати вплив на всі органи і системи організму людини, впливає на різні частини головного мозку і може порушити процеси нервової діяльності. Характерними ознаками є: утома, апатія, роздратованість, погіршення пам'яті, слабкість організму.

Освітлення приміщення і робочого місця. Підвищена яскравість світла пов'язана з наявністю світловиpromінюючих моніторів та дисплеїв, необхідних для забезпечення роботи працівників з дрібними елементами. Освітлення впливає на стан психічних функцій і фізіологічні процеси організму і є важливим стимулятором зорового сприйняття. Гарне освітлення сприяє збільшенню працездатності, а при поганому освітленні – людина швидше втомлюється та

збільшується небезпека помилкових дій. Врешті-решт, погане освітлення може призвести до професійних захворювань.

Підвищений рівень вібрації. Вплив вібрації на організм людини призводить до порушень фізіологічного і функціонального стану, оскільки цей вид механічного впливу є найбільш небезпечним серед інших. Загальними методами боротьби з вібрацією є зниження вібрацій в джерелі виникнення шляхом зниження або усунення збуджувальних сил.

Діяльність диспетчера УПР полягає в наданні контролю та забезпеченні безпечного руху ПС, що перебувають у його зоні відповідальності. Ця робота вимагає від працівника виконання жорсткого розпорядку, постійної уваги і безперервного моніторингу подій. Специфічні умови роботи можуть призводити до швидкої втоми, постійного стресу та втрати концентрації. Некомпетентність диспетчера та недбале ставлення вищих органів до його стану можуть призвести до авіаційних катастроф і аварій, які можуть призвести до втрат людських життів.

Професійна діяльність авіадиспетчерів має стресогенний характер і чинить суттєві психофізіологічні реакції на соматичне здоров'я у вигляді розвитку загальної втоми, зниження зору, підвищення рівня як реактивної, так і особистісної тривожності, психічних розладів, підвищення артеріального тиску, розвитку різноманітних патологій.

Причиною 90% всіх інцидентів, що відбуваються з вини авіадиспетчерів, на даний момент є хронічна втома та розвиток стресу, монотонність праці та напруга, які становлять психофізіологічні фактори та роблять її відокремленою серед інших виділених груп факторів. В результаті системних аналізів, досліджень встановлено, що професійна діяльність диспетчерів тривалістю понад 10 років викликає вегетативно-регуляторні порушення з боку церебральної гемодинаміки, стійке збільшення артеріального тиску, підвищення рівня тривожності та розвиток психосоматичних захворювань, гастрити та цукровий діабет.

Крім загальних небезпечних і шкідливих факторів, що впливають на стан здоров'я авіадиспетчерів, відбувається постійне збільшення інтенсивності повітряного руху та обсягу повітряних перевезень. Це призводить до збільшення професійного навантаження тих, хто керує ПС, і, отже, вимагає значного підвищення вимог до професійних якостей та функціонального стану диспетчерів.

Дослідження показали, що під час роботи з високою інтенсивністю повітряного руху авіадиспетчери відзначають значні зміни в церебральній гемодинаміці, високий рівень реактивної тривожності, погіршену суб'єктивну оцінку їх функціонального стану, що свідчить про розвиток хронічної втоми.

Постійне навантаження, відповідальність, змінний графік роботи та нічні зміни вимагають створення спеціальних умов для швидкого відновлення організму під час робочої зміни та для тривалого відпочинку поза робочим часом. Отже, під час зміни диспетчеру рекомендується надавати кілька перерв, кількість яких залежить від інтенсивності повітряного руху та графіку роботи. Ці перерви рекомендується проводити в спеціальних кімнатах для психологічного розвантаження, які обладнані усім необхідним для відпочинку та відновлення фізичних та психічних сил.

Для диспетчерів УПР важливими є режим праці, харчування, відпочинку, необхідна фізкультура. Він має обов'язкову відпустку у розмірі 70 робочих днів.

Фахівцям необхідно щорічно проходити профілактичні огляди у терапевта поліклініки, відстежувати основні показники крові, холестерин, рівень глюкози, ЕКГ. Вкрай шкідливий характер праці авіадиспетчерів та особливості медичної та психологічної реабілітації враховується під час розробки рекомендацій щодо режимів праці та відпочинку для даної галузі фахівців, але до цього часу не вдається знизити розглянуті показники безпеки та стабільності стану здоров'я та забезпечити високу працездатність, попередити розвиток втоми, зменшити кількість авіаційних подій.

### **5.3. Вимоги до організації робочих місць та умов праці авіадиспетчерів**

Мікрокліматичні умови на робочому місці є одним із ключових факторів в сфері санітарії та гігієни, які суттєво впливають на здоров'я та працездатність людини. Мікроклімат визначається різними показниками, такими як температура повітря та поверхонь, відносна вологість, швидкість повітряного руху та теплове випромінювання [24]. Потреба врегулювання шумового фону також не може бути недооціненою, оскільки шум має негативний вплив на якість роботи. Саме тому гігієнічне нормування цих параметрів допомагає створити найкомфортніші умови для розумової праці та сприяє підвищенню продуктивності.

Робочі місця диспетчерів УПР повинні відповідати таким вимогам:



- площа на одне робоче місце має становити не менше  $6 \text{ м}^2$ , а об'єм - не менше  $20,0 \text{ м}^3$ ;
- робочі місця по відношенню до світлових прорізів повинні розташовуватися так, щоб природне світло падало збоку, переважно зліва;
- конструкція робочого столу (пульту) повинна забезпечувати оптимальне розміщення на робочій поверхні необхідного комплексу обладнання з урахуванням його кількості та конструктивних особливостей (розмір монітора, прилади зв'язку, телефони та ін.) та документів, залежно від характеру виконуваної роботи;
- висота робочої поверхні столу (пульту) має регулюватися в межах 680 - 800 мм. За відсутності такої можливості висота пульта має становити 725 мм. Органи регулювання висоти робочої поверхні столу повинні бути легко досяжними в положенні сидячи, забезпечувати вільне керування та надійну фіксацію;
- екран монітора повинен знаходитись від очей диспетчера УПР на оптимальній відстані 600 – 700 мм, але не ближче 500 мм;
- кут спостереження екрана диспетчером щодо горизонтальної лінії погляду має перевищувати  $30^\circ$ ;
- робоче крісло має забезпечувати підтримку фізіологічно раціональної робочої пози диспетчера у процесі трудової діяльності, створювати умови для зміни пози з метою зниження статичної напруги м'язів шийно-плечової області та спини, а також для виключення порушення циркуляції крові в нижніх кінцівках та попередження розвитку втоми;
- освітленість поверхні столу (пульту) авіадиспетчера у зоні розміщення робочих документів має становити 300 - 500 лк, екрану монітора - 200 лк; клавіатури – 400 лк; підлога основних проходів – 100 лк;
- на робочих місцях диспетчерів повинні забезпечуватись оптимальні величини показників мікроклімату: температура повітря 21 – 25 °С, відносна вологість – 40 – 60 %, швидкість руху повітря – не більше 0,1 м/с, температура поверхонь – 20 – 26 °С;
- рівні звуку на робочих місцях не повинні перевищувати 50 дБа;

- рівні вібрації не повинні перевищувати нормативних корективних за частотою та еквівалентних коригованих значень - 83 дБ з віброприскорення та 75 дБ з віброшвидкості.

Для нормалізації параметрів повітряного середовища, які безпосередньо впливають на організм людини, одним з найпоширеніших методів є вентиляція приміщень, що полягає у видаленні з приміщення забрудненого й нагрітого повітря, та подачі чистого свіжого. Нормовані параметри повітря в робочих приміщеннях наведено у таблиці 5.1 [25].

Таблиця 5.1 - Нормовані параметри мікроклімату

Пора року	Температура повітря, °С	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодна	21-22 °С	40-60 %	0,1 м/с
Тепла	22-24 °С	40-60 %	0,2 м/с

Для боротьби з авіаційним шумом у приміщеннях застосовуються такі основні заходи:

- усунення причини шуму або суттєве ослаблення при розробці технологічних процесів та проектуванні обладнання;
- ізоляція джерела шуму від навколишнього середовища засобами звуко- та віброзахисту;
- раціональне планування приміщень;
- застосування засобів індивідуального захисту від шуму;
- раціоналізація режиму праці за умов шуму;
- профілактичні заходи медичного характеру.

Рівень неіонізуючих випромінювань не повинен перевищувати гранично допустимі рівні електромагнітних випромінювань, а рівень напруженості електромагнітних полів - не повинен перевищувати гранично допустимі рівні напруженості електричної та магнітної складових у діапазоні частот 30,0 кГц - 300,0 ГГц, залежно від діапазону частот відповідно до таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 - Гранично допустимі рівні напруженості

Діапазон частот	Допустимі рівні, В/м
0,3-300 кГц	25,0
0,3-3,0 МГц	15,0
3,0-30,0 МГц	10,0
30,0-300,0 мГц	3,0
0,3-300,0 ГГц	10,0 мкВт/см <sup>2</sup>

Диспетчерам, які здійснюють безпосереднє керування повітряним рухом за диспетчерським пультом після 2 год безперервної роботи надається перерва тривалістю не менше 20 хв, а при інтенсивності повітряного руху більш допустимого - додаткова перерва тривалістю 10 хв після кожної години роботи.

При роботі в нічну зміну необхідно передбачати надання диспетчерам УПР одногодинного відпочинку з правом сну у спеціально обладнаному приміщенні, як правило, через 4 години після початку роботи.

Для профілактики перенапруги у диспетчерів рекомендується наприкінці робочої зміни проводити психофізіологічне розвантаження у спеціально обладнаному приміщенні.

З метою запобігання виникненню захворювань, пов'язаних з умовами праці, авіадиспетчери повинні проходити обов'язкові попередні при вступі на роботу та періодичні медичні огляди.

## Висновок до розділу 5

У підрозділі з охорони навколишнього середовища розглянуто вплив противообліднювальних систем на довкілля та здоров'я людини. Для зменшення негативного впливу описано необхідний комплекс заходів. Один із них це - введення рідких органічних компонентів. А також створення на території перону спеціальних ділянок для обробки ПС, де буде своя система виведення відпрацьованих рідин.

У підрозділі з охорони праці було проведено аналіз небезпечних та шкідливих чинників на робочому місці авіадиспетчера, які безпосередньо мають вплив на його працездатність та здоров'я, таких як: авіаційний шум, високий рівень вібрацій, несприятливі умови мікроклімату тощо. Також було розглянуто основні вимоги до організації робочих місць та умов праці авіадиспетчерів. Дотримання цих параметрів допомагає створити найкомфортніші умови для розумової праці та сприяє підвищенню продуктивності.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В ході виконання дипломної роботи було визначено та проаналізовано, як впливає обледеніння на політ літака. Воно значно ускладнює виконання польоту, примушує змінити напрям і висоту польоту, а в деяких випадках може навіть призвести до припинення польоту.

Характер відкладення льоду, його форма, структура, інтенсивність утворення визначаються розмірами і концентрацією крапель, а також процесами теплообміну поверхні, що обмерзає. Чим дрібніше краплі і чим нижча швидкість польоту, тим легше краплі захоплюються потоком повітря, що обтікає літак, і, отже, тим менша їхня частка стикається з ПС. Чим вище температура повітря і швидкість потоку, більші розміри і концентрація крапель, тим більш оптично однорідний і прозорий шар льоду і більш нерівна і бугриста його поверхня, що призводить до помітного погіршення умов обтікання несущих площин (крил) літака.

Для забезпечення безпеки польоту, перш за все, перед вильотом слід ретельно вивчити метеообстановку на трасі, особливо в районі аеродромів зльоту та посадки, враховуючи, що більшість випадків обледеніння ПС спостерігається на менших висотах (менше 5000 м). На великих висотах зустрічається рідко, але можливо в будь-яку пору року. Найбільш небезпечне обледеніння на етапі заходу на посадку і на посадці, так як на цих етапах виконується на кутах атаки близьких до максимально-допустимих (критичних) кутів атаки.

Було розглянуто фразеологію диспетчер-пілот, у разі виникнення ОВП, як обледеніння ПС та інструкції і рекомендації для диспетчерів УПР, які наведені в ASSIST. Пілот зобов'язаний вжити всіх можливих заходів для негайного виходу з небезпечної зони з доповіддю відповідному органу ОНР, який зобов'язаний з урахуванням повітряної обстановки забезпечити екіпажу ПС необхідні умови польоту. У процесі виконання було приведено для прикладу деякі авіаційні події.

Алгоритм рекомендованих дій диспетчера УПР був проаналізований за допомогою методу мережевого планування, як результат був визначений критичний час на прийняття рішення щодо ситуації, що становить 58,5.

Та шляхом побудови дерева рішень, що надає можливість провести повний структурний аналіз ситуації, знайти оптимальне альтернативне рішення щодо

визначення можливості продовження польоту при обледенінні ПС в польоті та запобігти розвитку ситуації за неправильною послідовністю дій.

Під час виконання роботи було досліджено та систематизовано групи факторів, які впливають на прийняття рішення оператором щодо вибору оптимального варіанту аеродрому для посадки при обледенінні ПС. Було використано такі критерії прийняття рішень, як: метод Лапласа, метод Вальда, метод Севіджа і метод Гурвіца. В висновку маємо ідентичні оптимальні рішення аеродромів посадки (за критерієм Вальда – а/д Хмельницький, Лапласа – а/д Ровно, Гурвіца - а/д Ровно та Севіджа - а/д Хмельницький).

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Харченко В.П. Прийняття рішень оператором аеронавігаційної системи: монографія / В.П. Харченко, Т.Ф. Шмельова, Ю.В. Сікірда. – Кіровоград: КЛА НАУ, 2012. – 292 с.
2. Івус Г.П., Семергей-Чумаченко А.Б. Авіаційна метеорологія та кліматологія: Конспект лекцій. – Одеса:, 2007. – 201 с.
3. Залевский А.В., Жибров А.В.. Основы предотвращения авиационных событий. Методические указания. – Кіровоград, КЛА НАУ, 2012. – 48с.
4. Романович Н.И., Жибров А.В. Расследование авиационных происшествий и инцидентов. Методические рекомендации. – Кіровоград, КЛА НАУ, 2012, - 44с.
5. Наказ від 10.06.2004 №486 «Про затвердження Правил ведення радіотелефонного зв'язку та фразеології радіообміну в повітряному просторі України».
6. Трунов О.К. «Безопасность взлета в условиях обледенения» АСЦ ГосНИИГА 1995г.- 35с.
7. Збірник документації Служби аеронавігаційного обслуговування Украероруху частина 3, п.18. «ТИПОВІ КАРТИ ДІЙ ФАХІВЦІВ ОПР В АВАРІЙНИХ ТА НЕПЕРЕДБАЧУВАНИХ СИТУАЦІЯХ (ASSIST)», 2018.
8. Guidelines for Controller Training in the Handling of Unusual/Emergency Situations. – EUROCONTROL, 2003.
9. ICAO DOC 9640-AN/940 «Руководство по противообледенительной защите воздушных судов на земле». Издание второе – 2000. – 165с.
- 10.Руководство по предотвращению авиационных происшествий (Doc.9422-AN/923). – Монреаль: ИКАО, 1984. – 138с.
- 11.Мялица А.К., Гребеников А.Г., Бут Е.Н. и др. Противообледенительные системы самолетов и вертолетов: - Х: Нац. Аэрокосм. Ун-т им. Н.Е. Жуковского “Харьковский авиационный институт”, 2013 - с. 42-43, 92-157.
- 12.Мазін І.П. Фізичні основи обмерзання літаків. - М .: Гідрометеорологічне видавництво, 1957.
- 13.Курганская В.М., Метеорологические условия обледенения самолетов. М.: Гидрометеиздат, 1947. – 57с.

14. Тенишев Р.Х., Противообледенительные системы летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1967.
15. Харченко В. П. Прийняття рішень в соціотехнічних системах: монографія / В. П. ХАРЧЕНКО, Т. Ф. Шмельова, Ю. В. Сікірда. – К. : НАУ, 2016. – 308 с.
16. Харченко В.П., Шмельова Т.Ф., Сікірда Ю.В. Прийняття рішень оператором аеронавігаційної системи : монографія / В.П. Харченко, Т.Ф. Шмельова, Ю.В. Сікірда. – Кіровоград : КЛА НАУ, 2012. – 292 с.
17. Kolesnyk A. Метод розробки моделей представлення знань про аварійні ситуації для спр авіадиспетчера / A. Kolesnyk, V. Pavlenko, V. Zatkhei // Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць. – Полтава: ПНТУ, 2020. – Т. 3 (61). – с. 13-20.
18. Бідюк П.І., Тимощук О.Л., Коваленко А.Є., Коршевнюк Л.О. Системи і методи підтримки прийняття рішень // Електронне мережне навчальне видання – Київ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 610с.
19. Грибенюк Т.А.. Прийняття рішень в надзвичайній ситуації – обледеніння повітряного судна. / Т.Шмельова, Грибенюк Т.А., Кургановська І. В. // XXII Міжнародна науково - практична конференція молодих учених і студентів «Політ. Сучасні проблеми науки», Київ, 5-8 квітня 2022 р.: матеріали конф. – Київ: Національний авіаційний університет, 2022.
20. Грибенюк Т.А.. Моделювання прийняття рішень диспетчера в особливому випадку в польоті «Незаконне втручання». / Т.Шмельова, Грибенюк Т.А., Полякова О.С.// XXIII Міжнародна науково - практична конференція молодих учених і студентів «Політ. Сучасні проблеми науки», Київ, 5-7 квітня 2023 р.: матеріали конф. – Київ: Національний авіаційний університет, 2023.
21. Грибенюк Т.А. Багатокритеріальне експертне оцінювання етапів польоту літаків. / Грибенюк Т.А., Кургановська І.В., Шмельова Т.Ф. // // Тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів «Проблеми розвитку глобальної системи зв'язку, навігації, спостереження та організації повітряного руху CNS/ATM» – Київ, 23-25 листопада 2021р. – К.: НАУ, 2021.



22. Грибенюк Т.А. Ефективність інвестиційної діяльності підприємства. / Грибенюк Т.А., Полякова О.С., Шмельова Т.Ф. // // Тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів «Проблеми розвитку глобальної системи зв'язку, навігації, спостереження та організації повітряного руху CNS/ATM» – Київ, 29-31 травня 2023р. – К.: НАУ, 2023.
23. Tetiana Shmelova, Yuliya Sikirda. Analysis of Decision-Making of Operators in Socio-Technical Systems / International Publisher of Progressive Information Science and Technology Research, USA, Pennsylvania. 2018. – P.1-32.
24. Г.Ф. Аргунов. УПРАВЛІННЯ ПОВІТРЯНИМ РУХОМ В ОСОБЛИВИХ УМОВАХ ТА АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЯХ. Методичний комплекс 7 семестр напрям підготовки 6.070102 «Аеронавігація» – Київ: НАУ. Інститут аеронавігації, 2010. – 123 с.
25. Doc 8896 AN/893. Руководство по авиационной метеорологии. – Международная организация гражданской авиации, 2015.
26. Зеркалов Д.В. Безпека життєдіяльності. Навч. посіб. / – К.: Основа, 2016. 267 с.
27. Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки: Збірник матеріалів П'ятнадцятої Всеукраїнської науково-методичної конференції (з участю студентів), м. Київ, 14-15 листопада 2016 р. – К.: НТУУ —КПІ, 2016. – 367 с.
28. Леськів Г.З., Верескля М.Р. Безпека життєдіяльності та охорона праці: навчальний посібник – Львів, 2018. – 262 с.
29. Системный анализ и принятие решений: словарь-справочник: учеб. Пособие для вузов/ под ред. В.Н. Волковой, В.Н. Козлова. М.: Высшая школа, 2004.
30. Doc. 4444 ATM/501, Правила аэронавигационного обслуживания «Организация воздушного движения». – Международная организация гражданской авиации, 2007.
31. Shmelova, T., Sikirda, Y., Yatsko, M., Kasatkin, M. Collective Models of the Aviation Human-Operators in Emergency for Intelligent Decision Support System, 2022, 3156, стр. 160–174.

32. Shmelova, T., Lohachova, K., Yatsko, M. Integration of Decision-Making Stochastic Models of Air Navigation System Operators in Emergency Situations, 2022, 3137, pp. 211–226.
33. Sikirda Y., Shmelova T., Kharchenko V., and Kasatkin M. Intelligent System for Supporting Collaborative Decision Making by the Pilot/Air Traffic Controller in Flight Emergencies In CEUR Workshop Proceedings Vol 2853, pp. 127–141, 2021.
34. Shmelova, T., Salem, A.-B.M., Smolanka, V., Sechko, O. (2020) Collaborative deterministic and stochastic decision-making models in health care In CEUR Vol 2753 Workshop Proceedings pp. 46-55.
35. Shmelova, T. (2019). Integration deterministic, stochastic and non-stochastic uncertainty models in conflict situations. In CEUR Vol 2805 Workshop Proceedings (Vol. 2588).
36. Shmelova, T., Sikirda, Y., Scarponi, C., & Chialastri, A. (2018). Deterministic and stochastic models of decision making in air navigation socio-technical system. In CEUR Vol 2805 Workshop Proceedings (Vol. 2104, pp. 649–656). CEUR-WS.
37. Волошин, О. Ф. Моделі та методи прийняття рішень : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. /О. Ф. Волошин, С. О. Мащенко. – 2-ге вид., перероб. та допов. – К. : Видавничополіграфічний центр "Київський університет". - 2010. – 336 с.
38. С. М. Братушка, С. М. Новак, С. О. Хайлук. Системи підтримки прийняття рішень [Текст] : навчальний посібник для самостійного вивчення дисципліни / [уклад.: С. М. Братушка, С. М. Новак, С. О. Хайлук] ; Державний вищий навчальний заклад “Українська академія банківської справи Національного банку України”. – Суми : ДВНЗ “УАБС НБУ”, 2010. – 265 с.
39. АВИАЦИОННЫЕ ФАКТОРЫ РИСКА. ПРОГРАММА ОБУЧЕНИЯ И ПОДГОТОВКИ ETR - No20 – Женева – Швейцария: Секретариат Всемирной Метеорологической Организации.

- 40.В. Ц. Жидецький, В. С. Джигирей, О. В. Мельников. Основи охорони праці - Вид. 2-е, стереотипне. - Львів: Афіша, 2000. - 348 с.
- 41.Лейченко С. Д. Человеческий фактор в авиации / С. Д. Лейченко, А. В. Малишевский. – Кировоград, 2006. – Кн. 1. – 480 с.
- 42.Бідюк, П. І. Проектування систем підтримки прийняття рішень / П. І. Бідюк, Л. О. Коршевніук. – К. : НТУУ «КПІ», 2010. – 340 с.
- 43.Zgurovsky, M. Z., Bidyuk P. I., Terentyev O. M. Method of constructing Bayesian networks based on scoring functions // Cybernetics and System Analysis. – 2008.– Vol. 44, No. 2. – P. 219–224.
- 44.Ostroumov I.V., Kuzmenko N.S. Performance Modeling of Aircraft Positioning System. Conference on Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering–Synergetic Engineering – ICTM 2021. ICTM 2021. Lecture Notes in Networks and Systems. 2022. No 367. P. 297-310 DOI: 10.1007/978-3-030-94259-5\_26.
- 45.Харченко В.П., Остроумов І.В. Авіоніка. Київ: НАУ, 2013. 281с.

