

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.

_____ В.Ю. Ларін

«__» _____ 2020 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)
ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА
ЗА ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЮ ПРОГРАМОЮ
«СИСТЕМИ АЕРОНАВІГАЦІЙНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ»

*Тема: «Інтегровані моделі вибору оптимального аеродрому посадки
повітряного судна в складних метеоумовах. Сумісне прийняття рішень
(CDM)»*

Виконав: _____ **Р.О. Босенко**

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

Нормоконтролер _____ **Г.Ф. Аргунов**

Київ 2020

ЗМІСТ

Аналіз погодних явищ які впливають на політ повітряного судна	4
1.1 Небезпечні погодні явища які впливають на хід польоту ПС на крейсерській висоті.....	4
1.2 Статистика аварій, інцидентів, авіаційних подій та катастроф в світі з вини людського фактору	9
1.3 Дії диспетчера підходу при появі на ПС обмерзання	12
1.4 Аналіз прийняття рішень операторів в соціально-технічних системах	14
Висновок до розділу 1	16
Методи дослідження для аналізу прийняття рішень в складних метеоумовах	17
2.1 Метод експертного оцінювання	17
2.2 Детерміновані моделі прийняття рішень в умовах визначеності.	20
2.3 Стохастичні системи прийняття рішень диспетчером аеронавігаційної системи	31
2.4 Інтеграція моделі невизначеності до колективної моделі спільного прийняття рішень	35
Висновок до розділу 2.....	41
Моделювання заходу на посадку	42
3.1 Моделювання позаштатної ситуації з точки зору диспетчера району ..	42
3.2 Використання Microsoft Office Excel для розрахунків методом експертного оцінювання	46
Висновок до розділу 3.....	52
Системи підтримки прийняття рішень авіадиспетчера у разі виникнення особливого випадку в польоті	53
4.1 Основні задачі системи підтримки прийняття рішень у польоті.....	53
4.2 Основні вимоги до СППР в позаштатних польотних ситуаціях.....	56
Висновок до розділу 4.....	59
Безпека польотів при виборі оптимального аеродрому для посадки в складних погодних умовах	Error! Bookmark not defined.

Загальні висновки	61
Список використаної літератури	65

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПОГОДНИХ ЯВИЩ ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА ПОЛІТ ПОВІТРЯНОГО СУДНА

1.1 Небезпечні погодні явища які впливають на хід польоту ПС на крейсерській висоті

При польоті на крейсерській висоті можуть зустрітися різноманітні метеорологічні явища, які тим або іншим чином можуть вплинути на хід польоту повітряного судна (ПС), зазвичай сучасні технології дозволяють передбачити погодні явища з великою вірогідністю, але на жаль точно надати прогноз очікуваної погоди не є можливим. Тому доцільно знати види небезпечних явищ які можуть зустрітись на шляху ПС.

Небезпечні явища погоди - значення метеорологічних елементів і атмосферні явища, які створюють загрозу безпеці виконання польотів у зоні їх розташування (впливу) або загрозу збереженню авіаційної техніки на аеродромі [1].

При польоті на висоті ПС може зустрітися з багатьма різноманітними небезпечними явищами такими як:

1. гроза (затемнена або замаскована в хмарах);
2. часті грози;
3. град;
4. лінія шквалу;
5. помірна або сильна турбулентність в хмарах і при ясному небі;
6. помірне і сильне обмерзання в хмарах;
7. сильна піщана або пилова буря;
8. сильна гірська хвиля;
9. вулканічний попіл [2]

Обмерзання - це відкладення льоду в польоті на різних частинах ВС. Необхідними умовами обмерзання є:

- Наявність в повітрі на висоті польоту переохолоджених крапель води;

- Негативна температура обшивки ПС.

Обмерзання спостерігається при температурах $+2\text{ }^{\circ}\text{C} \dots -50\text{ }^{\circ}\text{C}$, найбільша ймовірність (98%) - в зоні температур $0\text{ }^{\circ}\text{C} \dots -20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Причинами обмерзання є:

- Замерзання переохолоджених крапель води, які стикаються з поверхнею ВС при польоті в хмарах, опадах, тумані. Це основна причина обмерзання;
- Сублімація водяної пари на поверхні ПС. Цей процес відбувається при ясну небі, коли холодну ПС потрапляє в більш тепле та вологе повітря. Такий стан може бути при швидкому зниженні з більш холодних верхніх шарів атмосфери в нижні, більш теплі або при вході в шар інверсії. У ясну морозну погоду сублімація водяної пари на поверхні ПС може статися і на землі, на стоянці.

Найбільша вірогідність обмерзання в крапельно-рідких хмарах. До таких хмар відносяться низькі під інверсійні шаруваті і шарувато-купчасті хмари. Вони відрізняються підвищеною водністю, так як опади з них, як правило, не випадають або бувають слабкими.

У змішаних хмарах обмерзання залежить від співвідношення крапель і кристалів. Там де крапель більше, ймовірність обмерзання збільшується. До таких хмар відносяться купчасто-дощові хмари. У шарувато-дощових хмарах обмерзання спостерігається при польоті вище нульової ізотерми і особливо є небезпечним у діапазоні температур від $0\text{ }^{\circ}\text{C} \dots -10\text{ }^{\circ}\text{C}$, де хмари складаються тільки з переохолоджених крапель.

Найбільш важке і інтенсивне зледеніння спостерігається при польоті під шарувато дощовими і високо-шаруватими хмарами в зоні випадає переохолодженого дощу (Це характерно для перехідних сезонів, коли температура повітря у землі коливається в межах $0\text{ }^{\circ}\text{C} \dots -5\text{ }^{\circ}\text{C}$).

У кристалічних хмарах обмерзання, як правило, відсутнє. В основному це хмари верхнього ярусу - перисті, перисто-купчасті, купчасто-дощових хмар [2].

Обледеніння може завдати не поправної шкоди двигуну ПС, здебільшого це стосується легкомоторних літаків, які мають карбюратор (рис 1.1).

BUILD-UP OF ICING IN INDUCTION SYSTEM

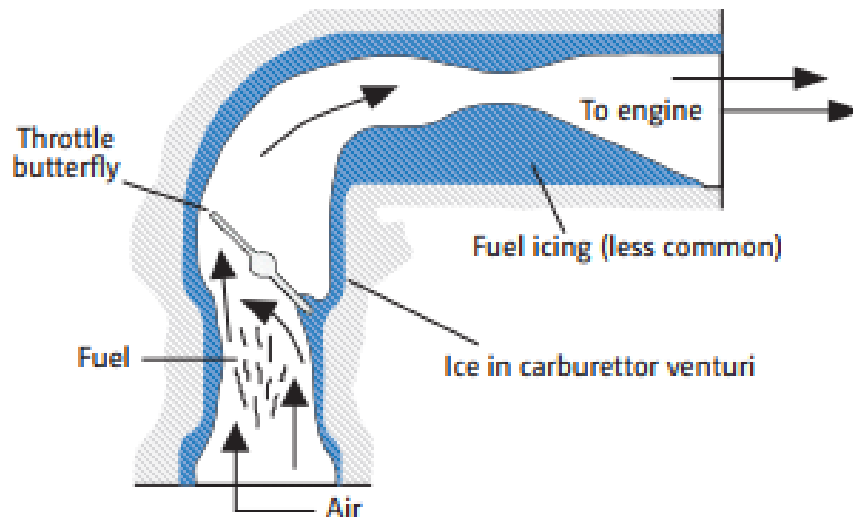


Рисунок 1.1. Накопичення льоду в карбюраторі ПС

Карбюраторне (карбюраторне) обмерзання є найпоширенішим, що з'являється першим, і найсерйознішим. Відбувається раптове зниження температури, коли паливо випаровується в повітрі слідом за яким відбувається падіння тиску, коли суміш проходить через карбюратор і дросельний клапан. Якщо перепад температури охолоджує повітря нижче точки роси, утворюються краплі води шляхом конденсації. Якщо температура суміші опускається нижче замерзання, то конденсована вода утворить лід на поверхнях карбюратора.

Турбулентність (від латинського слова "Turbulentus" – бурхливий, безладний) - це такий стан атмосфери, при якому утворюються вихори різних розмірів, виникають горизонтальні і вертикальні пориви вітру. Осі турбулентних вихорів швидко змінюють своє положення в просторі і бувають орієнтовані в самих різних напрямках.

З турбулентністю атмосфери пов'язані поривчастість вітру, перенесення по вертикалі водяної пари, ядер конденсації і інших матеріальних частинок; вона

сприяє вертикальному переносу тепла з одних верств в інші, обміну кількості руху між різними верствами і т.п.

Турбулентний обмін робить істотний вплив на умови формування, еволюцію і мікрофізичну будову хмар, туманів і опадів, з якими безпосередньо пов'язані складні метеорологічні умови польотів.

Турбулентність робить істотний вплив на поширення звукових і електромагнітних хвиль (особливо ультракоротких хвиль). Але особливо великий вплив турбулентності на політ ПС. Під час польоту в турбулентній зоні, при перетині атмосферних вихорів, ПС піддається впливу вертикальних і горизонтальних поривів вітру. При цьому змінюється кут атаки крила і підйомна сила, відбувається тряска і вібрація, повітряне судно зазнає невпорядковані кидки вгору і вниз, створюються перевантаження, тобто виникає бовтанка ПС.

Бовтанка - це безладні коливання повітряного судна, що супроводжуються перевантаженням при польоті в турбулентній атмосфері [2].

Всі речовини, що викидаються з вулканів в атмосферу, називають тефра. Вона складається з осколків порід різних розмірів і пилу. Швидкість тефри на виході з вибухових вулканів може досягати декількох сотень метрів за секунду. Хмара тефри досягає висоти кількох десятків кілометрів (до 80 км). Наприклад, при виверженні вулкана Галунггунг в 1983 році частки діаметром 5 см досягали висоти 15 км при швидкості викиду не менше 500 м / с.

Вулканічний попіл це складова вулканічної тефри, розміри його часток можуть досягати в діаметрі 2 мм. Хімічний склад попелу змінюється в значних межах, але у всіх випадках переважає двоокис кремнію при наявності оксидів алюмінію, натрію, калію, заліза і магнію. Зустрічі повітряних суден з хмарами вулканічного попелу відбуваються досить

Рідко, однак такі інциденти трапляються і можуть бути вкрай небезпечними. Після ретельного вивчення впливу вулканічної хмари на повітряні судна технологічними та науковими групами Міжнародної Організації Цивільної Авіації (ІСАО) було встановлено, що при попаданні ПС в хмару вулканічного попелу спостерігаються:

1. абразивний знос лобового скла, передніх кромок крил і посадочних вогнів на повітряному судні;
2. корозія лопаток компресора;
3. блокування систем пілотування;
4. пошкодження систем над-дуву і кондиціонування повітря;
5. забруднення масляної системи двигунів;
6. припинення горіння палива, помпаж, втрата висоти.

Найбільшу небезпеку представляє проникнення частинок попелу в реактивний двигун. Що потрапив в двигун попіл може розплавитися, а потім знову затвердіти у вигляді склоподібної породи. Робота двигуна може порушитися аж до повної зупинки, що може привести до виходу з ладу багатьох інших критично важливих систем. Не виключена можливість зупинки всіх двигунів одночасно. Такий інцидент відзначався 24 червня 1982 року, коли всі двигуни Боїнга 747 British Airways затихли після зіткнення з хмарою попелу на висоті 11285 м [3]. Літак різко знизив висоту до 3965 м, перш ніж вдалося відновити роботу двигунів. Екіпаж прозвітував про тихий електричний розряд і їдкий запах, ймовірно, від газів, таких як двоокис сірки, що знаходяться в частинках пилу і вивільнених при зіткненні. Аналогічні інциденти сталися з іншими літаками в той же день і з проміжками в наступні тижні.

1.2 Статистика аварій, інцидентів, авіаційних подій та катастроф в світі з вини людського фактору

В даній статистиці є такі поняття як: аварії, інциденти, авіаційні події так і авіаційні катастрофи, тому доцільно показати тлумачення кожного з них.

Інцидент - подія, крім авіаційної події, що пов'язана з експлуатацією повітряного судна і впливає або може вплинути на рівень безпеки його експлуатації. [2];

Аварія - авіаційна подія без людських жертв, що призвела до серйозного пошкодження чи руйнування повітряного судна, тілесних ушкоджень пасажирів, членів екіпажу чи третіх осіб [3].

Катастрофа - авіаційна подія з людськими жертвами, що призвела до загибелі або зникнення безвісти когось із пасажирів, членів екіпажу або третіх осіб, а також у разі отримання ними тілесних ушкоджень зі смертельним наслідком під час:

- а) перебування у цьому повітряному судні;
- б) безпосереднього зіткнення з будь-якою частиною повітряного судна, включаючи частини, що відокремилися від цього повітряного судна;
- в) безпосередньої дії струменя газів реактивного двигуна;
- г) зникнення безвісти повітряного судна [4].

До катастроф також належать випадки загибелі когось із осіб, які перебували на борту, у процесі їх аварійної евакуації з повітряного судна.

За даними річного звіту Авіаційної Агенції Безпеки Європейського Союзу (EASA) [5], в який входять авіакомпанії-власники AOS з літаками з максимальною злітною масою вище 5700 кг і які виконують пасажирські і вантажні перевезення наведена статистика авіаційних подій за 2009-2018 роки – рисунок 1.2.1

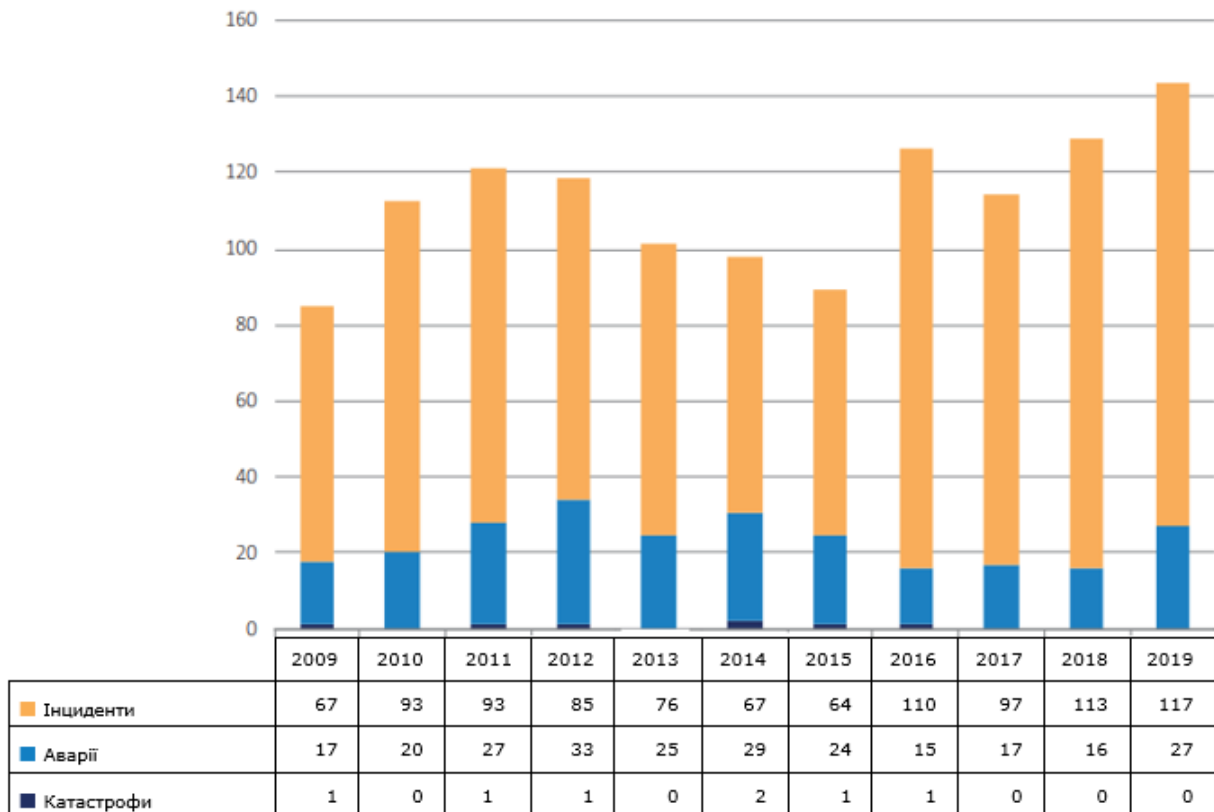


Рисунок 1.2.2 Статистика авіаційних подій за 2009-2019 роки

За даними цієї статистики на рисунку 1.2.1, видно що кількість нещасних випадків (аварій), що не призвели до летального результату, та інцидентів у 2019 році зросла порівняно із середнім показником за попередній 10-річний період (2009-2018). В 2016 році EASA отримало інформацію про катастрофу вертольоту Eurocopter EC225 Super Puma LP в Норвегії 29 квітня 2016 року, всі 13 людей які були на борту загинули. Через цю катастрофу EASA тимчасово припинила польоти вертольотів цього типу і почала розслідування, яке встановило найбільш вірогідну версію падіння. [6]

Відповідно до статистики наведеної в звіті EASA, приблизно чверть звітів комерційного повітряного транспорту про великі аварії та інциденти визначають людські фактори (ЛФ) або проблеми з працездатністю людини (ПЛ). Якщо розглядати цифри за останні п'ять років, то очевидний приріст у 2016 році. Цифра 2019 року повинна розглядатися, як не остаточна і, ймовірно, зросте,

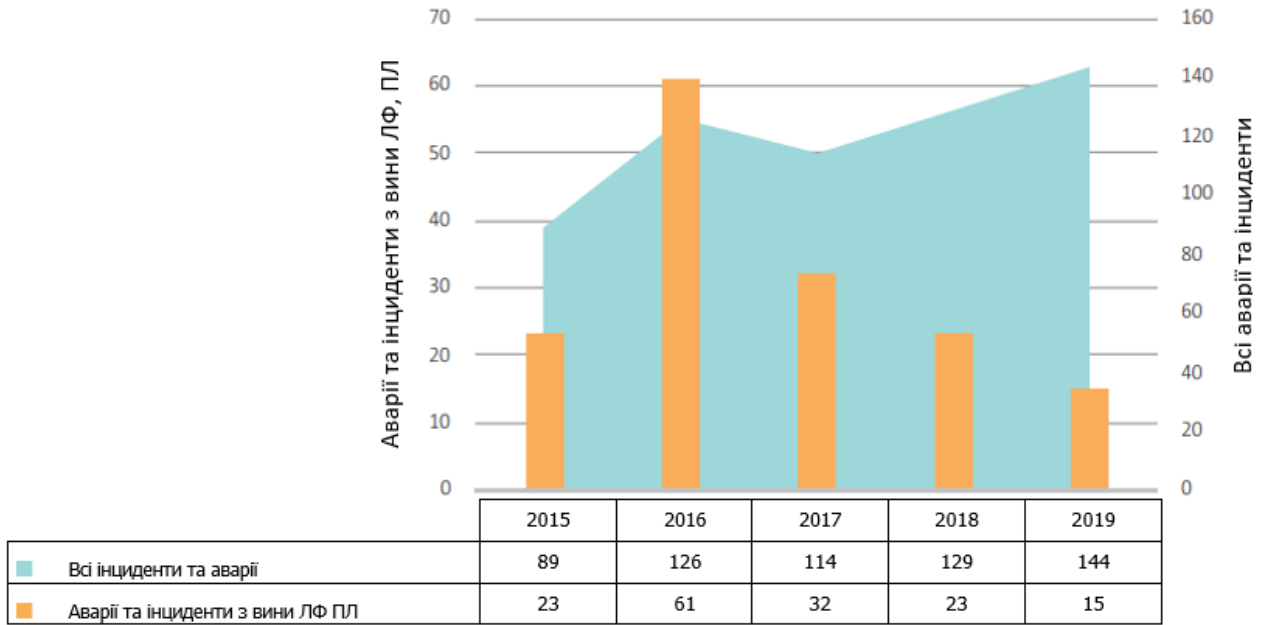


Рисунок 1.2.3 Аварії та інциденти з вини ЛФ ПЛ

оскільки проблеми з ЛФ або ПЛ часто не реєструються в повідомленнях про аварії та серйозні події публікується підсумковий звіт – рисунок 1.2.2

Застосування ЛФ або ПЛ -кодів на високому рівні можна побачити на рисунку 1.2.3.

Очевидно, що проблеми з виконанням робочих завдань легше діагностуються після аварії чи інциденту, ніж фактори, що їх спричиняють. Тому на рисунку 1.2.3 ми бачимо що досвід, знання і фізіологію пов’язують з авіаційними подіями набагато рідше за виконання завдань оператором системи.

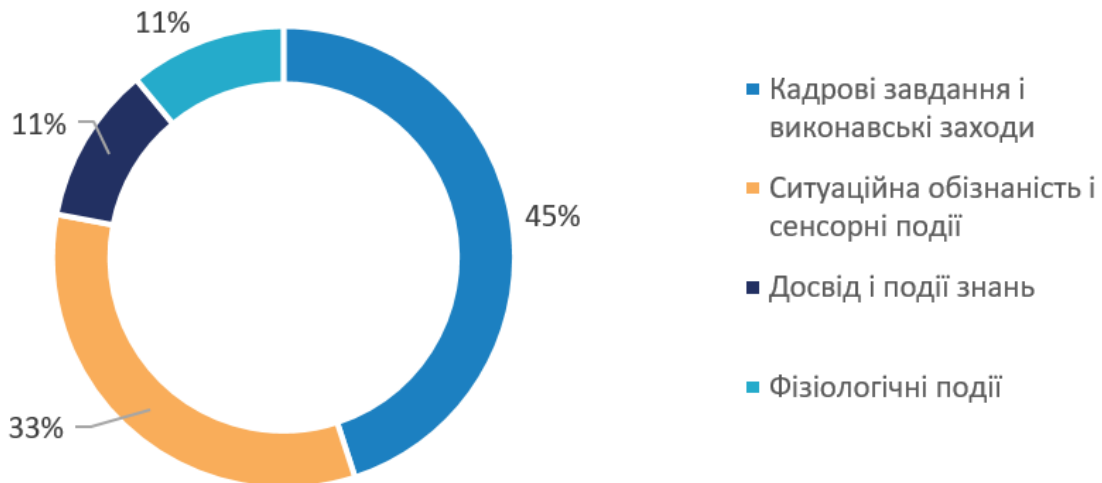


Рисунок 1.2.3. Людський фактор високого рівня та коди подій людської діяльності

1.3 Дії диспетчера підходу при появі на ПС обмерзання

Не секрет, що під час польоту на висоті ПС може зазнати обмерзання не тільки на його крилі, але й на механізованих частинах, таких як: елерони, закрилки, предкрилки, закінцівки крила, киль, та інші. Поява обледеніння на одній з цих поверхонь може призвести до катастрофічних наслідків, якщо літак не обладнаний сучасною системою проти обмерзання, або, якщо вона з тієї чи іншої причини вийшла з ладу. Наприклад поява обледеніння на інтерцепторах, може призвести до жорсткої посадки ПС. А саме, збільшиться дистанція пробігу при посадці, що може призвести до викочування літаку за поріг ЗПС. Це означає, що величина Landing Distance Required (LDR) буде більшою за Landing Distance Available (LDA) [9].

Для вирішення цієї ситуації можна дотримуватися найкращих практик, закладених у принципі ASSIST («А» - Підтвердити; «S» - Окремо, «S» - Тиша; «I» - Інформувати; «S» - Підтримка; «Т» - Час) [10]:

A - підтвердити проблему, запитати про наміри екіпажу;

S - відокремити літак від іншого руху, забезпечити точні та оптимальні вектори;

S - заглушити нетермінові виклики (за потреби);

I - інформувати інші ПС та всі зацікавлені сторони відповідно до місцевих процедур про обледеніння;

S – підтримувати екіпаж в польоті будь-якою інформацією, яку запитують і вважають необхідною;

T - своєчасно забезпечити виправлений дозвіл для виведення постраждалого літака з несприятливих погодних умов (обмерзання).

Крім того, від диспетчера може знадобитися:

- вжити всіх необхідних заходів для захисту всіх відповідних ПС;
- запропонувати відповідний курс;
- вказати мінімальну безпечну висоту;

- забезпечити ешелонування або видати необхідну інформацію про польоти інших ПС, якщо це доречно;
- зробити аварійну передачу на аварійній частоті 121.5 MHz [11]

Диспетчер має очікувати від ПС:

- а) Різкої зміни висоти польоту та/або курсу ПС
- б) Обмеження швидкості підйому / спуску
- в) Більш високої швидкості

Коли екіпаж ПС повідомив про обледеніння диспетчер має:

1. Уникати утримання ПС - або забезпечувати рівень / висоту польоту на відстані від ізотерми 0 ° C.

2. Дозволити безперервний підйом після вильоту - спланувати заздалегідь - правильну координацію між диспетчерами Вишки / Підходу / Району забезпечить безперервний підйом.

3. Тримати запобіжну смугу в чистоті - через більшу швидкість зриву повітряне судно з сильним / помірним обледенінням, швидше за все, підтримуватиме більшу швидкість заходу. Диспетчери вишки повинні тримати захисну смугу ЗПС чистою від наземної техніки під час таких посадок.

4. AIREP іншим ПС, іншим підрозділам та MET - ATCO повинні передавати всі звіти пілота щодо несприятливих умов MET для інших відповідних повітряних суден та метеорологічного бюро. Часто навіть менш трудомістке "резюме" на робочій частоті забезпечує цінну інформацію для пілотів.

1.4 Аналіз прийняття рішень операторів в соціально-технічних системах

Прийняття рішень (ПР) операторами можна описати за допомогою різних моделей, але найбільш досконалою на сьогодні вважається модель SHELL, яка представлена на рисунку 1.4.1=

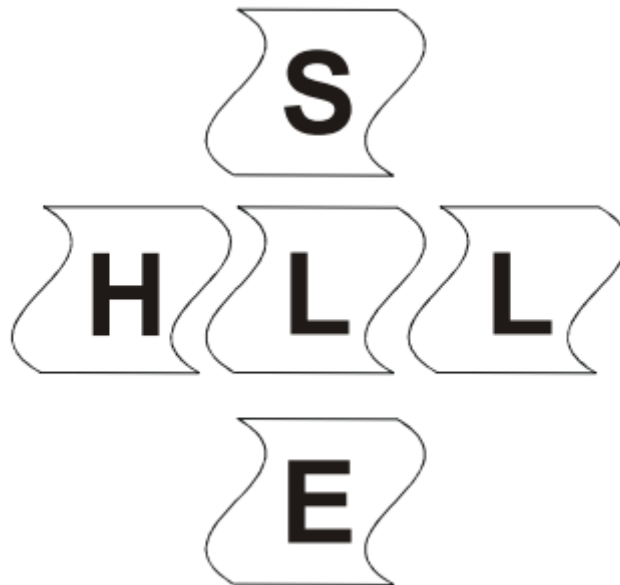


Рисунок 1.4.1 Модель SHELL

Модель ICAO SHELL - це концептуальна основа, описана в документі ICAO Doc9859 [12].

Концепт цієї моделі (назва походить від початкових літер її компонентів, “S” - Програмне забезпечення, “H” - Обладнання, “E” - Навколишнє середовище, “L” – Персонал, тобто людина) була вперше розроблена Елвіном Едвардсом в 1972 році, а покращив її Френк Хокінс у 1975 році, розробивши до цієї моделі схему, яка ілюструє модель, для кращого її розуміння. В одній практичній діаграмі для ілюстрації цієї концептуальної моделі використовуються так звані «блоки», що представляють собою різні компоненти людського фактору. Ця структурна схема не охоплює інтерфейси, що знаходяться поза людськими факторами (апаратно-апаратне забезпечення; апаратне середовище; програмно-

апаратне забезпечення), і призначена лише як основна допомога для розуміння людських факторів.

За результатами досліджень, фактори, що впливають на оператора аеронавігаційної системи (АНС) у соціальному середовищі і представлені в АНС, як соціально-технічна система (СТС), де необхідні такі дії:

1. Аналіз АНС як соціально-технічних систем і діагностика, моніторинг факторів (професійних та непрофесійних), що впливають на прийняття рішень (ПР) з боку Н-О в СТС (індивідуально-психологічні, соціально-психологічні та психофізіологічні фактори)

2. Комплексний облік факторів, що впливають на ПР оператора в СТС.

3. Діагностика, моніторинг факторів (професійних та непрофесійних), що впливають на ПР Н-О при СТС. Семантичний аналіз та узагальнення тексту

4. Визначення професійного типу операторів, а саме споживання енергії для вибору професії та сумісності операторів у групі.

5. Моделі ПР в СТС

а. Детерміновані та стохастичні моделі DM у STS за допомогою Н-О в екстремальних ситуаціях

(в умовах стохастичного рефлексивного біполярного вибору теж)

б. Нейромережа, Марков, GERT (Техніка графічного оцінювання та огляду) моделі ПР в СТС за допомогою Н-О в екстремальних ситуаціях

с. Моделі діагностики емоційного стану Н-О в екстремальних ситуаціях тощо.

6. Розробка та прогнозування надзвичайної ситуації / Запобігання катастрофічним ситуаціям

Висновок до розділу 1

Безпека авіації та авіаційного транспорту широко залежить від погодних умов, які диктує природа. Окрім цього зустрічаються й інші проблеми, які можуть так чи інакше вплинути на хід польоту, навіть найдосконаліша система може дати збій, через похибку людини, несприятливі погодні умови, через несправність обладнання. Як показує статистика за 2019 рік кількість аварій в авіації зросла, якщо брати до уваги попередні роки, але як людина в цих аваріях грає другорядну роль, тому доцільно розробити методи для комп'ютеризованих систем, які вдосконалять вже існуючі системи, та мають спростити прийняття рішень оператором авіаційної системи.

За статистикою на 144 аварії, лише 15 припадають на людський фактор, що свідчить про недосконалість систем які приймають рішення в позаштатних ситуаціях та при зустрічі з небезпечними явищами.

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ДЛЯ АНАЛІЗУ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В СКЛАДНИХ МЕТЕОУМОВАХ

2.1 Метод експертного оцінювання

Метод експертних оцінок – це фактично використання інформації, отриманої від фахівців, особливо плідної, якщо для її збору, узагальнення та аналізу застосовуються спеціальні процедури, логічні прийоми і математичні методи.

Після проведення опитування групи експертів, здійснюється обробка результатів. Вихідною інформацією для обробки є числові дані, які виражають вподобання експертів, і змістовне обґрунтування цих вподобань. Метою обробки є отримання узагальнених даних і нової інформації, що міститься в прихованій формі в експертних оцінках. На основі результатів обробки формується рішення проблеми. Наявність, як числових даних, так і змістовних висловлювань експертів призводить до необхідності застосування якісних і кількісних методів обробки результатів групового експертного оцінювання. Важливість цих методів істотно залежить від класу проблем, що вирішуються експертним оцінюванням.

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

1. побудова узагальненої оцінки об'єктів на основі індивідуальних оцінок експертів;
2. побудова узагальненої оцінки на основі парного порівняння об'єктів кожним експертом;
3. визначення відносних ваг об'єктів;
4. визначення узгодженості думок експертів;
5. визначення залежності між ранжуваннями;
6. оцінка надійності результатів обробки.

Раціональне використання інформації, одержуваної від експертів, можливе за умови перетворення її в форму, зручну для подальшого аналізу, спрямованого на підготовку ПР. Форма подання експертних даних залежить від прийнятого

критерію, на вибір якого в свою чергу істотно впливає специфіка досліджуваної проблеми. Це означає, що найважливіше - формалізувати цю інформацію так, щоб допомогти ЛПР вибрати з безлічі дій одне (або декілька), найбільш детально визначений щодо деякого критерію.

Якщо експерт може порівняти і оцінити можливі варіанти дій, приписавши кожному з них певне число, будемо вважати, що він володіє певною системою переваг.

Залежно від того, за якою шкалою можуть бути задані ці переваги, експертні оцінки містять більший чи менший обсяг інформації і мають різну здатність до математичної формалізації.

У випадках, коли досліджувані об'єкти можна в результаті порівняння розташувати в певній послідовності з урахуванням будь-якого істотного фактора (факторів), використовуються порядкові шкали, що дозволяють встановлювати рівноцінність або панування.

Використання порядкових шкал дозволяє розрізнити об'єкти і в тих випадках, коли фактор (критерій) не заданий в явному вигляді, тобто, коли ми не знаємо ознаки порівняння, але можемо частково або повністю упорядкувати об'єкти на основі системи переваг, якою володіє експерт (експерти).

При вирішенні багатьох практичних завдань часто виявляється, що фактори, що визначають кінцеві результати, не піддаються безпосереднім вимірам. Розташування цих факторів в порядку зростання (або зменшення) по будь-яким властивим їм властивостям називається ранжируванням. Ранжування дозволяє вибрати з досліджуваної сукупності факторів найсуттєвіший.

При ранжируванні експерт повинен розташувати об'єкти (альтернативи) в порядку, який представляється йому найбільш раціональним, і приписати кожному з них числа натурального ряду - ранги. При цьому ранг 1 отримує найбільш кращу альтернативу, а ранг N - найменш кращу.

Отже, порядкова шкала, що отримується в результаті ранжирування, повинна задовольняти умові рівності числа рангів N числу ранжированих об'єктів n .

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

При оцінці об'єктів дослідження експерти часто розходяться в думках з розв'язуваної проблеми. У зв'язку з цим виникає подальша необхідність кількісної оцінки ступеня згоди експертів. Отримання кількісної міри узгодженості дозволяє більш обгрунтовано зрозуміти причини розбіжності думок. Використовуючи методи парного порівняння, можна знайти рангову кореляцію між оцінками кожної пари експертів. За великої кількості експертів розрахунки стають надзвичайно працемісткими, тому узгодженість думок експертів оцінюється за допомогою коефіцієнта конкордації W , тобто загального коефіцієнта рангової кореляції для групи, що складається з m експертів [13].

Ітеративна процедура опитування з повідомленням результатів обробки і їх аргументацією спонукає експертів критично осмислити свої судження. При опитуванні зберігається анонімність відповідей експертів, що виключає конформізм (придушення одного думки іншим, більш авторитетним).

2.2 Детерміновані моделі прийняття рішень в умовах визначеності.

В умовах розвитку та вдосконалення технології відбувається проблема ЛФ у керуванні складними процесами, яка для авіації є гострішою, ніж для більшості небезпечних галузей. Це можливо з жорсткими вимогами, що становлять до АЕС через висока швидкість процесів, які з'являються та їх потенційна небезпека для життя та здоров'я людей.

Технологія роботи авіаційного спеціаліста (пілота, диспетчера) відповідає чіткому алгоритму дій, що прописані у нормативних та регламентуючих документах [15–19], як в штатних, так і позаштатних ситуаціях (наприклад, особливого випадку в польоті - ОВП), тому для моделювання реальної авіаційної діяльності можна використовувати детерміновані моделі. Оскільки ОВП - це не одномоментна подія, а подія, що розвивається в часі, для моделювання ПР Л-О відповідно до алгоритму дій у випадку виникнення ОВП доцільно використовувати мережеві графіки для визначення і оптимізації критичного часу, необхідного для вирішення особливого випадку в польоті.

Мережевий графік виконання операційних процедур (дій) оператором АНС у випадку виникнення аварійних чи непередбачувані операції - це орієнтований граф без контурів, які мають вузли і дуги. Вузли графу відповідають подіям на початку (наприкінці) операційної процедури (дії) авіадиспетчера (пілотів, членів екіпажу ПС), наприклад, у випадку виникнення ОВП. Дуги інтерпретують суть операційних процедури (дійсно) відповідно до технологій (інструкції, керівництво з льотної експлуатації цього типу ПС). Методи мережевого планування та способи побудови мережевого графіка кружок - подія, дуга - робота, проведена в слухах [20-23].

Дослідження математичних моделей виконання операційних процедур (дій) Л-О у випадку виникнення ОВП проводимо за допомогою алгоритму розрахунку мережевих графіків з детермінованим та імовірнісним часом виконання операційних процедур.

Формалізація дій Л-О (пілота, диспетчера) в ОВП за допомогою апарату мережевого планування і управління дозволяє визначити: оптимальну послідовність операційних процедур (дій) Л-О в разі виникнення ОВП; критичний (оптимальний) час виконання операційних процедур (дій) Л-О на вирішення ОВП; максимальний (мінімальний) час виконання операційних процедур (дій) Л-О в разі виникнення ОВП; резерви часу для парирування ОВП тощо.

Прийняття рішення людини оператора (Л-О) у позаштатних ситуаціях (ПЗС) з певністю щодо використання мережевого аналізу дій змінного струму екіпаж та УПР у ПЗС за допомогою методів мережевого планування надають можливість отримати:

- структурну таблицю-графік дій, здійснених Л-О (контролером, пілотом) у ПЗС;
- мережевий графік здійснення дій Л-О (контролером, пілотом) у ПЗС; критичний час виконання дій Л-О (контролером, пілотом) у ПЗС;
- критичний час прийняття рішень Л-О (контролером, пілотом) у ПЗС.

Детермінована, тобто визначена та стохастична (невизначена) моделі Л-О (диспетчера) представлені на (рис 2.1) відповідно до технології роботи контролера ASSIST («А» - Підтвердити; «S» - Окремо, «S» - Тиша; «І» - Інформувати; «S» - Підтримка; «Т» - Час), представлений Євроконтролем як онлайн програма навчань з надзвичайних ситуацій (Рис. 2.2).

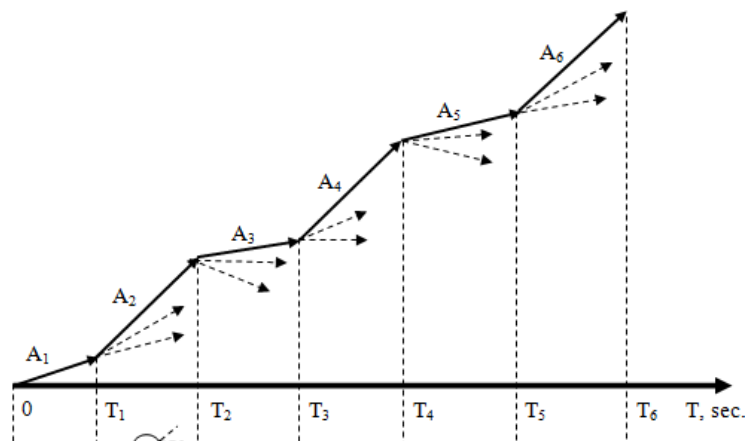


Рисунок 2.1 Мережевий графік виконання дій диспетчером повітряного руху в АНС.

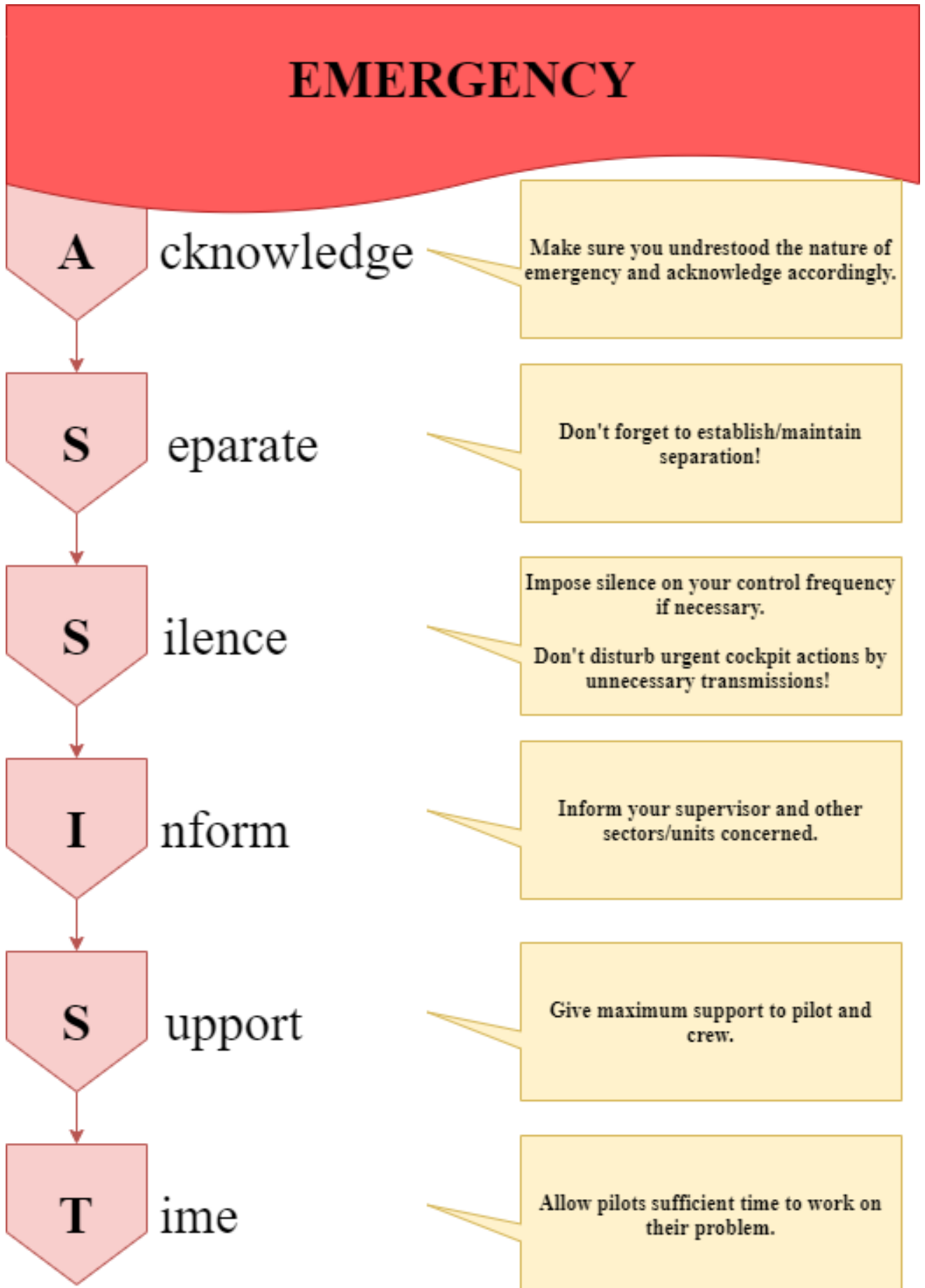


Рисунок 2.2 Процедура ASSIST дій диспетчера повітряного руху під час надзвичайної події

Для більшого розуміння ситуації існує алгоритм Л-О ПР в надзвичайній ситуації для отримання детермінованих моделей ПР в ПЗС з використанням мережевого аналізу[24]:

1. Вибрати ПЗС з списку ASSIST (для диспетчера);
2. Переглянути технологію Л-О (диспетчера) дій у ПЗС.
3. Виділити в технології операційні процедури a_i .
4. Визначити час t_i операційних процедур a_i за допомогою експертного методу оцінювання (ЕМО).

а) Визначити думку групи експертів (середнє значення вибірки) - t_{grj}

б) Визначити координацію думок експертів щодо t_i :

- Дисперсія для кожного разу - D_j
- Середньоквадратичне відхилення - σ_j
- Коефіцієнт варіації для кожного t_i - v_j ,

5. Побудувати блок-схему алгоритму ПР в ПЗС.
6. Побудувати структурно-часову таблицю.
7. Побудувати мережевий графік здійснення дій Л-О (диспетчера) у ПЗС.
8. Визначити критичний час T_{cr} та критичний шлях складної роботи.

Отриманий критичний час, очікувані ризики для виконання операцій контролером в ПЗС, такі як: несправність двигуна при зльоті, розгерметизація ПС, несправність протикригової системи, несправності гідравлічної системи, несправність системи електропостачання тощо. також отримано час дій екіпажу в разі поломки двигуна при зльоті та наближенні до суші в складних метеоумовах (СМУ) (рис.2.3).

У працях [13; 20] подано рекомендації щодо дій авіадиспетчера у випадку отримання повідомлення від екіпажу ПК про виникнення ОВП. На підставі цих рекомендацій та за допомогою відповідних перетворень з упорядкування, сформульовано комплекс дій (робіт) авіадиспетчера, спрямованих на

парування ОВП (табл. 2.1). Ці дії необхідно виконати авіадиспетчеру у випадку відмови двигуна ПК на зльоті [13; 20; 21].

Таблиця 2.1

Перелік дій авіадиспетчера

Шифр дії	Дія
<i>a</i> ₁	Отримання від командира ПК доповіді про відмову авіаційного двигуна та прийняття рішення «Продовжити зліт»
<i>a</i> ₂	Підтвердження командиром ПК отримання повідомлення про ОВП
<i>a</i> ₃	Забезпечення ешелонування ПК відносно інших ПК
<i>a</i> ₄	Виділення ПК простору для маневрів
<i>a</i> ₅	Уведення режиму радіомовчання
<i>a</i> ₆	Інформування керівника польотів та диспетчерів інших секторів органу УПР
<i>a</i> ₇	Інформування командира ПК про найближчий придатний аеродром
<i>a</i> ₈	Інформування командира ПК про дані найближчого придатного аеродрому (робоча злітно-посадкова смуга (ЗПС), довжина, поверхня, частоти ILS та навігаційних пристроїв)
<i>a</i> ₉	Інформування командира ПК про метеоумови на аеродромі посадки
<i>a</i> ₁₀	Звільнити ЗПС
<i>a</i> ₁₁	Звільнити смугу безпеки
<i>a</i> ₁₂	Запропонувати командиром ПК подовжену ЗПС
<i>a</i> ₁₃	Буксирувальні пристрої – в стані готовності
<i>a</i> ₁₄	У випадку вимушеної посадки – фіксація останнього місцеположення ПК

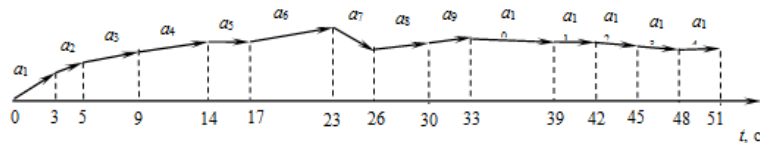
Оскільки одним із завдань, яке може бути вирішеним за допомогою мережевого планування, є визначення тривалості кожної роботи окремо та комплексу робіт взагалі, то наступним кроком є визначення часу, необхідного на виконання кожної дії авіадиспетчера, наприклад, методом експертних оцінок [168; 171; 175; 176]. Експертами були провідні авіаційні фахівці. Результати аналізу часу на виконання дій авіадиспетчера в ОВП – відмова авіаційного двигуна на зльоті (командир ПК прийняв рішення «Продовжити зліт») – наведено в табл. 2.2.

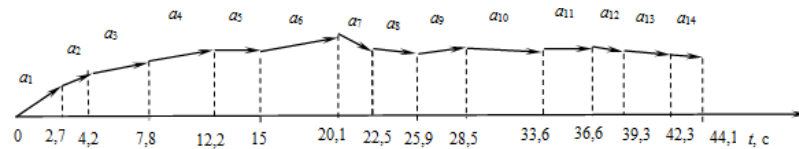
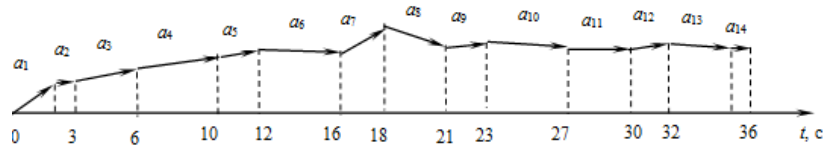
Таблиця 2.2

**Часові характеристики дій авіадиспетчера в ОВП – відмова
авіаційного двигуна на зльоті**

Шифр дії	t_{\min} , с	t_{\max} , с	t_s , с	σ , с	m_i
a_1	2	3	2,7	0,47	0,47
a_2	1	2	1,5	0,44	0,44
a_3	3	4	3,6	0,50	0,50
a_4	4	5	4,4	0,50	0,50
a_5	2	3	2,8	0,43	0,43
a_6	4	6	5,1	0,78	0,78
a_7	2	3	2,4	0,49	0,50
a_8	3	4	3,4	0,49	0,49
a_9	2	3	2,6	0,49	0,49
a_{10}	4	6	5,1	0,80	0,80
a_{11}	3	3	3	0,00	0,00
a_{12}	2	3	2,7	0,47	0,47
a_{13}	3	3	3	0,00	0,00
a_{14}	1	3	1,8	0,74	0,74
Усього	36	51	44,1	—	—

За отриманими даними побудовано мережевий графік, який відображає максимальний час на виконання всіх необхідних дій авіадиспетчером (рис. 2.3). Цей час становить 51 с. Якщо взяти середній час, необхідний авіадиспетчеру на виконання усіх необхідних дій в ОВП, то отримаємо графік показаний на рис. 2.4. У цьому випадку цей час становить 44,1 с, що на 13,5% менший ніж в попередньому випадку. Якщо ж розглянути мережевий графік з мінімальним часом на виконання операційних процедур авіадиспетчером з парировання ОВП, то отримаємо графік, показаний на рис.2.5. В останньому випадку час становить 36 с, що на 29,5% менший ніж у першому, і на 18% менший ніж у другому випадку.

Рис. 2.3. Мережевий графік з t_{\max}

Рис. 2.4. Мережевий графік з t_s Рис. 2.5 Мережевий графік з t_{\min}

Приклади детермінованих моделей прийняття рішень людиною-оператором аеронавігаційної системи в особливих випадках в польоті:

Приклад 1. Завдання, що виконувалось курсантом 77-ї роти відповідно до програми «Планування виконання дій авіадиспетчера ОВП» – моделювання ПР Л-О у разі виникнення ОВП на етапі зльоту - зіткнення ПК з птахом.

Рейс американської авіакомпанії Northwest Airlines був перерваний через потряпання птаха в двигун лайнера. Буквально через пару хвилин після того, як Airbus A320 рейсу 1546 9 серпня 2009 р. о 08:45 відірвався від землі в аеропорту міста Ролі-Дарем (штат Північна Кароліна), в один з двох двигунів літака ударив птах. Командир корабля, почувши сторонній шум, заглушив двигун і на одній турбіні повернув аеробус в аеропорт, здійснивши аварійну посадку. В результаті грамотних дій пілотів ніхто з 148 пасажирів і 5 членів екіпажу, що летіли в Міннеаполіс (штат Міннесота), не постраждав.

Зіткнення з птахами не входить до переліку основних причин авіакатастроф. Проте Міжнародна організація цивільної авіації (ІСАО) щороку реєструє в світі приблизно 5400 зіткнень літаків з птахами.

Спрощену технологію роботи диспетчера при попаданні птаха у двигун ПК наведено в табл. Б.1. Для більш повного уявлення про послідовність дій, спрямованих на парирування ОВП, побудуємо алгоритм у вигляді блок-схеми, в якому наочно представимо всі дії авіафахівців в даному випадку (рис. Б.1).

Час, необхідний для виконання дій, спрямованих на парирування ОВП, визначений за допомогою методу експертних оцінок. Експертами були провідні

фахівці Кіровоградської льотної академії НАУ, а також фахівці кількох авіакомпаній.

Таблиця 2.2

Технологічні дії диспетчера при виникненні особливого випадку в польоті – попадання птаха у двигун ПК

№ з/п	Порядок дій диспетчера
1	Отримати від командира ПК (КПК) повідомлення про зіткнення з птахом
2	Повідомити КПК місцезнаходження, зафіксувати час
3	Перевірити встановлення КПК сигналу «Лихо»
4	Доповісти керівника польотів (КП) про виникнення ОВП на борту ПК
5	При необхідності ввести режим радіомовчання
6	Уточнити подальші наміри КПК щодо негайного заходу на посадку на аеродромі вильоту або необхідності зливу палива
7	При необхідності сформувати зону зливу палива і направити до неї ПК
8	Передати інформацію про аварійний ПК
9	Запитати у АМСЦ погоду для посадки
10	Отримати доповідь від КПК про завершення зливу палива
11	Дати вказівки ЕПК для заходу на посадку
12	Передати ПК на управління диспетчеру аеродромної диспетчерської вишки (АДВ)

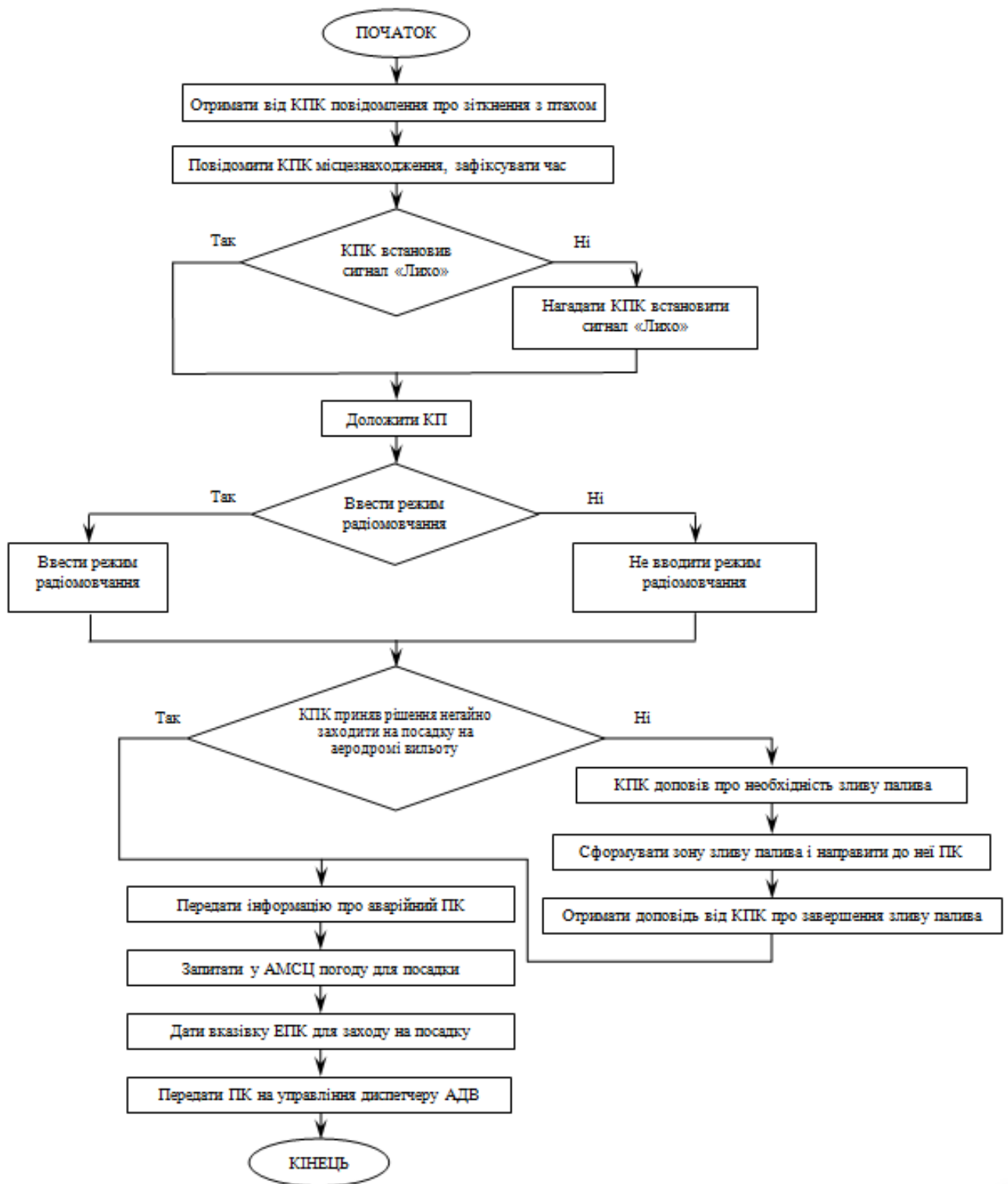


Рис. 2.6 Блок-схема алгоритму діяльності диспетчера у разі потряплення птаха у двигун ПК

Отримані дані статистично оброблено, статистичні характеристики – в допустимих межах:

- стандартне відхилення не перевищує 0,5 с;
- коефіцієнт варіації не перевищує 19%.

Тому можна вважати отримані середні результати достовірними.

Також була проведена оцінка компетентності експертів за допомогою аналізу їх професійної діяльності, широти кругозору та загальної ерудиції, отримано коефіцієнти компетентності експертів.

Побудуємо структурно-часову таблицю виконання дій авіадиспетчером у разі потрапляння птаха у двигун ПК (табл. Б.2).

Таблиця Б.2

**Структурно-часова таблиця виконання дій авіадиспетчером при
попаданні птаха у двигун ПК**

№ з/п	Робота	Опис роботи	Час виконання роботи, t, с
1	a_1	Отримати від КПК повідомлення про зіткнення з птахом	5
2	a_2	Повідомити КПК місцезнаходження, зафіксувати час	10
3	a_3	Перевірити встановлення КПК сигналу «Лихо»	5
4	a_4	Доповісти КП про виникнення ОВП на борту ПК	10
5	a_5	При необхідності ввести режим радіомовчання	10
6	a_6	Уточнити подальші наміри КПК щодо негайного заходу на посадку на аеродромі вильоту або необхідності зливу палива	10
7	a_7	При необхідності сформулювати зону зливу палива і направити до неї ПК	15
8	a_8	Передати інформацію про аварійний ПК	5
9	a_9	Запросити у АМСЦ погоду для посадки	10
10	a_{10}	Отримати доповідь від КПК про завершення зливу палива	5
11	a_{11}	Дати вказівки ЕПК для заходу на посадку	10
12	a_{12}	Передати ПК на управління диспетчеру АДВ	5

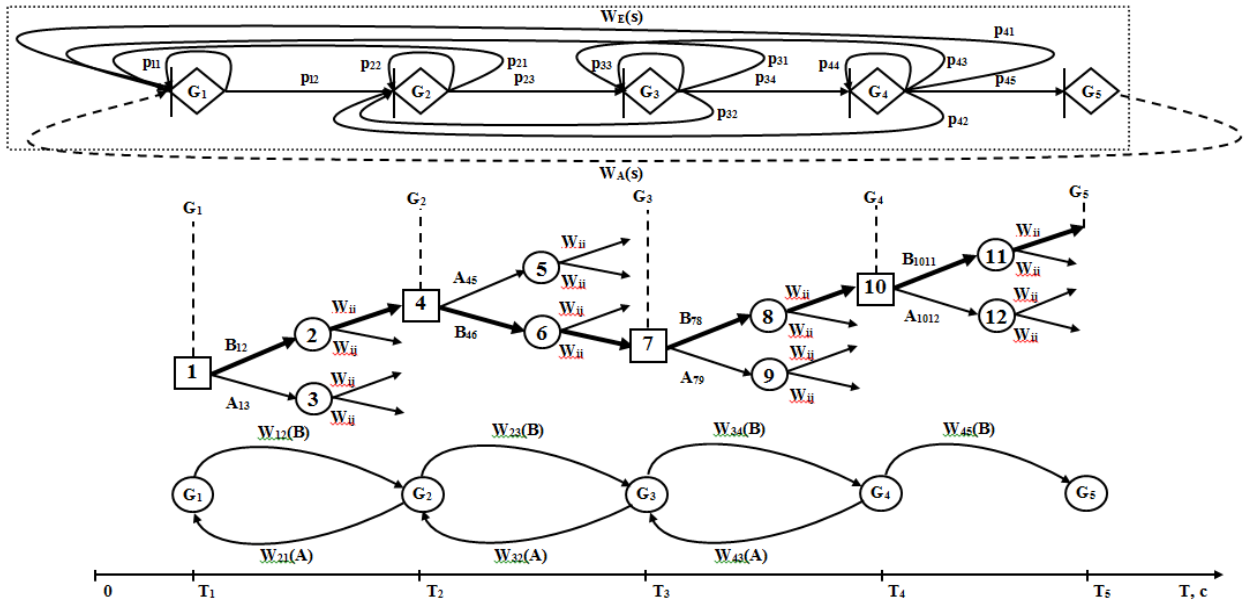


Рисунок 2.3 Приклад розрахунку одного зі сценаріїв розвитку ситуації польоту в СМУ: А, В - вибір у напрямку позитивного або негативного полюса відповідно; G_1, G_2, G_3, G_4, G_5 - нормальні, складні, складні, надзвичайні, катастрофічні ситуації відповідно.

2.3 Стохастичні системи прийняття рішень диспетчером аеронавігаційної системи

У реальній ситуації вплив зовнішнього середовища приймається за допомогою розроблених стохастичних моделей ПР. ПР у ризику R - відомий закон розподілу ймовірностей випадкових величин, таких як завдання "Ризик". Отже, ризик - це очікуваний збиток або прибуток, ймовірність події. Ризик можна описати різними способами. Визначення ризику в ISO визначається як: «ефект невизначеності на ціль». У цьому визначенні невизначеність включає події (які можуть або не можуть відбутися) та невизначеності, спричинені неясністю або відсутністю інформації (ISO, 2009; ISO, 2002) [25]. Він також включає як негативний, так і позитивний вплив на цілі. У Safety Management Manual [12]- ризик безпеки – визначають як ймовірність та тяжкість наслідків або наслідки небезпеки. У FAA Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge [26] використана кількісна оцінка ризику з використання матриці ризику майже для будь-якої операції шляхом призначення ймовірності та наслідків. Як бачимо, це потрапляє в матрицю областей високого ризику ПР.

Тому пропонується оцінювати ризик з урахуванням ймовірностей ($P_j = \{P_{1j}, P_{2j}, \dots, P_{ij}, \dots, P_{mj}\}$), результатів (U_j події, очікуваних витрат (або прибутку) $U_j = \{U_{1j}, U_{2j}, \dots, U_{ij}, \dots, U_{mj}\}$ - результати альтернативних дій $A = \{A_1, A_2, \dots, A_i, \dots, A_m\}$ та ймовірність p_j події i), рівні ризику на кожному етапі ПР можуть суперечити логіці ($R = \mu(x)$).

Ризик R_i визначається як:

$$R_i = \sum_{j=1}^n u_{ij} p_j \quad (2.1)$$

Основним методом ПР в стохастичній системі є аналіз та рішення за допомогою графіка у вигляді дерева рішень. Що стосується ймовірнісних даних, дерева рішень порівнюють очікувані витрати (або прибуток) для різних

альтернативних рішень $A = \{A_1, A_2, \dots, A_i, \dots, A_m\}$ є основою для прийняття рішення. Дерево рішень - це подання процесу ПР за допомогою теорії GRAPH.

GRAPH - графічне зображення математичної моделі. Дерево рішень - це графік, що має один корінь. Дерево рішень має вершини - рішення (квадратні вузли), а вершини - випадкові вершини (круглі вузли) - ймовірність очікуваних подій (рис. 2.3.1).

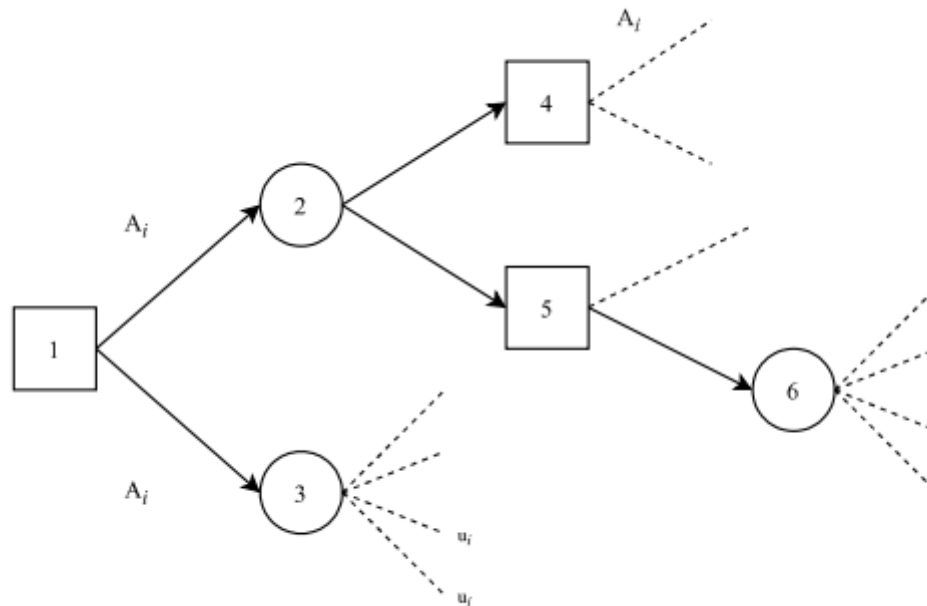


Рисунок 2.3.1 Візуалізація GRAPH; вершини - рішення (квадратні вузли) - 1, 4, 5 вершини, випадкові вершини - ймовірність (круглі вузли) - 2, 3, 6

Парадигма (етапи) прийняття рішень під загрозою:

1. Структурний аналіз ситуації - визначення етапів рішення;
2. Визначення альтернатив на кожному етапі;
3. Визначення ймовірностей результату для кожної альтернативи;
4. Визначення результатів;
5. Побудова дерева рішень;
6. Розрахунок оптимального рішення з використанням критерію очікуваного значення та динамічний метод програмування.

Структурний аналіз розробки ПЗС та ПР екіпажем ПС та диспетчером УПР у ЗП за допомогою дерева рішень дозволило отримати такі результати:

- а) графічно-аналітичні моделі розробки ПЗС та ПР за допомогою Л-О (контролера, пілота) в ПЗС;
- б) стохастичні моделі типу мережі GERT (техніка графічного оцінювання та огляду), дерева рішень та ланцюжки Маркова;
- в) рефлексивні моделі біполярного вибору в ПЗС під впливом зовнішнього середовища, попереднього досвіду та навмисного вибору з боку Л-О.

За допомогою біполярної рефлексивної моделі поведінкової активності Л-О в екстремальних ситуаціях (Lefebvre, 2001, 2008; Lefebvre, & Adams-Webber, 2002), $W(X(A/B))$ – з функції позитивного і негативного вибору було отримано: X - це ймовірність, з якою Л-О готова вибрати полюс А або В; x_1 - це тиск зовнішнього середовища на Н-О; x_2 - це тиск попереднього досвіду відношення Л-О; x_3 - це навмисний вибір (намір) Н-О. Модель представляє суб'єкта (Н-О), який знаходиться на межі вибору однієї з альтернатив: А (позитивний полюс) і В (негативний полюс) визначається як:

$$X = f(x_1, x_2, x_3), \quad (2.2)$$

$$x_1 \in [0; 1], x_2 \in [0; 1], x_3 \in [0; 1], \quad (2.3)$$

Отримано очікувані ризики R_A , R_B ПР в АНС під впливом зовнішнього середовища x_1 , досвід попереднього відношення Л-О x_2 та навмисний вибір Н-О x_3 . Очікуваний ризик у процесі ПР Л-О визначається як:

$$R_{dm} = \begin{cases} R_A = \min\{R_{ij}\} \\ R_B = \{\bar{\gamma}, p\} \\ R_{AB} = \{X(x_1, x_2, x_3), \gamma, p\} \end{cases} \quad (2.4)$$

де R_A - очікуваний ризик прийняття рішення для людини-оператора з урахуванням критерію мінімізації очікуваної величини; R_B - це очікуваний ризик прийняття рішення щодо людини-оператора з урахуванням його моделі

уподобань; R_{ij} - це очікуваний ризик для прийняття A_{ij} - рішення; γ - це концепція раціональної поведінки особистості;

$\bar{\gamma}$ - це поняття нераціональної поведінки індивіда; ρ - це система уподобань індивіда в конкретній ситуації вибору;

R_{AB} - це змішаний вибір, який робить Л-О.

2.4 Інтеграція моделі невизначеності до колективної моделі спільного прийняття рішень

Рішення про вибір запасного аеродрому на випадок надзвичайних ситуацій (наприклад, у складних метеорологічних умовах) методом прийняття рішення в умовах невизначеності за допомогою критеріїв Уальда, Лапласа, Севіджа, Гурвіца може бути реалізовано з урахуванням наступним вихідних даних (рис. 2.4.1):

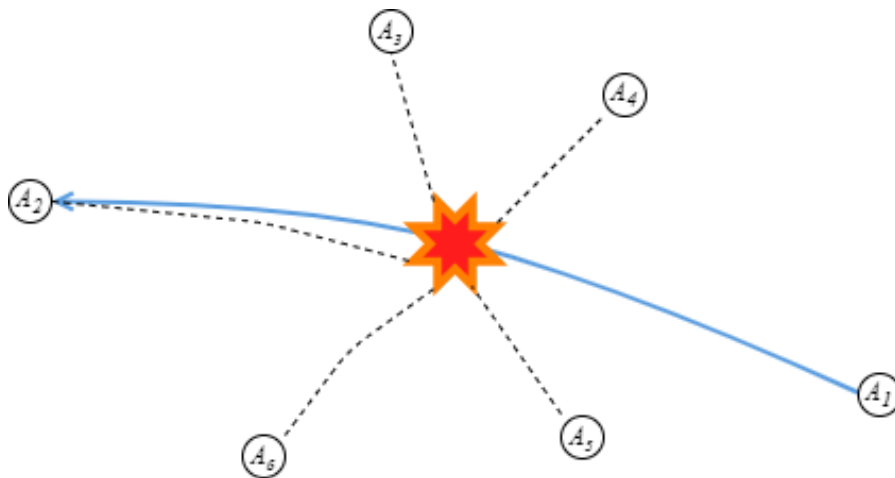


Рисунок 2.4.1 Схема маршруту польоту ПС з можливими запасними аеродромами

1. Матриця прийняття рішень.
2. Альтернативні дії - $\{A\} = \{A_1, A_2, \dots, A_i, \dots, A_m\}$.
3. Природні умови або фактори $\{\lambda\} = \{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_j, \dots, \lambda_n\}$.
4. Результати матриці DM $\{U\} = U_{11}, U_{12}, \dots, U_{ij}, \dots, U_{nm}$.
5. Умови прийняття рішень в умовах невизначеності.

Отримано алгоритм спільного прийняття рішення під час вибору запасного аеродрому на випадок надзвичайної ситуації (наприклад, у складних метеорологічних умовах) із використанням методів прийняття рішення в умовах невизначеності.

Алгоритм прийняття спільних рішень у конфліктній / надзвичайній ситуації:

1. Розрахунок напрямку маршруту
2. Побудова матриці прийняття рішень:

- Альтернативні рішення $\{A\}$
- Фактори, що впливають на прийняття рішення $\{\lambda\}$
- Результати вибору альтернативних рішень, спричинених чинниками, що впливають на прийняття рішення $\{U\}$

3. Альтернативні рішення $\{A\}$ - перелік запасних аеродромів (A_A):

$$\{A\} = \{AA_{Dest} \cup AA_{Dep} \cup \{A_A\}\} = \{A_1, A_2, \dots, A_i, \dots, A_n\};$$

,де

запасний аеродром - аеродром вильоту (A_{Dep} - A1) та його характеристики;

запасний аеродром - аеродром призначення (A_{Dest} - A2) та його характеристики;

інші запасні аеродроми та їх характеристики відповідно до розрахованого маршруту - A3; A4; A5,....

4. Фактори $\{\lambda\}$, що впливають на прийняття рішення для кожного оператора (O_1 - пілот, O_2 - диспетчер повітряного руху (АТС), O_3 - диспетчер польоту та O_i - інші авіаційні спеціалісти). Ці фактори можуть бути оригінальними або однаковими засобами. Наприклад, наступні фактори:

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

,де

λ_1 - кількість палива на борту;

λ_2 - віддаленість запасного аеродрому;

λ_3 - технічні характеристики злітно-посадкової смуги;

λ_4 - метеорологічні умови на запасних аеродромах;

λ_5 - світлосигнальні системи заходу на посадку;

λ_6 - доступна система заходу на посадку;

λ_7 - доступні навігаційні засоби;

λ_8 - експлуатаційні характеристики літака;

λ_9 - радіозв'язок;

λ_{10} - інтенсивність повітряного руху тощо.

5. Результати $\{U\}$ - формування можливих наслідків $\{U\}$ впливу на вибір AA у разі надзвичайної ситуації:

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

де $\{U\}$ - набір результатів матриці ПР U_{ij} ($i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n$).

Можливі наслідки U_{ij} визначаються за допомогою методу експертного судження, відповідно до даних нормативної документації та висновків операторів O_i (пілота, диспетчера повітряного руху, диспетчера польоту та інших авіаційних спеціалістів) [15].

6. Формування матриць рішень для кожного оператора (табл. 2.4.1).

Таблиця 2.4.1

Матриця прийняття рішень в умовах невизначеності

Матриця	–	Фактори що впливають на прийняття рішення в критичній ситуації/надзвичайній ситуації					
		λ_1	λ_2	...	λ_j	...	λ_n
–	{A}						
Альтернативні дії в критичній ситуації	A_1	U_{11}	U_{12}	...	U_{1j}	...	U_{1n}
	A_2	U_{21}	U_{22}	...	U_{2j}	...	U_{2n}

	A_i	U_{i1}	U_{i2}	...	U_{ij}	...	U_{in}

	A_m	U_{m1}	U_{m2}	...	U_{mj}	...	U_{mn}

Формування матриці прийняття рішень для оператора пілота (O_1 - пілот) (таблиця 2.4.2).

Аналогічно, матриця прийняття рішення для другого оператора (O_2 - диспетчер повітряного руху); третій оператор (O_3 - диспетчер польоту) та інші оператори, які задіяні в цій ситуації.

7. Розгляд умов прийняття рішення під невизначеністю (тип польоту). Для вибору методів (критеріїв аналізу проблеми прийняття рішення) прийняття рішення в умовах невизначеності:

Таблиця 2.4.2

Матриця прийняття рішень у невизначеності для оператора O_1

	Фактори що впливають на прийняття рішення оператором O_1 - пілотом						
	{A}	λ_1	λ_2	...	λ_j	...	λ_n
Альтернативні дії в критичній ситуації	A_1	U_{11}	U_{12}	...	U_{1j}	...	U_{1n}
	A_2	U_{21}	U_{22}	...	U_{2j}	...	U_{2n}

	A_i	U_{i1}	U_{i2}	...	U_{ij}	...	U_{in}

	A_m	U_{m1}	U_{m2}	...	U_{mj}	...	U_{mn}

- Критерій Вальда (maxmin / minmax) - якщо цей політ виконується вперше:

$$A^* = \max_{A_i} \left\{ \min_{B_j} u_{ij}(A_i, B_j) \right\} \quad (2.1)$$

,де

A_i - альтернативні рішення {A};

B_j - коефіцієнт із сукупності набору факторів { λ }.

- Критерій Лапласа - якщо цей рейс регулярний:

$$A^* = \max_{A_i} \left\{ \frac{1}{m} \sum_{j=1}^n u_{ij}(A_i, B_j) \right\} \quad (2.2)$$

- Критерій Гурвіца - інший підхід з використанням коефіцієнта оптимізму-песимізму α :

$$A^* = \max_{A_i} \left\{ \alpha \max_{B_i} u_{ij}(A_i, B_j) + (1 - \alpha) \min_{B_i} u_{ij}(A_i, B_j) \right\} \quad (2.3)$$

,де

α - коефіцієнт оптимізму-песимізму, $0 \leq \alpha \leq 1$, 0 - крайність песимізму та 1 - крайність оптимізму.

- Критерій Севіджа - результат перерахунку після польоту:

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

,де r_{ij} - матриця втрат для перерахунків після прийняття рішення:

$$r_{ij}(A_i, B_j) = \Delta_{A_i} = \max_{B_k} u_{ij}(A_i, B_j) - u_{ij}(A_i, B_j) \quad (2.5)$$

8. Пошук оптимальних рішень для кожного оператора з використанням критеріїв прийняття рішення в умовах невизначеності: Вальда, Лапласа, Севіджа, Гурвіца:

- $A_1^* = A_j(O_1)$ - рішення пілота $A(O_1)$,
- $A_2^* = A_j(O_2)$ - рішення диспетчера повітряного руху,
- $A_3^* = A_j(O_3)$ - рішення диспетчера польоту.

Аналогічно, прийняття рішення для інших авіаційних фахівців.

9. Формування колективної матриці рішень (табл. 2.4.3), де:

- $\{A\}$ – запасні аеродроми;
- $\{\lambda\}$ - оптимальні думки всіх операторів (пілот O_1 , диспетчер повітряного руху O_2 , диспетчер польотів O_3 та O_i - інші авіаційні спеціалісти) з окремих матриць.
- $\{u\}$ - результати - оптимальні рішення операторів відповідно до обраного критерію / умов польоту з окремих матриць $A_j(O_1); A_j(O_2); A_j(O_3)$

Таблиця 2.4.3

Матриця прийняття рішення в умовах невизначеності для операторів

Коллективна матриця	Результати оптимальних рішень всіма операторами						
	{A}	A _j (O ₁)	A _j (O ₂)	A _j (O ₃)	A _j (O _j)	...	A _n (O _n)
Запасні аеродроми	A ₁	U* ₁₁	U* ₁₂	U* ₁₃	...	U* _{1n}	
	A ₂	U* ₂₁	U* ₂₂	U* ₂₃	...	U* _{2n}	
	
	A _i	U* _{i1}	U* _{i2}	U* _{i3}	U* _{ij}	...	U* _{in}
	
	A _m	U* _{m1}	U* _{m2}	U* _{m3}	...	U* _{mn}	

Пошук оптимальних рішень для всіх операторів, що використовують критерії прийняття рішень у невизначеності Уалда, Лапласа, Севіджа, Гурвіца. Наприклад, для критеріїв Вальда:

$$A^* = \max_{A_i} \left\{ \min_{B_j} u_{ij} \left(\min A_i, A_j(O_j)_j \right) \right\} \quad (2.4.5)$$

,де

A_i - альтернативне рішення з набору {A};

A_j (O_j) - фактори {λ} - думки операторів з окремих матриць.

Для кожного випадку, залежно від умов кожної ситуації та пріоритетів прийняття рішень, вибирається спеціальний критерій.

Висновок до розділу 2

Сучасні системи прийняття рішень вимагають досить досконалих технологій для прийняття правильних рішень, особливо в позаштатних ситуаціях, де час грає надзвичайно важливу роль і десятки факторів, які так чи інакше впливають на хід польоту мають бути проаналізовані за допомогою одного з методів ПР для подальшого запобігання катастрофі. Маючи коректні дані та правильний алгоритм дій при позаштатних ситуація, а також систему підтримки прийняття рішень авіадиспетчера, вірогідність нещасного випадку зменшується, що позитивно впливає на безпеку авіації.

РОЗДІЛ 3. МОДЕЛЮВАННЯ ЗАХОДУ НА ПОСАДКУ

3.1 Моделювання позаштатної ситуації з точки зору диспетчера району

Змоделюємо позаштатну ситуацію польоту, в якій літак Airbus – A330 виконує нерегулярний вантажний рейс з аеропорту Київ / Бориспіль міжнародний (ICAO:UKBB; IATA:KBP) в міжнародний аеропорт Варшава імені Фредерика Шопена (ICAO:EPWA; IATA: WAW), номер рейсу AB23 (рис 3.1). Під час польоту на крейсерській висоті FL320 між точками маршруту OKROT і TOLPA на віддаленні, а саме на 232 морській милі, або на відстані 430 кілометрів починаючи з моменту вильоту ПС, виникає позаштатна ситуація - обмерзання крила ПС (рис 3.1).

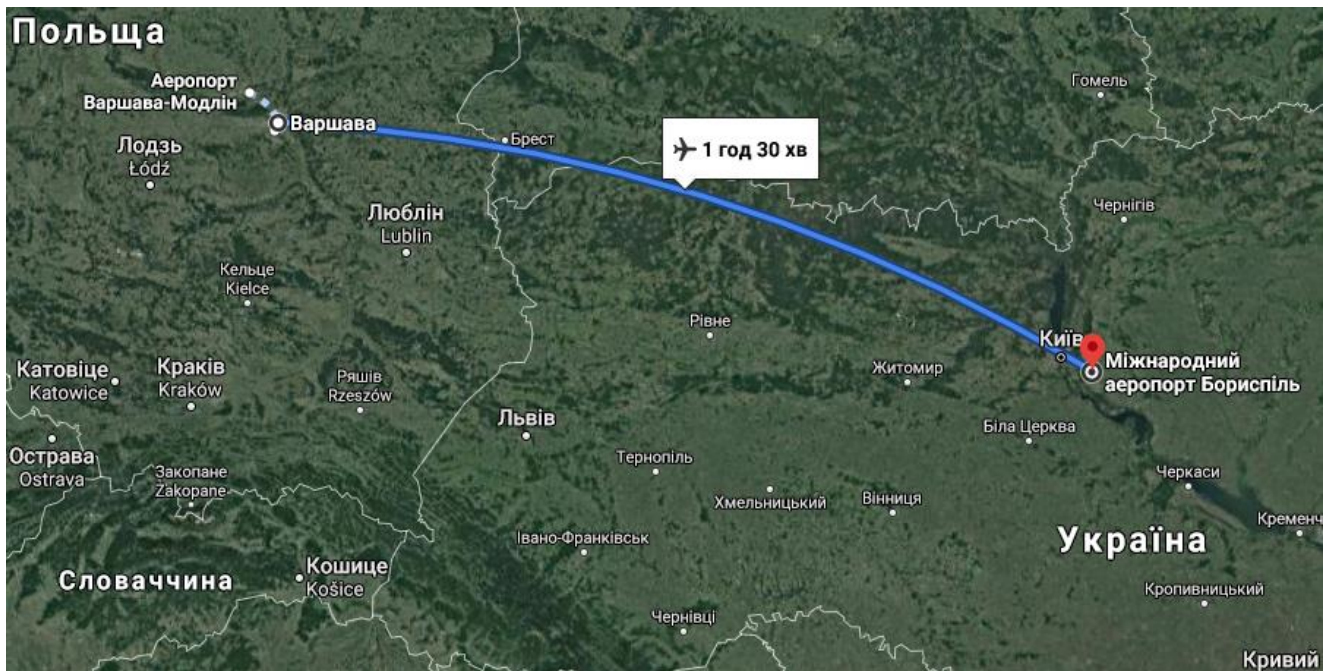


Рисунок 3.1 Приблизний маршрут польоту рейсу AB23

Маршрут польоту:

UKBB-KAFEL-T731-OKROT-M70-SOMOX-N191-LIMVI-EPWA, який більш детально наведений в таблиці 3.1

Відстань між аеропортами:

397 морських миль, або приблизно 735,2 кілометри.

Таблиця 3.1.1

План польоту рейсу АВ23 за точками маршруту

ICAO ID	Курс	Відстань (NT)	Координати точки		Назва точки/ примітки
UKBB	0°	0	N50°20'41.00"	E030°53'36.00"	KYIV/BORYSPIL
KAFEL	292°	64	N50°36'24.99"	E029°16'49.99"	KAFEL
OKROT	282°	74	N50°42'25.00"	E027°20'56.00"	OKROT
TOLPA	292°	144	N51°18'09.99"	E023°38'44.99"	TOLPA
SOMOX	288°	46	N51°28'04.99"	E022°26'35.00"	SOMOX
RUTUK	306°	14	N51°35'08.00"	E022°07'28.00"	RUTUK
SUMAM	301°	3	N51°36'38.00"	E022°02'26.99"	SUMAM
LIMVI	307°	15	N51°44'41.99"	E021°41'08.00"	LIMVI
EPWA	319°	37	N52°09'56.70"	E020°58'01.64"	WARSZAWA/OKECIE

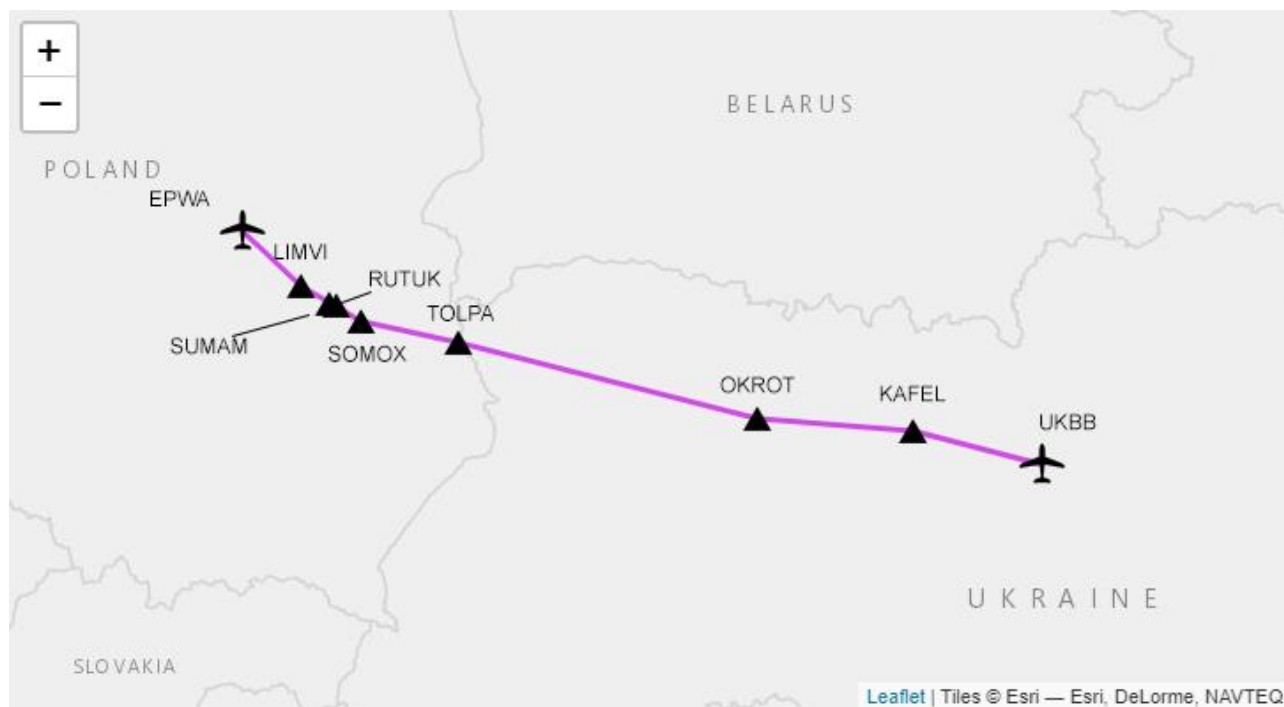


Рисунок 3.2 Маршрут польоту по точкам згідно плану

Під час польоту на повітряній трасі M70 в точці, яка знаходиться між точками маршруту OKROT та SOMOX літак потрапив у зону сильного обледеніння. Що детально показано на рисунку 3.3.

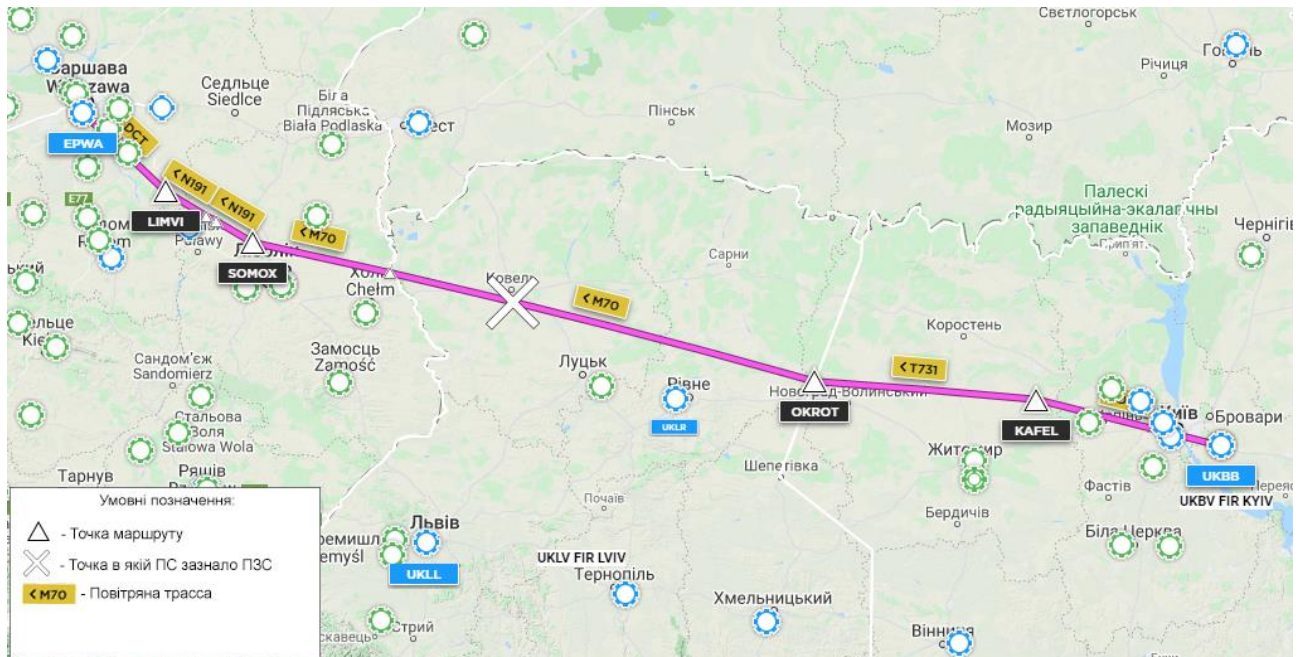


Рисунок 3.3 Точка в якій ПС потрапило в зону сильного обледеніння

Данні для виконання завдання:

AA_{Dep} - Київ / Бориспіль

AA_{Dest} – Варшава (імені Фредерика Шопена)

AA - Львів, Житомир, Гостомель, Рівне, Біла Церква, Київ (Бориспіль), Лодзь (Владислава Реймонта), Варшава (Модлін), Краків, Люблін, Катовіце.

Характеристики аеропортів вказані в таблиці 3.1:

Таблиця 3.1

Тактико технічні характеристики аеропортів за маршрутом

Код ICAO	Назва	Контрольна точка аеродрому	Довжина ЗПС (м)	Частота диспетчера вишки (MHz)
UKBB	Київ Бориспіль	N52°20'68" E30°53'60"	4000	119.30
EPWA	Варшава	N52°09'95" E20°58'03"	3690	118.30
UKLL	Львів	N49°48'58" E23°57'50"	3305	128.00
UKLI	Івано-Франківськ	N48°53'02" E24°41'04"	2500	134.850

Продовження таблиці 3.1

UKLR	Рівне	N50°36'50" E26°08'38"	2626	123.70
UKKM	Гостомель	N50°36'02" E30°11'62"	3500	118.15
UKBC	Біла Церква	N49°47'77" E30°01'47"	2500	125.10
EPLB	Люблін	N51°14'25" E22°42'48"	2522	136.42
EPKK	Краків	N50°04'67" E19°47'08"	2550	123.25
EPKT	Катовіце	N50°28'27" E19°04'48"	3200	129.255
EPMO	Варшава (Модлін)	N52°27'07" E20°39'12"	2500	123.92
EPLL	Лодзь	N51°43'32" E19°23'88"	2500	124.22
UKKV	Житомир	N50°16'04" E28°44'37"	1650	AFIZ 119.750

3.2 Використання Microsoft Office Excel для розрахунків методом експертного оцінювання з точки зору диспетчера

Диспетчер району склав матрицю рішень, де альтернативними рішеннями є запасні аеродроми для маршруту Київ – Варшава (ім. Фредерика Шопена), і врахував ті фактори які визначив найбільш важливими в даній ситуації, але з різними пріоритетами. (табл. 3.2)

Вхідні параметри:

- λ_1 – наявність палива на борту;
- λ_2 – віддаленість;
- λ_3 – характеристики ЗПС (ТТХ ЗПС) на ЗА, АВ, АПр;
- λ_4 – погодні умови на АВ, АПр, ЗА;
- λ_5 – завантаженість аеропорту;
- λ_6 – система заходу на посадку АВ, АПр, ЗА;
- λ_7 – інтенсивність руху регулярних ПС за маршрутом;
- λ_8 – характеристики перону, доріжок для руління на АВ, АПр, ЗА;
- λ_9 – можливості екіпажу (мінімуми екіпажу, час роботи екіпажу);

Таблиця 3.2

Матриця прийняття рішення для диспетчера району

№ з/п	Альтернативні рішення (ЗА)	Фактори									Розрахунок	
		λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8	λ_9	Критерій Лапласа	Критерій Вальда
1	Київ Бориспіль	10	1	10	9	6	6	8	5	7	6,9	1
2	Варшава	3	8	9	9	8	8	10	7	5	7,4	3
3	Львів	5	7	8	9	6	6	5	6	9	6,8	5
4	Івано Франківськ	5	8	6	9	6	6	2	6	7	6,1	2
5	Рівне	6	5	7	10	6	6	2	6	4	5,8	2
6	Гостомель	9	2	9	10	6	6	7	7	8	7,1	2
7	Біла Церква	9	2	6	10	6	6	1	7	5	5,8	1

Продовження таблиці 3.2

8	Люблін	3	7	6	10	6	6	6	5	5	6,0	3
9	Краків	2	9	6	10	8	8	4	4	5	6,2	2
10	Катовіце	1	10	8	10	7	7	6	6	3	6,4	1
11	Варшава (Моділін)	3	8	6	10	10	10	7	7	8	7,7	3
12	Лодзь	1	10	6	8	5	6	5	5	2	5,3	1
13	Житомир	7	3	4	10	9	9	3	3	2	5,6	2

Рорзрахунок найкращого варіанту завершення за критерієм Вальда:

$$A^* = \max A_i \{ \min B_j (u_{ij}) \}$$

$$A_1 = \min \{ 10, 1, 10, 9, 6, 6, 8, 5, 7 \} = 1;$$

$$A_2 = \min \{ 3, 8, 9, 9, 8, 8, 10, 7, 5 \} = 3;$$

$$A_3 = \min \{ 5, 7, 8, 9, 6, 6, 5, 6, 9 \} = 5;$$

$$A_4 = \min \{ 5, 8, 6, 9, 6, 6, 2, 6, 7 \} = 2;$$

$$A_5 = \min \{ 6, 5, 7, 10, 6, 6, 2, 6, 4 \} = 2;$$

$$A_6 = \min \{ 9, 2, 9, 10, 6, 6, 7, 7, 8 \} = 2;$$

$$A_7 = \min \{ 9, 2, 6, 10, 6, 6, 1, 7, 5 \} = 1;$$

$$A_8 = \min \{ 3, 7, 6, 10, 6, 6, 6, 5, 5 \} = 3;$$

$$A_9 = \min \{ 2, 9, 6, 10, 8, 8, 4, 4, 5 \} = 2;$$

$$A_{10} = \min \{ 1, 10, 8, 10, 7, 7, 6, 6, 3 \} = 1;$$

$$A_{11} = \min \{ 3, 8, 6, 10, 10, 10, 7, 7, 8 \} = 3;$$

$$A_{12} = \min \{ 1, 10, 6, 8, 5, 6, 5, 5, 2 \} = 1;$$

$$A_{13} = \min \{ 7, 3, 4, 10, 9, 9, 3, 3, 2 \} = 2;$$

$$A^* = 5; \text{Значення } A_3 = 5.$$

Отримано результат за критерієм Вальда, найбільший критерій Вальда математично визначений для аеропорту Львів (A_3), який є найбільш оптимальним в даній ситуації.

Уявімо, що цей рейс був настільки прибутковий, що компанія оператор ПС вирішила подати повторювальний план польоту (RPL), та зробити цей рейс регулярним. Для такого випадку найбільш підходить критерій Лапласа.

Число факторів, які впливають на вибір оптимального запасного аеродрому $n=9$.

Відповідно до критерію Лапласа:

$$A_1 = 1/9 (10+1+10+9+6+6+8+5+7) = 6,9;$$

$$A_2 = 1/9 (3+8+9+9+8+8+10+7+5) = 7,4;$$

$$A_3 = 1/9 (5+7+8+9+6+6+5+6+9) = 6,8;$$

$$A_4 = 1/9 (5+8+6+9+6+6+2+6+7) = 6,1;$$

$$A_5 = 1/9 (6+5+7+10+6+6+2+6+4) = 5,8;$$

$$A_6 = 1/9 (9+2+9+10+6+6+7+7+8) = 7,1;$$

$$A_7 = 1/9 (9+2+6+10+6+6+1+7+5) = 5,8;$$

$$A_8 = 1/9 (3+7+6+10+6+6+6+5+5) = 6,0;$$

$$A_9 = 1/9 (2+9+6+10+8+8+4+4+5) = 6,2;$$

$$A_{10} = 1/9 (1+10+8+10+7+7+6+6+3) = 6,4;$$

$$A_{11} = 1/9 (3+8+6+10+10+10+7+7+8) = \mathbf{7,7};$$

$$A_{12} = 1/9 (1+10+6+8+5+6+5+5+2) = 5,3;$$

$$A_{13} = 1/9 (7+3+4+10+9+9+3+3+2) = 5,6;$$

$A^* = \max \{6,9; 7,4; 6,8; 6,1; 5,8; 7,1; 5,8; 6,0; 6,2; 6,4; \mathbf{7,7}; 5,3; 5,6;\} = 7,7$ - тобто за критерієм Лапласа найбільш вигідним аеропортом буде аеропорт Варшава (Модлін).

3.2 Використання Microsoft Office Excel для розрахунків методом експертного оцінювання з точки зору командира ПС

Командир ПС за допомогою електронної системи, встановленої на борту літака (планшетний комп'ютер), склав матрицю рішень, в якій альтернативними рішеннями є запасні аеродроми для маршруту Київ – Варшава (ім. Фредерика Шопена), і врахував фактори, які найбільш стосуються його типу літака, обмеження цього літака, його льотно-технічні характеристики.

Вхідні параметри, які були визнані КВС доцільними в даній ситуації:β

- β 1 – наявність палива на борту;
- β 2 – близькість;
- β 3 – характеристики ПС при посадці;
- β 4 – можливості екіпажу (мінімуми екіпажу, час роботи екіпажу);

Таблиця 3.3

Матриця прийняття рішень для командира ПС

№ з/п	Альтернативні рішення (ЗА)	Фактори				Розрахунок	
		β 1	β 2	β 3	β 4	Критерій Лапласа	Критерій Вальда
1	Київ Бориспіль	3	1	7	7	4,5	1
2	Варшава	5	8	7	9	7,25	5
3	Львів	5	7	7	9	7	5
4	Івано Франківськ	8	8	7	5	7	5
5	Рівне	7	5	7	2	5,25	2
6	Гостомель	3	2	7	1	3,25	1
7	Біла Церква	4	2	7	10	5,75	2
8	Люблін	3	7	7	3	5	3
9	Краків	9	9	7	4	7,25	4
10	Катовіце	4	10	7	5	6,5	4
11	Варшава (Моділі)	3	8	7	7	6,25	3
12	Лодзь	3	10	7	6	6,5	3

За цією матрицею не є можливим точно оцінити аеродром на який треба прямувати, тому що результати отримані за критеріями Вальда та Лапласа показують можливість двох або трьох варіантів. Очевидно, що даних цієї матриці не є достатнім для визначення результату дослідження. Тому є доцільним використання систем підтримки прийняття рішень.

3.3 Використання Microsoft Office Excel для розрахунків методом експертного оцінювання з точки зору другого пілота

Другий пілот за допомогою електронної системи, встановленої на борту літака (планшетний комп'ютер), теж склав матрицю рішень, в якій альтернативними рішеннями є запасні аеродроми для маршруту Київ – Варшава (ім. Фредерика Шопена), і врахував фактори, які найбільш стосуються його типу літака, обмеження цього літака, його льотно-технічні характеристики, та думку командира ПС.

Вхідні параметри, які були визнані КВС доцільними в даній ситуації:

- $\gamma 1$ – наявність палива на борту;
- $\gamma 2$ – близькість;
- $\gamma 3$ – характеристики ПС при посадці;
- $\gamma 4$ – можливості екіпажу (мінімуми екіпажу, час роботи екіпажу);
- $\gamma 4$ – рішення командира.

Таблиця 3.3

Матриця прийняття рішень для командира ПС

№ з/п	Альтернативні рішення (ЗА)	Фактори					Розрахунок	
		$\gamma 1$	$\gamma 2$	$\gamma 3$	$\gamma 4$	$\gamma 5$	Критерій Лапласа	Критерій Вальда
1	Київ Бориспіль	3	1	7	7	7	4,5	1
2	Варшава	5	8	7	9	9	7,25	5
3	Львів	5	7	7	9	9	7	5
4	Івано Франківськ	8	8	7	5	5	7	5
5	Рівне	7	5	7	2	2	5,25	2
6	Гостомель	3	2	7	1	1	3,25	1
7	Біла Церква	4	2	7	10	10	5,75	2
8	Люблін	3	7	7	3	3	5	3
9	Краків	9	9	7	4	4	7,25	4
10	Катовіце	4	10	7	5	5	6,5	4

11	Варшава (Моділінь)	3	8	7		7	6,25	3
12	Лодзь	3	10	7		6	6,5	3

Висновок до розділу 3

В цьому розділі була змодельована позаштатна ситуація обмерзання крила ПС під час польоту на висоті, з точки зору диспетчера району. Змодельований маршрут польоту, з урахуванням запасних аеродромів які були б доцільними в даній ситуації. Виконано розрахунки оптимального аеродрому посадки з допомогою критеріїв Вальда та Лапласа.

РОЗДІЛ 4. СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ АВІАДИСПЕТЧЕРА У РАЗІ ВИНИКНЕННЯ ОСОБЛИВОГО ВИПАДКУ В ПОЛЬОТІ

4.1 Основні задачі системи підтримки прийняття рішень у польоті

За результатами наукових досліджень, вибір оптимального варіанта закінчення польоту в позаштатних ситуаціях, які потребують вимушеної посадки ПС, вимагає від оператора системи аналізу значних обсягів різноманітної інформації.

Для комплексного обліку факторів, які впливають на видання авіадиспетчером вказівок, необхідна побудова адаптивної системи підтримки прийняття рішень, яка б мала властивість враховувати, як динамічні характеристики, так і вплив зовнішнього середовища, погодних умов.

Основними задачами СППР авіадиспетчера в разі виникнення позаштатної польотної ситуації, яка потребує вимушеної посадки ПС, є [27-30]:

- Збирання даних про стан ПС і зовнішнього середовища (зони УПР).
- Формування стратегії дій в такій ситуації (продовження польоту до аеродрому призначення (запасного) або виконання вимушеної посадки).
- Прогнозування розвитку ситуації на борту і побудова області досяжності ПС за необхідності виконання вимушеної посадки.
- Визначення характеристик альтернативних варіантів і формування множини допустимих альтернатив завершення польоту.
- Оцінювання ефективності допустимих альтернатив та формування рекомендацій щодо визначення оптимального варіанта завершення польоту.

Задачі СППР пов'язані з необхідними даними, які можна розділити на дві категорії:

- а) статичні
- б) динамічні (оперативні).

До статичних даних про ПС належать тактико-технічні характеристики ПС:

— кількість, тип та розташування двигунів;

- горизонтальні й вертикальні швидкості за етапами та висотами польоту;
- максимальний кут крену;
- аеродинамічна якість;
- нормативна посадкова маса ПС;
- мінімум ПС для посадки;
- допустимий стан ЗПС;
- необхідна для посадки довжина ЗПС у стандартних умовах;
- допустимі складові вітру для посадки та планові дані, які система отримує з попередньо оформленого й поданого до служби руху плану польоту ПС:
- тип ПС;
- мінімум командира ПС для посадки.

До оперативної інформації про ПС входять моніторингові дані, які отримують в процесі безпосереднього спостереження за ПС, а саме:

- тип ситуації;
- стан ПС;
- висота ПС;
- координати ПС;
- курс польоту ПС;
- фактична посадкова маса ПС.

Статична інформація про аеродроми містить такі дані:

- координати контрольної точки аеродрому;
- висоту аеродрому над середнім рівнем моря;
- мінімум аеродрому;
- кількість і тип ЗПС (штучну або ґрунтову);
- довжину ЗПС;
- посадковий шляховий кут ЗПС;
- нахил ЗПС.

До оперативної інформації про аеродроми належать:

- стан ЗПС (наявність ремонтних робіт, час звільнення ЗПС, коефіцієнт зчеплення, наявність снігу, сльоти, води, льоду, вологість і міцність ґрунту, міцність снігу);
- стан радіотехнічних засобів (РТЗ) посадки (працездатність або непрацездатність);
- метеорологічні умови (МУ) на аеродромі (небезпечні явища погоди, хмарність і видимість, напрямок і сила вітру, фактична температура).

Дані статичної інформації про місцевість:

- тип майданчика для посадки;
- координати майданчика;
- наявність перешкод і населених пунктів;
- тип підсилюючої поверхні.

Оперативна інформація про місцевість включає метеорологічні дані: небезпечні явища погоди, хмарність і видимість, напрямок і силу вітру.

Дані статичної інформації про Л-О: параметри професійної діяльності Л-О, його індивідуально-психологічні і соціально-психологічні показники.

Загальна концепція адаптивної системи інформаційної підтримки прийняття рішень авіадиспетчера в позаштатній ситуації, що потребує вимушеної посадки ПС, подана у сукупності підсистем (рис. 4.1).

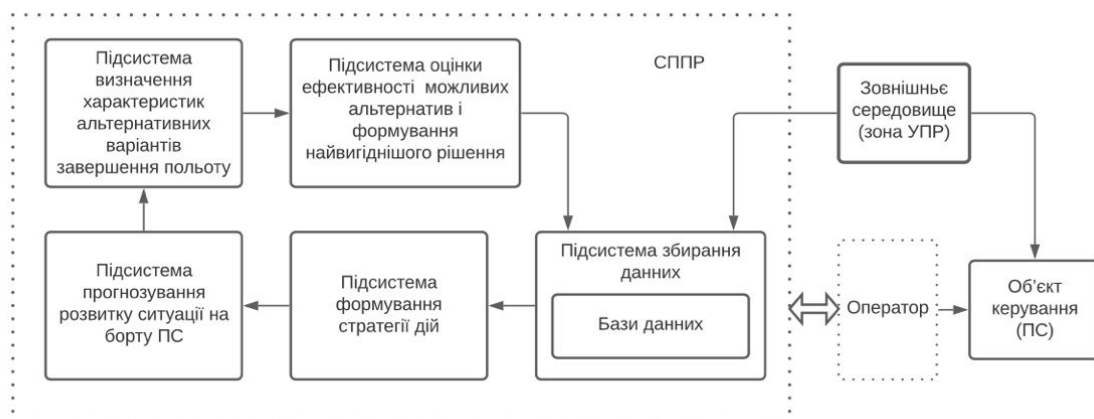


Рисунок 4.1 Концепція моделі СППР авіадиспетчера в позаштатних ситуаціях

4.2 Основні вимоги до СППР в позаштатних польотних ситуаціях

З погляду на основні особливості, що пов'язані з виникненням позаштатних польотних ситуацій, визначимо принципи, за якими необхідно будувати СППР.

За основу візьмемо загальні принципи створення автоматизованої системи: системність, відкритість (розвиток), сумісність, стандартизація (уніфікація) та ефективність [31].

Дослідження у галузі створення СППР для авіаційної галузі показали, що ефективність отриманих рекомендацій в позаштатних ситуаціях знижується через:

- різке збільшення потоку інформації, яку отримує оператор в умовах ліміту часу й напруженого психофізіологічного стану;
- наявність психологічного дискомфорту, коли оператор відірваний від процедури вироблення рішення і тому змушений у більшості випадків ігнорувати навіть дуже корисні рекомендації через недовіру.

У зв'язку з цим сформулюємо основні вимоги до СППР авіадиспетчера в позаштатних польотних ситуаціях:

1. Застосування під час проектування СППР принципу оптимальної лаконічності (або необхідності й достатності інформації) [32-34], тобто усунення важливої, але непотрібної в конфліктній ситуації інформації й зорове виділення найбільш важливих елементів для концентрування на них уваги.

2. Наявність засобів, що створюють «комфортні» умови для оператора: діалог, видача рекомендацій у зручному вигляді, здатність системи пояснити людині своє рішення.

Беручи до уваги запропоновані в працях [35-37] рекомендації, щодо форм подання інформації авіадиспетчеру в АС УПР щодо оптимального ПР, які пропонуються системою, і максимальної довіри до отриманих результатів Л-О, у СППР передбачається реалізація трьох режимів роботи системи залежно від складності позаштатної ситуації, яка характеризується часом на прийняття

рішення, що є в розпорядженні оператора і залежить від типу ситуації та стану ПС:

- пасивного режиму, в якому система лише видає нормативно-довідкову і оперативну інформацію: тактико-технічні характеристики ПС, характеристику аеродромів і місцевості, метеорологічну інформацію (застосовується в ситуаціях, у яких можливий політ до найближчого придатного аеродрому, наприклад, при ліквідованій пожежі на ПС);
- напів-активного режиму, в якому система пропонує декілька альтернативних варіантів завершення польоту з вказанням величини потенційного збитку й значень основних факторів, що вплинули на оцінку, але вибір альтернативи залишається за диспетчером (застосовується, наприклад, в режимі планування у разі повної відмови двигунів на ПС);
- активного режиму, в якому система видає одну можливу альтернативу завершення польоту з мінімальним розміром потенційного збитку і вимагає від оператора її негайного виконання (застосовується в ситуаціях, які потребують екстреного завершення польоту, наприклад, при неліквідованій пожежі на борту ПС).

При цьому можливий перехід до будь-якої з форм інформаційної підтримки за бажанням диспетчера.

3. Можливість оброблення даних на основі методів логічного аналізу слабоформалізованої інформації, що закладена в знаннях та досвіді певного експерту.

Функції кожної з відокремлених концепцією підсистем (див. рис. 4.2.1) визначаються певним колом задач вимірювання. Конкретизуємо (у розумінні назви та місця в СППР авіадиспетчера в позаштатних польотних ситуаціях) в табл. 4.2.1, яка інформація буде виступати вхідними даними кожної підсистеми, а яка - вихідними.

Аналіз даних табл. 4.1 дозволяє зробити висновки про необхідність створення баз даних (БД), а також відокремлення двох їх основних груп. До

першої групи належать бази, які являють собою стаціонарне джерело даних - вони створюються до початку роботи СППР; до другої - динамічне джерело даних - БД, які будуються самою системою у процесі оброблення динамічної інформації про ПС і зони УПР і надалі нею використовуються.

Виходячи з цього, визначимо, які саме БД становитимуть основу обох груп.

До першої групи увійдуть такі БД:

- тактико-технічні характеристики ПС;
- планова інформація щодо ПС;
- тип потенційного МП;
- характеристика аеродромів зони УПР;
- характеристика місцевості зони УПР;
- параметри професійної діяльності Л-О;
- індивідуально-психологічні показники Л-О;
- соціально-психологічні показники Л-О.

Основу другої групи складуть:

- данні моніторингової системи ПС;
- технічна інформація про аеродроми;
- метеорологічна інформація про аеродроми;
- метеорологічна інформація про місцевість;
- психофізіологічні показники Л-О.

Таблиця 4.2.1

Підсистема	Вхідна інформація (джерело активізації)	Задачі (функції)	Вихідна інформація (результат)
Збирання даних	Динамічна інформація про ПС і зони УПР	Збирання та зберігання даних	Створення баз даних про стан ПС і зовнішнього середовища
Формування стратегій дій	Статична і динамічна інформація про ПС	Оцінка можливості продовження польоту	Рекомендації щодо можливості продовження польоту
Прогнозування розвитку ситуації	Статична і динамічна інформація про ПС; Моделі розвитку руху ПС		
Визначення характеристик альтернативних варіантів завершення польоту	Статична інформація щодо ПС; статична і динамічна інформація про зону УПР у межах області досяжності ПС; моделі й алгоритми оцінки		
Оцінювання ефективності потенційних альтернатив і формування рішення	Характеристика допустимих альтернатив завершення польоту; Модель оцінювання ефективності альтернативних варіантів; методи, моделі та критерії оптимізації рішень	Оцінювання ефективності потенційних альтернатив і формування оптимального варіанта завершення польоту	Рекомендації щодо оптимального варіанта завершення польоту

Висновок до розділу 4

В данному розділі були сформульовані основні вимоги до системи підтримки прийняття рішень, розглянуті моделі системи підтримки прийняття рішень, тако

Загальні висновки

В даній роботі було проаналізовано безпеку польотів в складних метеоумовах. Розглянуто методи дослідження експертного оцінювання, детермінованого, стохастичні системи підтримки прийняття рішень.

Побудовано позаштатну ситуацію обмерзання крила ПС у польоті. Розглянуто систему підтримки прийняття рішень .

Додаток 1

«Анкета опитування диспетчера»

Будь ласка заповніть цю анкету.

Помітьте \checkmark обраний вами варіант, де 1 - найгірший варіант, 10 – найліпший.

Критерії

λ_1 – наявність палива на борту;

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10.

λ_2 – віддаленість;

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10.

λ_3 – характеристики ЗПС (ТТХ ЗПС) на ЗА, АВ, АПр;

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10.

λ_4 – погодні умови на АВ, АПр, ЗА;

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10.

λ_5 – завантаженість аеропорту;

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10.

λ_6 – система заходу на посадку АВ, АПр, ЗА;

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10.

λ_7 – інтенсивність руху регулярних ПС за маршрутом;

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10.

λ_8 – характеристики перону, доріжок для руління на АВ, АПр, ЗА;

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10.

λ_9 – можливості екіпажу (мінімуми екіпажу, час роботи екіпажу);

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10.

Дата:

Підпис:

Додаток 2

«Анкета опитування КПС»

Будь ласка заповніть цю анкету.

Помітьте ✓ обраний вами варіант, де 1 - найгірший варіант, 10 – найліпший.

Критерії

β1 – наявність палива на борту;

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10.

β2 – близькість;

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10.

β3 – характеристики ПС при посадці;

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10.

β4 – можливості екіпажу (мінімуми екіпажу, час роботи екіпажу);

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10.

Дата:

Підпис:

Додаток 3

«Анкета опитування льотного диспетчера»

Будь ласка заповніть цю анкету.

Помітьте ✓ обраний вами варіант, де 1 - найгірший варіант, 10 – найліпший.

Критерії

γ 1 – наявність палива на борту;

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10.

γ 2 – віддаленість;

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10.

γ 3 – характеристики ЗПС (ТТХ ЗПС) на ЗА, АВ, А_{Пр};

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10.

γ 4 – погодні умови на АВ, А_{Пр}, ЗА;

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10.

γ 5 – завантаженість аеропорту;

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10.

Дата:

Підпис:

Список використаної літератури

1. Правила метеорологічного забезпечення польотів державної авіації України : Наказ Міністерства оборони України від 29.09.2015 № 516 . Розділ 1 п.2.
2. Лещенко Г.П., Перцель Г.В., Лещенко Е.Г. Метеорологическое обеспечение полетов: Учебное пособие (3-е изд. перераб. и доп.) : Кировоград: ГЛАУ, 2010. 184 с.
3. ICAO Volcanic Ash Task Force (IVATF). Summary of UK’s re-analysis of past volcanic ash aircraft related events using VAAC London name model. Montreal, 27-30 July 2010.
4. Повітряний кодекс України : Закон України від 07.08.2020 р. № 3393-VI. Відомості Верховної Ради України. 2011. № 48-49. Ст. 1, п 1.48.
5. Повітряний кодекс України : Закон України від 07.08.2020 р. № 3393-VI. Відомості Верховної Ради України. 2011. № 48-49. Ст. 1, п 1.1.
6. Повітряний кодекс України : Закон України від 07.08.2020 р. № 3393-VI. Відомості Верховної Ради України. 2011. № 48-49. Ст. 1, п 1.49.
7. EASA Annual Safety Review 2020 <https://www.easa.europa.eu/document-library/general-publications/annual-safety-review-2020> .
8. EASA Airworthiness Directive 2017-0134R2 : Time Limits / Maintenance Checks – Main Gearbox Particle Detector / Oil Filter / Oil Cooler – Inspection Main Rotor Drive – Epicyclic Module – Replacement / Modification / Reduced Service Life Limit <https://ad.easa.europa.eu/ad/2017-0134R2>
9. Official Journal of the European Union. [Annex I to the COMMISSION REGULATION (EU) No 965/2012] of 5 October 2012 // ISSN 1977-0677 //
10. EUROCONTROL Guidelines for Controller Training in the Handling of Unusual/Emergency Situations: 31.07.2003.
11. International Distress/Emergency Frequencies https://skybrary.aero/index.php/Distress/Emergency_Frequencies
12. ICAO Doc9859 AN/474 Safety Management Manual (SMM) 3rd Edition, 2012.

13. Денисов А.А., Колесников Д.Н. Теория больших систем управления: Учебное пособие для вузов. – Л.: Энергоиздат, Ленингр. отд-ние, 1982. – 288 с.
14. Повітряний кодекс України : введ. в дію Постановою ВР від 19.05.2011 р. № 3393-VI // Відомості Верховної Ради України. – 2011. – № 48–49. – Ст. 536.
15. Правила видачі свідоцтв авіаційному персоналу в Україні: затв. наказом Мінтрансу від 07.12.1998 р. №486, зі змінами, внесеними наказом МІУ від 10.04.2012 р. №207. – К. : МТЗУ, 2012. – 72 с.
16. Правила сертифікації суб'єктів, що надають послуги з аеронавігаційного обслуговування: затв. наказом Мінтрансу від 22.01.2007 р. №42, зі змінами, внесеними наказом МТЗУ від 28.11.2011 р. №575. – К. : МТЗУ, 2007. – 24 с.
17. Правила польотів повітряних суден та обслуговування повітряного руху у класифікованому повітряному просторі України : затв. наказом Міністерства транспорту України від 16.04.2003 р. №293. – К. : МТУ, 2003. – 52 с.
18. Порядок прийняття рішення на виліт та приліт повітряних суден цивільної авіації України за правилами польотів за приладами : затрв. наказом Державіаслужби України від 28.04.05 р. №295. – 14 с.
19. Положення про організацію роботи об'єктів обслуговування повітряного руху Украероруху : затв. наказом Украероруху від 12.03.2008 р. №64 (з поправками №1-№10). – К. : Украерорух, 2008. – 52 с.
20. Вентцель Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология / Е.С. Вентцель. – М. : Наука, 1988. – 208 с.
21. Поліщук С.Т. Методика прогнозування ймовірностей виконання завдання людиною-оператором за критерієм ліміту часу / С.Т. Поліщук // Вісник НАУ. – 2009. – №3. – С. 87–90.
22. Таха Х.А. Введение в исследование операций / Х.А. Таха ; пер. с англ. – 6-е изд. – М. : Издат. дом «Вильямс», 2001. – 912 с.
23. Филлипс Д. Методы анализа сетей / Д. Филлипс, А. Гарсиа-Диас ; пер. с англ. – М. : Мир, 1984. – 496 с.
24. Shmelova T. & Sikirda Y. Models of Decision Making Operators of Socio-Technical System

25. ISO Standard 31000 (2009) / ISO Guide 73:2002
26. Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge (2008): FAA-H-8083-25, Chapter 17: Aeronautical Decision Making, 17.1–17.32
27. Сікірда Ю.В. Моделювання системи підтримки прийняття рішень авіадиспетчера в позаштатних польотних ситуаціях: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06 / Ю.В. Сікірда. - К., 2004. -184 с.
28. Сікірда Ю.В. Формування структури інформаційного забезпечення системи підтримки прийняття рішень авіадиспетчера в позаштатних польотних ситуаціях / Ю.В. Сікірда, Т.Ф. Шмельова, І.І. Еніна // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. - Кіровоград: КНТУ, 2004.- Вип. 15. - С. 212-217.
29. Сікірда Ю.В. Експериментально-методичні засади розробки програмного забезпечення системи підтримки прийняття рішень авіадиспетчера в позаштатних польотних ситуаціях / Ю.В. Сікірда, Т.Ф. Шмельова // Искусственный интеллект. - 2004. - №4. - С. 448- 455.
30. Сікірда Ю.В. Автоматизована оцінка потенційних стратегій завершення польоту в позаштатних ситуаціях, що потребують вимушеної посадки повітряного судна / Ю.В. Сікірда // Автоматика-2004: 1 1-та міжнар. конф. по автоматичному управлінню, Київ, 27-30 верес. 2004 р.: тези доповідей. - Т. 3. - К.: НУХТ, 2004. - С. 24
31. Методические указания. Автоматизированные системы. Основные положения: РД 50-680-88. – [Введ. 01.01.90]. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 7с.
32. Аретменко О. В. Формирование структуры подсистем информационного обеспечения автоматизированной системы подготовки предполетной информации / О. В. Артеменко // Авиационно-космическая техника и технология. – 2005. - №2/18. – С. 77-81
33. Венда В.Ф. Системы гибридного интеллекта: эволюция, психология, информатика / В.Ф. Венда. – М.: Машиностроение, 1990. – 448с.
34. Инженерная психология / под ред. Г.К. Середы. – К.: ВШ, 1976. -308с.

35. Жмеренецкий В. Ф. Научно-методические основы построения и функционирования бортовых комплексных систем обеспечения безопасности полетов / В. Ф. Жмеренецкий // Проблемы безопасности полетов: Обзор. инф. – М.: ВИНТИ, 1998. – Вып. 6 – С. 25-32.

36. Неділько С.М. Основи теорії функціональної стійкості автоматизованої системи управління повітряним рухом: монографія / С.М. Недількою – Кіровоград: ДЛАУ, 2011. – 218с.

37. Неделько В.Н. Обеспечение эффективности информационной поддержки принятия решений в автоматизированных системах обслуживания воздушного движения с элементами искусственного интеллекта: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.13 / В.Н. Неделько. – К., 2002. -183 с.