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

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
д-р. техн. наук, проф.
В. Ю. Ларін
« » _____ 2022 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)
ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА
ЗА ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЮ ПРОГРАМОЮ
«БЕЗПІЛОТНІ АВІАЦІЙНІ КОМПЛЕКСИ»
Тема:
«Методика визначення ризиків у безпілотній авіації»

Виконав: _____ **М.В.Хочин**
Керівник: д-р техн. наук, проф. _____ **В.П.Харченко**
Консультант розділу д-р техн. наук, проф. _____ **І.В.Остроумов**
Консультант розділуд-р техн. наук, проф. _____ **Т.Ф.Шмельова**
Нормоконтролер д-р техн. наук, проф. _____ **Т.Ф.Шмельова**

Київ 2022

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет аеронавігації, електроніки та телекомунікацій

Кафедра аеронавігаційних систем

Спеціальність: 272 «Авіаційний транспорт»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____Ларін В.Ю.

«__» _____2022 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи

Хочина Микити Віталійовича

1. Тема дипломної роботи (проєкту): Методика визначення ризиків у БПЛА, затверджена наказом ректора від 20.09.2022 р. № 1594/ст.

2. Термін виконання роботи: з 05.09.2022 по 30.11.2022.

3. Вихідні дані до роботи: матеріали попередніх наукових досліджень щодо оцінювання ризиків у БПЛА.

4. Зміст пояснювальної записки: методика визначення ризиків у БПЛА на основі методів, що застосовуються в цивільній авіації для оцінювання ризику; доцільність їх застосування.

5.Перелік обов’язкового графічного (ілюстрованого) матеріалу: зображення безпілотних літальних апаратів.

6. Календарний план-графік

№ пор.	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1	Збір інформації	06.09.22-28.09.22	виконано
2	Аналіз основних показників діяльності	29.09.22-30.09.22	виконано
3	Написання та оформлення аналітичної та теоретичної частин дипломної роботи	01.10.22-20.10.22	виконано
4	Написання та оформлення проєктної частини дипломної роботи	21.10.22-10.11.22	виконано
5	Написання та оформлення вступу та висновків дипломної роботи	11.11.22 - 15.11.22	виконано
6	Оформлення пояснювальної записки та підготовка до захисту	16.11.2022-20.11.2022	виконано

7. Дата видачі завдання: « 05 » вересня 2022 р.

Керівник дипломної роботи Харченко

(підпис керівника) (П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання Хочин Микита Віталійович

(підпис студента) (П.І.Б.)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи: “Методика визначення ризиків у БПЛА”: 95 сторінка, 26 рисунків, 7 таблиць, 40 використаних джерела.

Ключові слова: безпілотний літальний апарат (БПЛА, ризик, оцінка ризику).

Об’єктом дослідження є процес оцінювання ризиків у БПЛА.

Предметом дослідження є методика та методи оцінювання ризиків у БПЛА.

Мета дипломної роботи: дослідження та аналіз методики оцінки ризиків у БПЛА.

Сформульована мета передбачає виконання таких завдань:

- проаналізувати особливості функціонування безпілотних літальних апаратів;

- визначити поняття ризику;

- з'ясувати значимість оцінки ризиків для запоруки безпечності;

- дослідити проблеми ризиків у БПЛА;

- виконати аналіз існуючих методів виявлення ризиків у безпілотних літальних апаратів, їх переваги та недоліки;

- з'ясувати алгоритм прийняття рішення під час оцінювання ризику;

- застосувати на практиці досліджувані методи.

Методи дослідження*:* в роботі використовувалися методи аналізу й синтезу, порівняння, метод групування; графічні методи; імовірнісний метод; математичне моделювання.

В дипломній роботі розглянуто основні види безпілотних літальних апаратів та ознаки, за якими вони класифікуються, а саме – за типом системи управління, за масою, за масштабом завдань, за паливною системою, за типом крила, за тривалістю польоту, за практичною стелею польоту, за типом літального апарату, за базуванням, за правилами польотів, за кількістю використань, за типом паливного баку, за радіусом дії, за максимальною швидкістю польоту, за кількістю двигунів, за використанням, за напрямком

підйому/посадки, за типом підйому/посадки, за часом одержання зібраної інформації. Визначено основні завдання БПЛА та сфери їх застосування. Проаналізовано поняття ризику.

Визначено основні властивості ризику, який є характеристикою майбутніх станів об’єкта, пов’язаний з випадковими подіями та явищами, а прояв ризику – умовна подія. Також досліджено ризики для БПЛА і чинники, які підвищують актуальність вивчення проблеми організації управління ризиками під час застосування БПЛА. Запропоновано методики прийняття рішення на основі методів, що застосовуються в цивільній авіації для оцінювання ризику; розглянуто доцільність їх застосування. Виконано моделювання та кількісну оцінку ризиків для випадку виникнення ситуацій, які можуть призвести до відмови двигуна БПЛА, пошкодження й повної загибелі БПЛА.

Теоретичною базою були роботи українських та зарубіжних фахівців, що досліджували дану тематику раніше.

Матеріали дипломної роботи рекомендується використовувати на семінарських і практичних заняттях студентам технічних спеціальностей; під час написання дипломних та магістерських робіт, а також в практичній діяльності підприємств, які виконують авіаційні роботи.

БЕЗПІЛОТНІ ЛІТАЛЬНІ КОМПЛЕКСИ, БПЛА, ДЕРЕВО ПОДІЙ, ДЕРЕВО ВІДМОВ, УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ, БЕЗПЕКА ПОЛЬОТІВ.

АРКУШ ЗАУВАЖЕНЬ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ЛА - літальний апарат

БПЛА - безпілотний літальний апарат

НС - надзвичайна ситуація

БзП - безпека польотів

УР - управління ризиком

ОПР - особа, яка приймає рішення

АДВ - аналіз дерева відмов

АДП - аналіз дерева подій

ДП - дерево подій

ЗМІСТ

ВСТУП……...10

РОЗДІЛ 1. Характеристики безпілотних літальних систем…….....12

1.1.Поняття про БПЛА ..…….....12

1.2. Класифікація видів безпілотних літальних апаратів ……...14

1.3. Основні завдання БПЛА…….….21

Висновок до розділу ……..28

РОЗДІЛ 2. Сутність ризику та його ідентифікація в інженерно-авіаційній галузі……..29

2.1. Поняття ризику……29

2.2. Ризики під час застосування БПЛА ……...31

2.3. Оцінка ризиків як запорука безпечності……...31

Висновок до другого розділу ……..34

РОЗДІЛ 3. Методика оцінки ризиків у БПЛА……..……..…35

3.1. Визначення ризику в області безпеки польотів ……...35

3.2. Аналізування ризику……...36

3.3. Якісні та кількісні методи оцінки ризику……38

3.4. Найбільш застосовувані методи для оцінювання ризиків у БПЛА……...44

3.5. Практичне застосування методів оцінки ризику у БПЛА……...54

Висновок до третього розділу ……....60

РОЗДІЛ 4 Автоматизована обробка аеронавігаційних даних великої розмірності……..……61

4.1.Обробка аеронавігаційних даних……...……61

4.2.Вхідні дані ……...62

4.3.Візуалізація траєкторних даних у програмному забезпеченні…...…….67

4.4.Інтерполяція траєкторних даних ….……70

Висновки до четвертого розділу……...72

РОЗДІЛ 5 Охорона праці……..…73

5.1. Охорона праці та навколишнього середовища…..……...…73
5.2. Розрахунок освітлення приміщення проектувальника апаратури……75
5.3. Вимоги щодо електробезпеки, обладнання та організації робочого місця..78
5.4. Розрахунок захисного заземлення робочого місця……79
5.5. Державні санітарні норми випромінювання в Україні,
як заходи захисту навколишнього середовища …….....…….84
5.6. Вплив електромагнітного випромінювання на організм люди……..85
5.7. Заходи щодо забезпечення екологічної безпеки…….88
ВИСНОВКИ……..…….89
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ……...…91

ВСТУП

На сьогодні велику увагу у всьому світі приділяють розвитку безпілотних авіаційних систем. Далеко не нова ідея використовувати безпілотники в пошуково-рятувальних операціях, для інформаційної підтримки під час гасіння лісових пожеж, для здійснення постійного авіаційного моніторингу магістральних нафто- і газопроводів, високовольтних ліній електропередачі та інших технічних об'єктів галузі, у військових цілях. Усунення людини з борту літального апарату з метою зберегти життя пілота в небезпечних місцях – їх головне призначення. Крім того, відсутність людини на борту дозволяє здійснювати маневри з великими перевантаженнями, недоступні для пілотованих апаратів.

Сучасні безпілотні авіаційні комплекси – це складні функціональні системи. Під час їх розробки використовують найновіші досягнення в галузі мікроелектроніки, програмування, малогабаритних високоефективних двигунів, композиційних матеріалів та інших складних технологій. Проте аналіз світових тенденцій розвитку безпілотної авіаційної техніки свідчить про підвищення вимог до забезпечення її безпеки не тільки шляхом покращення льотно-технічних характеристик безпілотних літальних апаратів, а також завдяки забезпеченню та зростанню польотного ресурсу шляхом удосконалення інтелекту систем автоматичного управління.

Ризик виникнення несприятливих подій є однією з головних проблем сучасного виробництва та головним критерієм реалізації небезпеки. Заходи, спрямовані на вирішення цих проблем, на сьогодні не є достатньо ефективними через безліч проблем, пов'язаних з економічними, технічними, ресурсними можливостями, а також труднощами в оцінці та прогнозуванні певних процесів в умовах невизначеності, тобто у разі неповноти або неточності інформації.

Дослідження теоретичних та прикладних проблем застосування БПЛА на сучасному етапі розвитку України присвячені роботи вчених: В.П. Бабака, Б.П.

Книша, Б.Ю. Волочія, Л.Д. Озірковського, А.О. Бережного, Т.Ф.Шмельової, О.Є. Луппо, В. В. Білоуса тощо.

Сьогодні ж все більше приділяється уваги своєчасному виявленню ризику та його аналізу, методиці оцінки ризику у авіаційній галузі. Зокрема можна виділити роботи таких авторів, як В. П. Харченко, О.М.Алєксєєв, Р.Н.Квєтний, А.В.Колесник, С.В. Смеляков, П.Г. Бердник, Я. Д. Паранюк, О.Р. Мартинюк та ін.

Багато науковців вивчали дефініції понять «ризик», «оцінка ризику», зокрема А. О. Старостіна, В. А. Кравченко визначили ризик як комбінації подій, їх ймовірності і наслідків, що унеможливлюють досягнення запланованих цілей та врешті негативно позначаються на кінцевому результаті.

Однією з основних проблем використання безпілотних літальних апаратів в Україні і світі є питання оцінки ризиків у безпілотній авіації. У зв’язку з цим існує необхідність з'ясування методики оцінки ризиків у БПЛА і вжиття відповідних заходів, які сприятимуть їх зниженню.

РОЗДІЛ 1
ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ СИСТЕМ

1.1. Поняття про БПЛА

Безпілотний літальний апарат (далі БПЛА) – повітряне судно, керування польотом якого і контроль за яким здійснюються дистанційно за допомогою пункту дистанційного пілотування, що розташований поза повітряним судном, або повітряне судно, що здійснює політ автономно за відповідною програмою [9].

На даний момент безпілотні літальні апарати застосовуються для вирішення різних завдань, які раніше вирішувалися із застосуванням пілотованих літальних апаратів. Перші БПЛА були досить дорогі в експлуатації, але з плином часу у розвитку технологій, вартість експлуатації БПЛА в переважній кількості випадків стала менше, а їх мала в порівнянні з пілотованими літальними апаратами собівартість і відсутність пілота на борту дозволяють їм нести велике корисне навантаження і вирушати на завдання, які мають ризик втрати літального апарату. Спочатку БПЛА пілотував оператором з землі віддалено, але дана схема має свої недоліки, наприклад, неможливість управління в зв’язку з великим віддаленням, особливостями місцевості, недоступністю радіочастот, перешкодами тощо.

Апарати об’єднували поняттям безпілотна авіація – літаки, керування (пілотування) якими здійснюється без пілота, за допомогою приладів різних систем, що засобами радіо (радіолокації, телебачення) подають команди на автопілот. Елементи системи керування містяться поза літаком і можуть бути на землі, на воді і в повітрі, на місці старту, на маршруті польоту і в районі цілі це дуже велика перевага. Для передачі на пункт управління даних, отриманих з бортових сенсорів, у складі БПЛА є радіопередавач, що забезпечує зв’язок з

наземним обладнанням. Залежно від формату зображень та їхнього стискання, регламентованих, наприклад, в STANAG 4609. Перед передаванням з борту БПЛА отриманих зображень високої чіткості їх піддають сегментації.

Ще кілька років тому безпілотні авіаційні системи використовувалися тільки у військовій сфері через високу вартість і немалі розміри обчислювального обладнання. Прогрес зробив крок далеко вперед,зробивши розміри і вартість комп'ютерів меншою у рази, їх продуктивність збільшилася, з'явився цілий клас – мікрокомп'ютери.

Тепер можна створювати не просто радіокеровані недорогі безпілотні літальні апарати, а й БПЛА з повноцінним комп'ютером на борту, який буде керувати ним або, виконуючи команди дані оператором, виконуючи заздалегідь завантажене польотне завдання. Також безпілотні авіаційні системи мають незаперечні переваги перед пілотованими системами – відсутність пілота, невелика ціна у порівнянні з попередніми пристроями і малі розміри, через що вони неминуче зробили крок у розвитку безпілотників [1].

Згідно з п. 23 ст. 1 Повітряного кодексу України [22], безпілотне повітряне судно – це повітряне судно, призначене для виконання польоту без пілота на борту, керування польотом якого і контроль за яким здійснюються за допомогою спеціальної станції керування, що розташована поза повітряним судном. Відповідно до ч. 8. ст. 39, не підлягають реєстрації в Державному реєстрі цивільних повітряних суден України:

1) повітряні судна, зліт яких здійснюється за допомогою ніг пілота (дельтаплани, параплани, мотопараплани тощо);

2) метеорологічні радіозонди та кулі-пілоти, що використовуються суто для метеорологічних потреб;

3) безпілотні некеровані аеростати без корисного вантажу;

4) безпілотні повітряні судна, максимальна злітна вага яких не перевищує 20 кілограмів і які використовуються для розваг та спортивної діяльності [22]. Згідно з вимогами Повітряного кодексу України [22], Положення про

використання повітряного простору України [24], стандартів та рекомендованої практики Міжнародної організації цивільної авіації, з урахуванням законодавства Європейського Союзу, документів Європейської організації з безпеки аеронавігації, розроблено Авіаційні правила «Правила використання повітряного простору України», затверджені наказом Державної авіаційної служби України, Міністерства оборони України від 11 травня 2018 р. № 430/210 [25].

Означеними Правилами встановлено, що польоти безпілотних повітряних суден організовуються та здійснюються згідно з вимогами нормативно-правових актів України в галузі цивільної та державної авіації з дотриманням правил польотів у повітряному просторі України та цих Авіаційних правил. Організацію таких польотів забезпечують користувачі повітряного простору (керівники авіапідприємств, організацій, власники або зовнішні пілоти повітряних суден тощо), що планують або проваджують зазначену діяльність.

Однак, як зазначають фахівці, низку питань щодо польотів БПЛА та їх використання, а саме безпеки, сертифікації БПЛА, відповідальності за порушення правил використання БПЛА, використання повітряного простору України, ефективного державного контролю використання БПЛА, зазначеними законними та підзаконними нормативно-правовими актами не вирішено [11].

1.2.Класифікація видів безпілотних літальних апаратів

БПЛА являють собою пристрої, управління якими здійснюється без екіпажу. Основними складовими БПЛА є: повітряна платформа зі спеціальною системою посадки, силова установка, джерело живлення для неї, система електроживлення, бортове радіоелектронне обладнання (бортове обладнання управління та електронні елементи цільового навантаження). Бортове обладнання складається з бортової електронно-обчислювальної машини або спеціальних процесорів, приймача сигналів радіонавігаційної системи, висотоміра, гіровертикалі, бортової системи зв’язку та передачі даних, рульової

машинки. Для практичного застосування та розробки БПЛА важливим є дослідження питання їх класифікації [33].

Основними класифікаційними ознаками є: за типом системи управління, за масою, за масштабом завдань, за паливною системою, за типом крила, за тривалістю польоту, за практичною стелею польоту, за типом літального апарату, за базуванням, за правилами польотів, за кількістю використань, за типом паливного баку, за радіусом дії, за максимальною швидкістю польоту, за кількістю двигунів, за використанням, за напрямком підйому/посадки, за типом підйому/посадки, за часом одержання зібраної інформації.

Тип системи управління визначає вид БПЛА. Дистанційно пілотовані літальні апарати керуються безпосередньо оператором в межах видимості через наземну станцію. Дистанційно керовані працюють автономно, але можуть керуватися пілотом, який використовує лише зворотній зв'язок через інші підсистеми контролю. Автоматичні літальні апарати виконують попередньо запрограмовані дії. Дистанційно керовані авіаційні системи керуються вбудованими системами.

Маса БПЛА поділяє їх на малорозмірні – до 200 кг, середньорозмірні – 200-2000 кг, великорозмірні – 2000-5000 кг, важкі – більше 5000 кг.

БПЛА за масштабом завдань, які вирішуються, поділяються на тактичні, тобто дальність їх польоту не перевищує 80 км, оперативно-тактичні – до 300 км, оперативно-стратегічні – до 700 км.

Паливна система БПЛА виділяє їх на такі види: монозаправні – одноразова заправка паливної системи, яка виконуються в промислових умовах виробником на заводі, полізаправні – багаторазова заправка, яка може, в свою чергу, бути наземною – виконується на землі, платформна – морська (на борту морського судна) та бортова (на борту пілотованого літального апарату).

БПЛА за типом крила поділяються на фіксовані – літакового (забезпечує швидкість польоту близько 50-60 км/год) та гелікоптерного (забезпечує швидкість польоту близько 100 км/год) типів, плаваючі – використовуються в конвертипланах (дозволяє виконувати вертикальний зліт/посадку і має

можливість фізично повертати двигуни або пропелери на 90 градусів для створення вертикальної підіймальної сили або горизонтальної тягової).

Тривалість польоту БПЛА різна і поділяє їх на малої тривалості – менше 6 год, середньої тривалості – 6-12 год, великої тривалості – більше 12 год.

Практична стеля польоту БПЛА виділяє їх на маловисотні – менше 1 км, середньовисотні – 1-4 км, висотні – 4-12 км, стратосферні – більше 12 км [10].

Літальні апарати (ЛА) за типом поділяються за літаковою аеродинамічною схемою, за гелікоптерною аеродинамічною схемою та легші за повітря (повітряні кулі, аеростати, стратостати, дирижаблі).

БПЛА літакового типу – мають жорстке нерухоме крило, яке створює підйомну силу (рис. 1.1). Завдяки цьому вони легкі в управлінні, стійкі до жорстких погодних умов, мають можливість нести більше корисного навантаження, а також долати великі відстані з меншими енерговитратами.

Сфери їх застосування – доставка невеликих вантажів, моніторинг об’єктів великої протяжності, тривалі місії. Однак він не підходить для виконання місій, у яких необхідна висока точність позиціонування, оскільки завжди повинен бути в русі для створення підйомної сили.

Рис. 1.1 БПЛА літакового типу

БПЛА вертольотного типу – підйомна сила створюється гвинтом або декількома гвинтами (рис. 1.2). Перевагами цього типу є вертикальний зліт і посадка, зависання в повітрі, точного маневрування, але вони мають менший запас енергії і меншу дальність ходу. Дані БПЛА підходять для місій, в яких

необхідна висока точність позиціонування, на кшталт перевірки стану залізниці, трубопроводів, будівель тощо.

Рис.1.2. БПЛА вертольотного типу

Мультироторні БПЛА – такі самі як і БпЛА вертольотного типу, але має більше несучих гвинтів (3, 4, 6, 8) (рис. 1.2). При цьому вони мають практично такі ж якості як гвинтокрилі, проте набагато стійкіше, більш маневрені і легкі в керованості. Призначенням мультироторних БПЛА є місії, що вимагають особливої точності [1].

Рис. 1.3. Мультироторний БПЛА

БПЛА за базуванням поділяються на наземні, які пересуваються по земній поверхні, морські, орієнтовані на роботу у водному середовищі, та космічні, орієнтовані на вихід у космос.

БПЛА згідно з правилами польотів поділяються на візуальні, якщо вони знаходяться і виконують політ в межах видимості пілота, який керує і контролює їх в світлий час доби (5 км); приладовий, якщо політ виконується в автоматичному режимі не лише в межах видимої зони, але й в сліпих зонах в темний час доби (понад 150 км); візуально приладовий, коли під час польоту використовуються візуальні та приладові прийоми (5 – 150 км).

БПЛА за кількістю використань поділяються на одноразові, якщо не передбачена система посадки, та багаторазові, які використовуються велику кількість разів (понад 10 разів) і можуть вирішувати різні задачі.

Тип паливного баку БПЛА є важливою конструкторською характеристикою, що визначає базові літальні апарати, які мають основний паливний бак, та базово-резервні – мають основний та резервний паливні баки.

Радіус дії БПЛА варіюється в широких межах. Виділяють п’ять основних видів: ближнього радіусу дії – до 40 км, малого – до 70 км, середнього – до 300 км, дальнього – до 1500 км, великої дальності польоту – не менше 1500 км.

За максимальною швидкістю польоту БПЛА поділяються на замало швидкісні – до 100 км/год, малошвидкісні – від 100 до 300 км/год, середньошвидкісні – від 300 до 600 км/год, надзвукові – перевищують швидкість звуку до 5 разів.

БПЛА за кількістю двигунів поділяються на однодвигунні, дводвигунні, багатодвигунні, бездвигунні. БПЛА широко використовуються в усіх сферах людської діяльності, які в загальному можна поділити на: військові та цивільні.

БПЛА за напрямком підйому/посадки поділяються на горизонтальні та вертикальні.

За типом підйому/посадки: мультипідйомні/спускові, аеродромні, палубні, водні.

БПЛА за часом одержання зібраної інформації: у масштабі реального часу, періодично в ході сеансів зв’язку, після посадки [10]. Класифікація відомих БПЛА наведена в табл. 1 [33].

Таблиця 1.1

Класифікація безпілотних літальних апаратів

Ознака	**Види**
За масштабом завдань, що вирішуються	• Тактичні • Оперативно-тактичні • Оперативно-стратегічні
За масою	• Малорозмірнім • Середньорозмірні • Великорозмірні • Важкі
За тривалістю польоту	• Малої тривалості • Середньої тривалості • Великої тривалості
За практичною стелею польоту	• Маловисокі • Середньовисокі • Висотні • Стратосферні
За типом літального апарату	• За літаковою аеродинамічною схемою • За гелікоптерною аеродинамічною схемою • Легші за повітря
За базуванням	• Наземні • Морські • Космічні
За використанням	• Військові • Цивільні (державні, приватні, комерційні) • Антитерористичні
За типом системи керування	• Дистанційно пілотовані • Дистанційно керовані • Автоматичні • Дистанційно керовані авіаційною системою

Закінчення таблиці 1.1

Ознака	**Види**
За правилами польоту	• Візуальні • Приладові • Візуально-приладові
За типом крила	• Фіксовані • Плаваючі
За напрямком	• За напрямком підйому (горизонтальні, вертикальні, мультипідйомні) • За напрямком посадки (горизонтальні, вертикальні, парашутні, мачтові, безпосадкові, мультиспускові)
За типом	• За підйомом (аеродромні, запускні, палубні, водні, ручні, нетипово підйомні, мультипідйомні) • За посадкою (аеродромні, точкові, палубні, водні, безпосадкові, нетипово посадкові, мультипосадкові)
За паливною системою	• Монозаправні • Полізаправні (наземна, платформна (морська, бортова))
За типом паливного бака	• Базові • Базово-резервні
За кількістю використань	• Одноразові • Багаторазові
За радіусом дії	• Ближнього радіусу • Малого радіусу • Середнього радіусу • Дальнього радіусу • Великої дальності польоту

Також існує велика кількість класифікацій безпілотних літальних апаратів залежно від різних критеріїв [3, 5].

Варто зазначити, що єдиної систематики БПЛА не існує, тому класифікації різних фахівців щодо маси, розмірів тощо можуть відрізнятися.

1.3.Основні завдання БПЛА

Спектр завдань, що вирішуються із застосуванням БПЛА, є досить широким. Під час ведення розвідки (спостереження) БПЛА розв’язують такі із них, як: збирання інформації в інтересах попередження, прогнозування і виявлення НС; спостереження за станом об’єктів; розвідка стану об’єктів та інформаційна підтримка під час ліквідації НС; контроль за результатами ліквідації НС; збирання інформації для оцінювання збитків від НС тощо.

Для виконання завдань розвідки (спостереження) використовуються різноманітні технічні засоби: видова апаратура (прим. з формуванням зображення об’єктів) видимого діапазону (RGB-камери); видова апаратура інфрачервоного діапазону; радіолокаційні станції із синтезованою апертурою; багатоспектральна апаратура; газодатчики, радіаційна апаратура тощо, а також їх комбінації (рис. 1.4).

Рис. 1.4. БПЛА для виконання завдань розвідки

Реалізація функції цілевказання здійснюється шляхом вирішення завдань передавання з борта БПЛА даних у масштабі реального часу про об’єкти, на яких необхідно ліквідувати НС (на яких ліквідується НС).

Функція відновлення та ретрансляції зв’язку виконується шляхом розв’язання завдань відновлення функціонування лінії зв’язку, збільшення дальності дії управління БПЛА та ретрансляції даних з борта БпЛА в умовах відсутності прямого зв’язку з використанням спеціальної апаратури зв’язку, що встановлюється на БПЛА, ретрансляції інформаційних повідомлень населенню.

Функція локального підсвічування в темний час доби реалізується безпілотником зі встановленим на ньому прожектором, тобто використовується як джерело світла, щоб пошуково-рятувальна команда могла побачити стан об’єкта чи місце, де знаходиться людина [17].

З огляду на можливість радіаційного, хімічного та біологічного зараження місцевості під час НС визначається необхідність ведення радіаційної, хімічної та біологічної розвідок.

Для виконання завдань моніторингу потенційно небезпечних зон, виявлення радіаційної, хімічної та біологічної небезпек чи загроз, ідентифікації отруйних речовин, ідентифікації біологічних засобів, попередження та визначення місця розташування небезпек і загроз на БПЛА встановлюється апаратура радіаційної, хімічної та біологічної розвідок або використовуються одноразові безпілотні апарати (рис. 1.4).

Проведення протимінних робіт (рис. 1.5). На БПЛА покладаються такі завдання: виявлення та встановлення місця розташування мінних полів і окремих мін із повітря; виявлення та встановлення місця розташування вибухонебезпечних об’єктів.

Рис. 1.5. Варіант безпілотника для виявлення мін

Безпілотники активно застосовуються під час гасіння пожеж (рис. 1.6).

Рис.1.6. Безпілотники для гасіння пожеж

За їх допомогою здійснюється виявлення людей у приміщеннях будівлі під час ліквідації пожеж; вони застосовуються для гасіння локальної пожежі у важкодоступних місцях, а також для гасіння пожеж в умовах висотних будівель (рис. 1.7).

Рис.1.7. Безпілотники для гасіння пожеж

Важливою функцією БПЛА вважається транспортування вантажів у зону НС:

- доставка медичних препаратів у важкодоступні місця для надання оперативної медичної допомоги;
- доправлення продуктів харчування і необхідних речей у важкодоступні місця під час НС;
- доставка обладнання для рятування та засобів рятування на воді, інших необхідних засобів (канати, захисні речі тощо) (рис. 1.8).

Рис.1.8. Безпілотники для транспортування вантажів

Функція протидії аматорським БПЛА потребує обов’язкової реалізації, що зумовлена світовою статистикою шкоди з боку аматорських безпілотників під час ліквідації надзвичайних ситуацій [16].

Для протидії аматорським БПЛА можуть використовуватись, наприклад, антиБПЛА із сіткою (рис. 1.9), якою захоплюється приватний безпілотник.

Рис. 1.9. АнтиБПЛА із сіткою

Іншим способом протидії є, наприклад, збиття безпілотників шляхом використання удару звукової хвилі по гіроскопам безпілотника. Треба лише підібрати відповідну резонансну частоту, гіроскоп увійде в резонанс і почне видавати показання, які, як підтверджують проведені зарубіжними фахівцями експерименти, призводять до аварії БПЛА.

Важливим варіантом у використанні БПЛА є їх залучення як для авіаційного, так і для загального процесу пошуку й рятування з метою виявлення місць катастрофи повітряного судна, розташування людей (тварин), які підлягають рятуванню в умовах НС, інформація про які передається на встановлені пункти її приймання, а також оперативної доставки засобів рятування до осіб, які підлягають рятуванню [17].

Чималу допомогу надають БПЛА в агрогалузі. Ідеться про спостереження за станом рослин на різних фазах їх розвитку. Це і оцінка забур’яненості,

захворюваності та ураження шкідниками, визначення забезпеченості рослин елементами живлення та водою. Сюди ж можна віднести спостереження за станом ґрунту, тобто дані високоточних зйомок використовують для побудови ґрунтових карт, оцінки неоднорідності ґрунтового покриву за кількістю гумусу та забезпеченості елементами живлення, для моніторингу ґрунтових деградаційних процесів і загалом будь-яких процесів, що відбуваються на досліджуваній ділянці.

Обмір полів, візуальні і NDVI мапи, карти внесення добрив і ЗЗР, безпосередньо внесення добрив і засобів захисту рослин, внесення трихограми, — усе це та багато іншого здатні робити сьогодні безпілотники.

Кінематографія. Безпілотники в даний час використовуються різними кінематографістами для забезпечення аерофотозйомок, як ніколи раніше, забезпечуючи новий рівень творчості з висоти пташиного польоту.

Туризм. Безпілотники також можна використовувати для захоплення приголомшливих краєвидів, включаючи вид пташиного польоту. Це може бути використано для залучення туристів та просування туристичних місць та визначних місць, що покращує загальну туристичну галузь (рис. 1.10).

Комерційна реклама. Дрони також використовуються в комерційній рекламі, оскільки їх можна використовувати для зйомки (зйомки) сцени з якістю високої чіткості (HD) і протягом певного періоду часу. Це зменшує потребу у дорогому обладнанні та взаємодії людей.

Рис.1.10. БПЛА для аерофотозйомок

Підводні/морські цілі. Підводні безпілотники або безпілотні океанічні транспортні засоби зафіксували все більше використання підводних пошуково-рятувальних операцій, збору екологічних та прибережних даних та виявлення, моніторинг морської фауни.

Сфера послуг. Зовсім скоро світом поширяться дрони-офіціанти, які вже працюють в лондонському ресторані Yo Sushi (рис. 1.11).

Рис. 1.11. Дрони-офіціанти

Використання в правоохоронних структурах. Безпілотники використовуються для відстеження підозрюваних за допомогою повітряного спостереження (рис. 1.12). Це виявилося дешевшим і більш маневреним, ніж вертоліт. Насправді, безпілотники незабаром матимуть здатність утримувати виявлення тепла, руху та нічного бачення, які можна використовувати для відстеження підозрюваних у будь-який час доби. Крім того, безпілотники можуть бути використані для підвищення ефективності руху, пропонуючи швидку реакцію та ідентифікацію дорожніх умов. Це допомагає уникнути заторів та реагувати на дорожньо-транспортні пригоди чи надзвичайні ситуації. Більше того, ці безпілотники можуть використовуватися для цілей спостереження, з можливістю виявляти підозрілі цілі, приховані в суспільних доменах, що виявилося більш гнучким, ніж стаціонарні камери. Причина

пов’язана з їх здатністю ідентифікувати та розпізнавати підозрюваних за їх зростом, розміром та розпізнаванням обличчя, а отже, дуже ускладнює підозрюваним ховатися на публіці.

Рис.1.12. Дрони-поліцейські

В результаті автономного та експлуатаційного характеру безпілотників, вони ставали дедалі більш пристосованими та працездатними. Це зменшує та замінює використання вертольотів, зменшуючи час відгуку та необхідні ресурси.

Висновок до першого розділу

Безпілотні комплекси останніми роками переживають період бурхливого розвитку. Видалення людини з борту літального апарату з метою зберегти життя пілота в небезпечних місіях - основний сенс подібних систем. Крім того, відсутність людини на борту дозволяє здійснювати маневри з великими перевантаженнями, недоступні для пілотованих апаратів. На даний момент в світі існують сотні безпілотних авіаційних систем різних типів і класів - від мініатюрних, розмір яких всього декілька десятків сантиметрів, до багатотонних стратегічних апаратів з розмахом крила, як в авіалайнера. Участь в пошуково-рятувальних операціях, інформаційна підтримка в ході гасіння лісових пожеж - ось лише небагато з тих завдань, які можуть з успіхом вирішувати безпілотні системи.

РОЗДІЛ 2.
СУТНІСТЬ РИЗИКУ ТА ЙОГО ІДЕНТИФІКАЦІЯ В ІНЖЕНЕРНО-АВІАЦІЙНІЙ ГАЛУЗІ

2.1. Поняття ризику

Нині серед науковців немає однозначного розуміння сутності ризику. У загальному розумінні ризик – це потенційна, чисельно вимірна можливість втрати. Ризиком є також невизначеність, пов'язана з імовірністю настання в ході реалізації проєкту несприятливих ситуацій і наслідків. Незважаючи на багатоаспектність цього явища, необхідно зазначити практично повне ігнорування господарським законодавством ризику в реальній економічній практиці й управлінській діяльності.

Ризик – це складне явище, що обумовлює можливість декількох визначень понять ризику, висловлених із різних поглядів. Під ризиком розуміють об'єктивно-суб'єктивну категорію, пов'язану з подоланням невизначеності та конфліктності в ситуації неминучого вибору. Ризик відображає міру (ступінь) відхилення від цілей, від бажаного очікуваного результату, міру невдачі (збитків) з урахуванням впливу керованих і некерованих чинників, прямих та зворотних зв'язків стосовно об'єкта керування.

Деякі науковці під ризиком розуміють загрозу втрати підприємством частини своїх ресурсів, недоотримання доходів або появи додаткових витрат у результаті здійснення конкретних видів діяльності.

Можна розглядати ризик як діяльність, пов'язану з подоланням невизначеності, в процесі якої є можливість кількісно та якісно оцінити ймовірність досягнення запланованого результату, невдачу чи відхилення від мети.

Також у загальному випадку можна визначити ризик як можливість або загрозу відхилення результатів конкретних рішень чи дій від очікуваного.

Під ризиком розуміють комбінацію подій, ймовірності цієї події і наслідків, що унеможливлюють досягнення запланованих цілей та в остаточному підсумку негативно позначаються на результаті.

Рішення вважають ризиковим або невизначеним, якщо воно має кілька можливих результатів. При оцінюванні ефективності проекту розглядають такі ситуації, коли всі можливі наслідки будь-якого ризикованого рішення відомі чи їх можна передбачити, а отже, розрахувати можливий результат від будь-якої зміни ситуації [21].

Ризик – явище багатогранне і має такі властивості:

- є характеристикою майбутніх станів об'єкта;
- пов'язаний з випадковими подіями та явищами;
- прояв ризику – умовне подія.

Етап ідентифікації ризику, який не є можливим без з'ясування джерел та факторів ризику, є одним із початкових кроків управління ризиком та визначає якість рішень, що приймаються надалі, попри попередньо незначну увагу науковців, безсумнівно, має бути дослідженим. Часто під поняттям ризик розуміють не тільки ймовірність, а і події та об'єкти, що призводять до втрат і збитків. Тому поняття ризик розглядається в таких аспектах: як ймовірність нанесення збитків; як певна подія чи сукупність подій; як певний об'єкт прояву. Оцінюється ризик, зазвичай, математичними методами із застосуванням теорії ймовірності [32].

Яким повинен чи, вірніше, може бути ризик? Чи можуть цифри, що визначають в тому чи іншому випадку допустимий ризик, бути меншими і що для цього необхідно зробити? У світовій практиці прийнято користуватися принципом ALARA (As Low As Reasonably Achievable*): "Будь-який ризик повинен бути знижений настільки, наскільки це є практично досяжним або ж до рівня, який є настільки низьким, наскільки це розумно досяжне"* [6].

2.2. Ризики під час застосування БПЛА

Практичний досвід інженерно-авіаційного забезпечення застосування авіації, а також аналіз втрат пілотованих та безпілотних літальних апаратів засвідчив нагальну необхідність урахування ризиків, які виникають під час виконання БПЛА завдань. Чинниками, які підвищують актуальність вивчення проблеми організації управління ризиками під час застосування безпілотних авіаційних систем є багатогранність форм прояву ризику, неможливість абсолютного уникнення його ймовірності, відсутність універсальних засобів мінімізації ризику та втрат.

У “Рекомендаціях з оборонного планування на основі спроможностей в Міністерстві оборони України та Збройних силах України”, затверджених Міністром оборони України 13 червня 2017 р. [28], у яких ризик визначається як “імовірна подія, чи їх низка, яка/які у разі виникнення можуть вплинути на досягнення цілі”.

Ідентифікація ризиків передбачає визначення та класифікацію ризиків за категоріями та видами, а також систематичний перегляд ідентифікованих ризиків з метою виявлення нових та/або таких, що зазнали змін. За категоріями ризики поділяються на зовнішні, ймовірність виникнення яких не пов’язана з виконанням підрозділом (частиною) пілотованої або безпілотної авіації бойових завдань, та внутрішні, ймовірність виникнення яких безпосередньо пов’язана з виконанням покладених на них бойових завдань [27].

2.3. Оцінка ризиків як запорука безпечності

Одним з важливих показників безпечності експлуатації БПЛА, є оцінка рівня ризику. Оцінка ризику регламентується рядом міжнародних стандартів та необхідна, насамперед, на етапі системотехнічного проєктування. Крім стандартів, експлуатація БПЛА цивільного призначення регламентується рядом кодексів та наказів України [23].

Основною метою оцінки ризику є своєчасне виявлення небезпек для напрацювання, обґрунтування і реалізації проєктних рішень щодо їх усунення або зменшення їх наслідків.

Відповідно до нормативних документів [23] аварійною ситуацією або авіаційною подією називається - подія, пов'язана з експлуатацією повітряного судна, яка відбувається у разі безпілотного повітряного судна з часу, коли повітряне судно готове рушити з місця для виконання польоту, до часу його зупинки після завершення польоту та вимкнення головної силової установки, під час якої:

а) будь-яка особа отримала тілесне ушкодження зі смертельним наслідком або тілесне ушкодження внаслідок безпосереднього контакту з будь-якою частиною повітряного судна, зокрема частиною, що відділилася від повітряного судна;

б) повітряне судно зазнає пошкодження або відбувається руйнування його конструкції, у результаті чого: порушується міцність конструкції, погіршуються технічні чи льотні характеристики повітряного судна, та звичайно потребується значний ремонт або заміна пошкодженого компонента повітряного судна, за винятком відмови чи пошкодження двигуна, коли пошкоджено лише один двигун (зокрема його капоти чи допоміжні агрегати), повітряні гвинти, закінцівки крила, антени, датчики, лопатки, пневматики, гальмівні пристрої, колеса, обтічники, панелі, стулки шасі, лобове скло, обшивка повітряного судна (наприклад, незначні вм'ятини чи пробоїни) або виникли незначні пошкодження лопатей несучого гвинта, лопастей хвостового гвинта, шасі та пошкодження, що викликані градом чи зіткненням з птахами (у тому числі пробоїни в обтічнику антени радіолокатора);

в) повітряне судно зникає безвісти чи опиняється в місці, де доступ до нього абсолютно неможливий.

Згідно зі стандартами, термін функціональна безпечність визначається, як частина загальної безпечності, котра відноситься до обладнання, яке перебуває під контролем, та систем контролю, і залежить від правильності функціонування

електричних, електронних, електронних програмованих систем, пов'язаних з безпечністю; систем забезпечення заданого рівня безпечності, яка реалізована на інших технологіях; зовнішніх засобів зменшення ризиків. Функціональна безпечність виконує дві основні функції.

Перша функція - реалізація процесів функціонування так, щоб унеможливити перехід системи або її складових підсистем в потенційно небезпечний стан.

Друга функція полягає в забезпеченні заходів щодо блокування або вимкнення системи у разі небезпеки переходу системи у аварійний стан із подальшим зменшенням наслідків від такого переходу та самої аварії.

Вважається, що абсолютної безпечності не існує - навіть після прийняття захисних рішень, все одно буде існувати певний рівень ризику. Згідно зі стандартом, ризик - це поєднання ймовірності події та її наслідків. В окремих випадках ризик обумовлений можливістю відхилення від очікуваного результату або події. Ризик являє собою ймовірність небезпеки функціонуванню системи і навколишньому середовищу, а також важкості нанесеної шкоди [20].

Безпека повітряного руху з метою зберегти життя людини є необхідною умовою під час проєктування будь-якої авіаційної техніки. Показником безпеки повітряного руху є можливість ризику. Основне місце в системі прийняття рішень під час контролю й керування повітряним рухом посідає виявлення потенційно конфліктних ситуацій.

На сьогодні відома велика кількість підходів і методів виявлення конфліктних ситуацій, розроблених як для бортових систем управління польотом, так і для наземних пунктів керування повітряним рухом.

Проте наявні системи уникнення ризиків для безпілотних літаків не дозволяють вирішити найбільш нагальні проблеми, які стоять перед світовою авіацією. Вони не дають точних алгоритмів і не можуть оцінити усі ризики. Тому актуальним є завдання розробки таких засобів і методик, які дозволили б вирішити наявні проблеми, або максимально їх мінімізувати.

Зменшення конфліктних ситуацій – це не тільки технічне завдання, це завдання, яке пов’язане з безпекою людей.

Зокрема, система уникнення зіткнення для безпілотних літаків повинна допускати ризик зіткнення лише один випадок на мільярд. Тому, оскільки головною проблемою під час розробки алгоритмів уникнення зіткнення безпілотних літаків є забезпечення безпеки іншим літальним засобам, особливо пілотованим літакам, а також літакам, які перевозять пасажирів, головним завданням під час розробки таких підходів є оцінка ризику [7].

Безпека польотів є безумовною вимогою, яка в першу чергу забезпечується витримуванням мінімумів ешелонування. Показником безпеки є ризик виникнення конфліктних ситуацій. При розв’язанні конфліктної ситуацій критерій безпеки є обмеженням, яке накладається на можливі керування. Системи розв’язання конфліктних ситуацій повинні забезпечувати вибір надійного рішення по усуненню конфлікту, тобто синтезувати такі безконфліктні траєкторій польоту, які можуть бути реалізовані літальними апаратами (ЛА) [14].

Висновок до другого розділу

У цьому розділі, з метою ідентифікації конфліктних ситуацій, ризиків, прийнято визначення основних понять. На сьогодні немає однозначного розуміння сутності ризику. Насамперед це пояснюється багатоаспектністю цього явища. Крім того, ризик це складне явище, що має безліч незбіжних, а іноді протилежних реальних основ. Це обумовлює можливість існування великої кількості визначень поняття “ризик” з різних поглядів. Ризик проявляється у всіх сферах діяльності людини, не є винятком і авіаційна галузь.

РОЗДІЛ 3.
МЕТОДИКА ОЦІНКИ РИЗИКІВ У БПЛА

3.1. Визначення ризику в області безпеки польотів

Повітряним кодексом України визначається, що безпека польотів це стан, за якого ризик шкоди чи ушкодження обмежений до прийнятного рівня [22]. В Україні діють національні та міжнародні стандарти, що визначають питання управління ризиком [15, 18, 19.] Концепція УР, що зазначена в цих документах, широко застосовуються у різних галузях: в економіці, виробництві, сільському господарстві, атомній енергетиці тощо.

Методи управління ризиками зайняли особливе місце в підходах до оцінювання ризику в питаннях безпеки польтів. У міжнародному стандарті ISO 31000 “Riskmanagement – Guidelines” [15] дається основне визначення ризику як впливу невизначеності на цілі. Крім того, наводиться визначення, що ризик – це комбінація наслідків подій (включаючи зміни в обставинах) та пов’язаної з ними ймовірності подій:

$R = \{P_i, H_i\}$,

де P_i – імовірність виникнення і-ї події,

H_i – середній збиток (тяжкість) від і-ї події.

Ризик в області безпеки польотів визначено як передбачувана ймовірність і серйозність наслідків або результатів небезпеки [12].

Однак, попри все, у нормативних документах, що визначають організацію льотної роботи в державній авіації України методики визначення або розрахунку існуючих ризиків у сфері безпеки польотів не існує. Командир приймає рішення спираючись винятково на власний досвід та інтуїцію. Це, зі свого боку, негативно позначається на якості процесів прийняття рішень з питань БзП.

3. 2.Аналізування ризику

Загальне оцінювання ризику – це та частина управління ризиком, яка дає можливість мати командиру прийняття рішення в умовах визначення негативних (або небезпечних) факторів, що впливають (можуть вплинути) на виконання поставленого завдання та їх наслідки. Це логічний процес зважування потенційних витрат (втрат) через ризики у порівнянні з очікуваними вигодами (метою у поставленому завданні). Під час загального оцінювання ризику намагається відповісти на питання:

- що може трапитись і чому?
- якими можуть бути наслідки?
- якою є ймовірність їх виникнення у майбутньому?
- чи існують чинники, що пом’якшують наслідки ризику або знижують ймовірність його настання?
- чи є рівень ризику допустимим або прийнятним і чи треба буде його враховувати у майбутньому?

Алгоритм прийняття рішення під час оцінювання ризику наведено на рис. 13. Під час аналізу ризику ОПР визначає чинники, що впливають на наслідки і ймовірність. Подія може мати багато наслідків та навпаки – до однакових наслідків можуть призвести різні події.

У результаті проведення аналізу ризику виходить картина:

- можливих ризикових подій;
- імовірність їхнього настання;
- наслідків;
- оцінювання ризиків за допомогою спеціальних методів.

Після порівняння отриманих значень ризиків із гранично припустимими розробляється стратегія керування ризиком, і на цій основі – пропонуються міри запобігання та зменшення ризику.

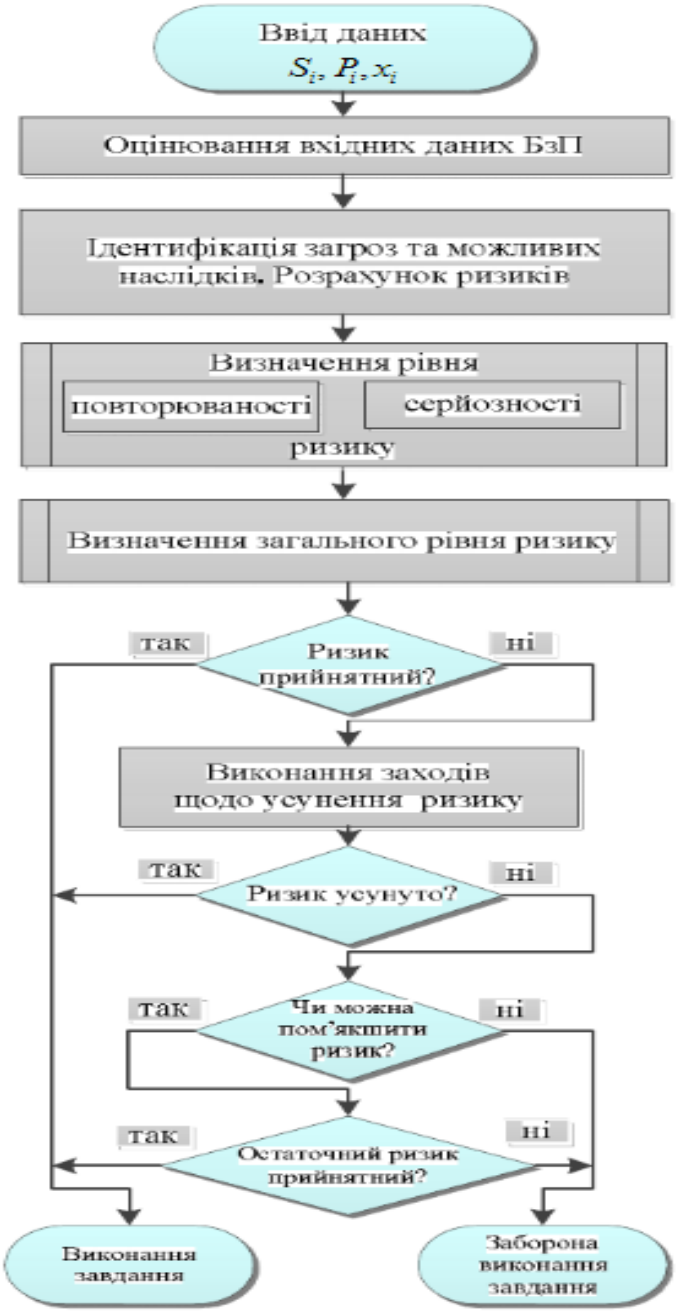

Рис.3.1. Алгоритм прийняття рішення під час оцінювання ризику

Аналізування ризику зазвичай передбачає кількісне оцінювання низки потенційних наслідків, які можуть виникати за настанням події, а також пов'язаних з ними ймовірностей, з тим щоб виміряти рівень ризику у конкретних одиницях. Наслідки можуть оцінюватися як якісно, так і кількісно (в тих випадках, коли збитки можна підрахувати в грошовому еквіваленті). Крім того, наслідки впливів можуть бути:

- незначні, але з великою ймовірністю;

- значні, але з малою ймовірністю;
- проміжний випадок [12].

3.3. Якісні та кількісні методи оцінки ризику

Підходи, засновані на аналізі ризиків широко використовуються в економічних розрахунках, під час проектування інвестиційної діяльності, в сфері страхування. Якщо спробувати систематизувати велику кількість методів і моделей аналізу ризиків, що можуть використовуватися для оцінки втрат від НС, усі методи можна поділити на **якісні та кількісні**.

Детерміновані

Якісні:

1. «Що буде, якщо…?» (What – If?), перевірочний лист (Check – List) або їх комбінація. Ці два методи є найбільш простими, дешевими і ефективними при дослідженні добре вивчених об'єктів з відомою технологією або об'єктів з незначним ризиком великої аварії.

2. Попередній аналіз небезпеки (Process Hazard and Analysis) (PHA) це індуктивний метод аналізу, метою якого є ідентифікація небезпек, які можуть завдати шкоди діяльності, об'єкту тощо.

3. «Аналіз вигляду і наслідків події» (Failure Mode and Effects Analysis) (FMEA) – особливістю є розгляд кожного апарату (блоку, вироби, устаткування) або його частини ще до моменту несправності (вид або причина відмови) і яким був би вплив відмови на систему.

4. Аналіз помилкових дій (Action Errors Analysis) (AEA) моделювання умов і обставин скоєння помилкових дій, тобто відтворення всієї послідовності та умов діяльності або, при неможливості цього, відтворення операціональної структури або власне психологічного змісту досліджуваної версії дій.

5. Концептуальний аналіз ризику (Concept Hazard Analysis) (CHA).

6. Концептуальний огляд безпеки (Concept Safety Review) (CSR).

7. Аналіз людських помилок (Human Hazard and Operability) (Human HAZOP) структурований і систематичний огляд планованого або існуючого

процесу або діяльності з метою виявлення й оцінювання проблем, які можуть становити небезпеку для персоналу або обладнання, або перешкоджати ефективній роботі.

8. Аналіз впливу людського чинника (Human Reliability Analysis) (HRA) залежність працездатності людини від багатьох факторів, таких як вік, душевний стан, фізичне здоров'я, стосунки, емоції, схильність до певних загальних помилок

9. Логічний аналіз.

Кількісні:

1. Ранжирування (експертні оцінки).

2. Методика визначення і ранжирування ризику (Hazard Identification and Ranking Analysis HIRA) виявлення і аналіз небезпек, їхніх масштабів, наслідків та ідентифікація небезпек, оцінка ризиків і контроль для ефективного управління небезпеками.

3. Аналіз вигляду, наслідків і критичності події (Failure Mode, Effects and Critical Analysis) (FMECA) застосовується для аналізу проектів складних технічних систем або при модифікації небезпечних виробництв.

4. Кількісне визначення впливу людського чинника (Human Reliability Quantification) (HRQ) сукупність засобів аналізу частот у сфері впливу людини на показники роботи системи, за допомогою яких визначається вплив помилок людини на надійність транспортних засобів.

5. Методика аналізу ефекту доміно (Methodology domino effects analysis) каскадний розвиток дорожньо-транспортних пригод.

6. Методика визначення та оцінки потенційного ризику (Methods potential risk determination and evaluation) процес кількісної оцінки рівня ризику, пов'язаного з конкретною небезпекою.

Імовірнісно-статистичні

Якісні:

1. Карти потоків.

2. Причини послідовності нещасних випадків (Accident Sequences Precursor) (ASP) визначення події-попередника аварійної послідовності ДТП.

3. Експертне оцінювання.

4. Метод аналогій для визначення сценаріїв розвитку аварій.

Кількісні:

1. Контрольні карти.

2. Аналіз дерева подій (Event Tree Analysis) (ETA) сукупність засобів ідентифікації небезпек і частот, в яких застосовується індуктивний підхід з метою переведення ініціюючих подій у можливі виходи (алгоритм побудови послідовності подій, що виходять з основного).

3. Аналіз дерев відмов (Fault Tree Analysis) (FTA) сукупність засобів ідентифікації небезпек та аналізу частоти НП, за допомогою яких визначаються шляхи їхньої реалізації.

4. Оцінка ризику мінімальних шляхів від ініціюючого до основної події (Short Cut Risk Assessment) (SCRA).

5. Дерево рішень.

6. Бальні оцінки.

7. Суб’єктивні оцінки вірогідності небезпечних наполягань.

8. Узгодження групових рішень на підставі коефіцієнтів конкордації, побудова узагальнених ранжувань.

9. Методи попарних порівнянь.

В умовах невизначеності нестатичної природи

Якісні:

1. Метод аналізу небезпеки і працездатності (Hazard and Operability Study) (HAZOP) проводиться дослідження саме впливу технологічних параметрів (температура, тиск тощо), а також відхилення від регламентованих режимів із погляду виникнення небезпеки.

2. Методи, засновані на розпізнаванні образів (нечітка логіка).

Кількісні:

1. Методи прогнозування порушень, відмов (нейронні мережі прямого розповсюдження, рекурентні), оперативного управління безпекою руху.

2. Методи, засновані на розпізнаванні образів для ідентифікації передаварійних ситуацій (нейронні мережі адаптивного резонансу).

Комбіновані

Якісні:

1. Логіко-графічні методи аналізу ризику.

2. Аналіз максимальної можливості виникнення нещасного випадку (Maximum Credible Accident Analysis) (MCAA) оцінка нещасних випадків із максимальним потенційним збитком, який досі вважається ймовірним.

3. Блок-схема надійності (Reliability Block Diagram) (RBD) оцінка надійності системи й аналіз наявності великих і складних систем, використовуючи блок-схеми, щоб показати мережеві відносини.

4. Аналіз безпеки (Safety Analysis) (SA) процес вивчення необхідності та ефективності дій, процедур або приладів, призначених для зниження ризику виникнення або травми, втрати та небезпеку для людей.

5. Аналіз надійності структури (Structural Reliability Analysis) (SRA) визначення ймовірностей відмови.

6. Таблиці полягань і аварійних поєднань.

Кількісні:

1. Повний аналіз ризику – методика оптимального аналізу ризику (Optimum Risk Analysis) (ORA) комплексний підхід до вибору оптимального методу аналізу ризику.

2. Метод організованого систематичного аналізу ризику (Method Organised Systematic Analysis Risk) (MOSAR).

3. Кількісна оцінка ризику (Quantitative Risk Assessment) [32].

У ДСТУ IEC/ISO 31010:2013 визначено близько 30 різноманітних методів загального оцінювання ризиків. Усі вони мають різні можливості, сфери застосування. І тільки 21 з них здатні обчислювати ризик (якісно або кількісно). Нижче вони наведені в таблиці 3.1 [29].

Таблиця 3.1

Застосування інструментів оцінки ризику

Інструменти та методики	Процес оцінки ризику				
	Ідентифікація ризику	Аналіз ризику			Обчислення ризику
		Наслідок	Імовірність	Рівень	
Мозковий штурм	SA	NA	NA	NA	NA
Структуровані та напів структуровані інтерв'ю	SA	NA	NA	NA	NA
Метод Дельфі	SA	NA	NA	NA	NA
Контрольні листи	SA	NA	NA	NA	NA
Попередній аналіз небезпек (ПАН)	SA	NA	NA	NA	NA
Дослідження небезпек та працездатності (HAZOP)	SA	SA	A	A	A
Аналіз небезпек	SA	SA	NA	NA	SA
Оцінка екологічного ризику	SA	SA	SA	SA	SA
Структура «Що якщо?» (SWIFT)	SA	SA	SA	SA	SA
Аналіз сценаріїв	SA	SA	A	A	A
Аналіз впливу на бізнес	A	SA	A	A	A
Аналіз корінних причин	NA	SA	SA	SA	SA
Аналіз видів та наслідків потенційних відмов	SA	SA	SA	SA	SA
Аналіз дерева відмов	A	NA	SA	A	A
Аналіз дерева подій	A	SA	A	A	NA
Аналіз причини/ наслідку	A	SA	SA	A	A

Закінчення таблиці 3.1

Причинно-наслідковий аналіз	SA	SA	NA	NA	NA
Аналіз рівнів надійності засобів захисту (LOPA)	A	SA	A	A	NA
Дерево рішень	NA	SA	SA	A	A
Аналіз людської надійності	SA	SA	SA	SA	A
Аналіз «метелика»	NA	A	SA	SA	A
Надійність центрів обслуговування	SA	SA	SA	SA	SA
Аналіз паразитних контурів	A	NA	NA	NA	NA
Аналіз Маркова	A	SA	NA	NA	NA
Імітаційне моделювання методів Монте-Карло	NA	NA	NA	NA	SA
Байєсовська статистика та мережі Байеса	NA	SA	NA	NA	SA
Криві FN	A	SA	SA	A	SA
Індексація ризиків	A	SA	SA	A	SA
Матриця наслідків/ ймовірності	SA	SA	SA	SA	A
Аналіз затратів/ вигоди	A	SA	A	A	A
Аналіз рішення за декількома ознаками (MCDA)	A	SA	A	SA	A
SA - Застосовується в обов'язковому порядку, NA - Не застосовується, A - Застосовується					

Існуючі методи і математичні моделі, які використовуються для оцінки ризику БзП в цивільній авіації, умовно можна розділити на чотири групи:

1) моделі ризику зіткнення, які використовуються при плануванні повітряного руху;

2) моделі ризику відповідальності перед третіми особами, що використовуються для визначення небезпечних зон навколо аеродромів;

3) моделі помилок персоналу;

4) причинно-наслідкові або каузальні моделі.

Математичні моделі першої та другої груп застосовуються для визначення мінімумів ешелонування при плануванні повітряного простору. Класичний підхід до кількісної оцінки помилкових дій персоналу ґрунтується на оцінці ймовірності помилки, значення якої змінюється залежно від різних умов і обставин. Застосування такого підходу, як правило, вимагає проводити аналіз завдань у поєднанні з методами АДВ і АДП для визначення того, в яких ситуаціях виникнення помилки персоналу є найбільш значущим. Крім цього, моделі третьої групи дозволяють враховувати вплив лише однієї узагальненої групи небезпек (“людський фактор”), і при цьому в межах однієї задачі тільки для одного типу авіаційного персоналу (пілот тощо) [12].

3.4.Найбільш застосовувані методи для оцінювання ризиків у БПЛА

Використання відповідних хронологічних даних, щоб ідентифікувати події чи ситуації, які виникали у минулому, і завдяки цьому мати змогу екстраполювати ймовірність їх виникнення у майбутньому.

Статистичні методи оцінки ризику базуються на аналізі коливань досліджуваного показника за певний відрізок часу. Для тривалих періодів часу це виявляється справедливим, але для короткотермінової оцінки колишніх закономірностей дає значні помилки. За допомогою статистичних методів можна оцінити ризик не тільки конкретної угоди, але й підприємства в цілому, коли проаналізувати динаміку його прибутків за певний час.

Перевагою цього виду методів оцінки ризиків є нескладні математичні розрахунки, а явним недоліком – необхідність великої кількості вихідних даних, тому що чим більше масив статистичних даних, тим більша достовірність оцінки самого ризику. Тому статистичними методами неможливо користуватись, якщо з якихось причин відсутня статистична інформація, необхідна для оцінки ризику [31].

Використання цього підходу доцільно виконувати при оцінюванні ризиків для безпеки польотів. Для цього можуть бути застосовані показники що пов'язані з кількістю авіаційних подій, інцидентів, небезпечних факторів тощо.

Використання прогнозних методів, наприклад, аналізування дерева відмов і дерева подій. Якщо хронологічних даних немає чи їх адекватність викликає сумнів, то ймовірність доцільно визначати, аналізуючи модель авіаційної системи (або системи забезпечення БзП), а також пов’язані з ними відмови чи справні стани [12].

Аналіз дерева відмов (АДВ) вважається одним із найбільш корисних аналітичних інструментів у процесі системної безпеки, особливо при оцінці надзвичайно складних або деталізованих систем. Завдяки тому що він використовує дедуктивний логічний метод (тобто поступово рухається від загального до часткового), він дуже корисний при дослідженні можливих умов, які можуть призвести до небажаних наслідків або яким-небудь чином вплинути на ці наслідки. Як відомо більшості професійних інженерів, які мають досвід розслідувань нещасних випадків, небажані події рідко відбуваються під впливом тільки одного чинника. Через це при аналізі дерева відмов в процесі системної безпеки небажану подію відносять до кінцевої події. Оскільки аналітик починає ідентифікувати окремі події, які сприяли кінцевій події, може бути побудовано дерево відмов. Розташовуючи кожний фактор у відповідному місці дерева, дослідник може точно визначити, де відбулись будь-які пошкодження в системі, який зв'язок існує між подіями і яка взаємодія відбулась (чи не відбулась, але може відбутись).

Створення дерева відмов починається з визначення кінцевої події. Ця подія може мати широкий та загальний характер – відмова чи пошкодження системи, або вузький та специфічний, коли порушується функціонування компонента Х. Ця кінцева подія буде розташовуватись на верхівці дерева відмов, а всі наступні події, які ведуть до головної, будуть розташовуватись як гілки на дереві. Рис. 14 ілюструє початок простого дерева відмов, з розташування кінцевої події, потім

тих подій, які впливають на те, що ця подія відбудеться, та нерозвинутих подій і далі аж до первісних (основних) подій.

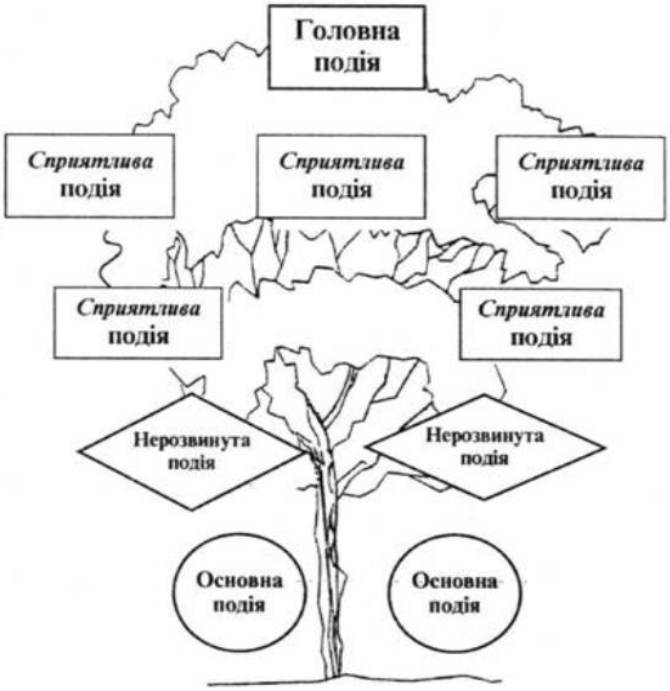

Рис. 3.2. Концепція дерева відмов

Виконання аналізу дерева відмов можливе лише після детального вивчення робочих функцій усіх компонентів системи, що розглядається. При цьому слід враховувати, що на роботу системи впливає людський фактор, тому всі можливі «відмови оператора» теж необхідно вводити у склад дерева. Оскільки дерево відмов пока-зує статичний характер подій, розвиток подій у часі можна розгля-нути, побудувавши кілька дерев відмов.

Після побудови дерева відмов визначають ймовірність реалізації головної події. Для цього складають логічне вираження, що пов'язує ймовірність головної події з ймовірностями основних подій. З цією метою використовують наведені вище залежності [6].

Дерево відмов (ДВ) базується на основі логічних причинно-наслідкових зв'язків відмов системи з відмовами її елементів та іншими подіями. При аналізі імовірності виникнення відмови системи, ДВ складається з послідовностей і

комбінацій порушень і несправностей системи, і таким чином представляє собою багаторівневу графічну структуру [13].

Результатом аналізу ДВ є якісне та кількісне представлення подій, які можуть призвести до катастрофічної відмови системи, у вигляді січень системи і мінімальних січень та ймовірностей їх виникнення. Мінімальні січення – це така найменша комбінація подій, яка призводить до відмови системи в цілому. Якщо з МС вилучити хоча б одну подію, то відмова системи унеможливлюється.

Перевагою даного методу є простота аналізу системи та наочне представлення розвитку аварійної ситуації. Позитивна особливість методики полягає у тому, що розробник отримує ДВ з врахуванням послідовності виникнення подій в часі та подій, що повторюються. Після побудови динамічного ДВ, для можливості подальшого дослідження системи, може виконуватись аналіз даного ДВ імітаційним моделюванням методом Монте - Карло. Однак, слід зазначити, що використання імітаційного моделювання для аналізу динамічного ДВ значно збільшує часові затрати в порівнянні з аналізом статичних ДВ.

Дерево відмов дає змогу експертам верифікувати події, які призводять до аварійної ситуації.

Метод аналізу дерева подій (АДП) ґрунтується на побудові графічної схеми (дерева) послідовності розвитку певної (обраної) початкової події за взаємовиключними варіантами “так” чи “ні” відповідно до наявності та варіантів заходів контролю. Перевагами методу можна вважати його простоту, наочність (завдяки побудові графічної схеми), можливість досліджувати послідовність розвитку подій (ризиків). До недоліків методу можна віднести необхідність завчасної ідентифікації початкових подій, що можливо тільки застосовуючи інші методи. Метод не є універсальним, оскільки, не враховує впливу зовнішніх факторів на процес розвитку подій (ризиків) та потребує високого рівня підготовки експертів.

На практиці застосовується низька методів опрацювання експертних суджень, такі як: метод Делфі, методи парних порівнянь, ранжування за категоріями та експертного оцінювання абсолютної ймовірності [13].

Метод експертних оцінок – це спосіб прогнозування та оцінки майбутніх результатів дій на основі прогнозів фахівців. При застосуванні методу експертних оцінок проводиться опитування спеціальної групи експертів (4–7 осіб) з метою визначення певних змінних величин, необхідних для оцінки досліджуваного питання. До складу експертів слід включати людей з різними типами мислення – образне і словесно-логічне, що сприяє успішному вирішенню проблеми. Залучені експерти можуть висловити свою думку щодо найкращих способів мобілізації резервів, залучення інвестицій, строків досягнення поставлених завдань, критеріїв відбору оптимальних варіантів рішення тощо. Необхідною умовою ефективного застосування методів експертної оцінки є достатня обізнаність експерта з досліджуваної проблеми, високий рівень ерудиції, здатність його давати чіткі вичерпні відповіді, до того ж експромтом. Крім того, експерт не повинен бути зацікавленим в тому чи іншому варіанті вирішення поставленої перед ним проблеми. Експерти підбираються за ознакою їх формального професійного статусу – посади, наукового ступеня, стажу роботи та ін. Такий підбір сприяє тому, що в число експертів потрапляють високопрофесійні, з великим практичним досвідом у даній галузі спеціалісти. Отже, методи експертної оцінки вимагають ретельної підготовки експертів, робота яких містить:

1) чітке визначення мети і завдань, а в деяких випадках об'єднання та систематизація висновків;

2) набір достатньо компетентних незалежних експертів в області відповідних об'єктів;

3) обговорення питання в групі експертів чи виключення безпосереднього спілкування між ними;

4) надання учасникам експертизи на кожному наступному етапі результатів і висновків попереднього етапу. Це дає змогу зробити певні висновки, які поділяють більшість експертів;

5) вибір оптимально підходящих методів обробки висновків експертів;

6) точне формулювання підсумкових висновків в експертній роботі.

Метод експертних оцінок – це фактично метод прогнозування, основоним критерієм якого є досягнення згоди серед усіх членів експертної групи.

Всі експертні методи поділяються на дві групи – індивідуальні: інтерв'ю та анкетування, і колективні: метод Дельфі, метод комісії та метод відстороненого оцінювання.

Зокрема, **метод Дельфі** – один із методів колективної експертної оцінки, який передбачає проведення експертного опитування серед групи спеціалістів у кілька турів (частіше у 3–4 тури) для вибору найкращого із рішень. Метод Дельфі, або як його ще називають дельфійський метод, метод дельфійського оракула, отримав свою назву із назви містечка Дельфі у Стародавній Греції, в якому жили оракули-провидці при храмі бога Аполлона. Слово головного оракула не підлягало сумніву та приймалося за істину. Метою застосування методу Дельфі є удосконалення групового підходу до вирішення завдання розробки прогнозу, оцінки за рахунок взаємної критики поглядів окремих спеціалістів, висловлюваних без безпосередніх контактів між ними та при збереженні анонімності думок чи аргументів на їх захист.

Для оцінювання ризику найбільш застосовуваними є наступні методи: Аналізування небезпечних чинників і критичні точки контролю (HACCP), Структурований метод "Що – якщо" (SWIFT), Аналізування першопричин, Аналізування видів і наслідків відмов та метод Показників (індикаторів) ризику. Проте для вирішення задач оцінювання ризику безпеки польотів, як основні доцільно використовувати статистичні причинно-наслідкові методи. До яких відносяться: Марковське аналізування, імітаційне моделювання за методом Монте-Карло та Байєсівське аналізування. Як додаткові, будуть корисні методи

показників ризику та матриця “наслідок/ймовірність”. На відміну від інших методів, статистичні – засновані на опрацюванні вхідних даних про події, що відбулися в конкретній авіаційній системі і мають незначну ступінь невизначеності, а головне – уможливлюють отримання кількісних вихідних даних.

Основою методу **марковського аналізування** є концепція “станів” і переходів між ними у часі з урахуванням ймовірності переходу між станами. Обмеженнями застосування такого методу є: основа методу ґрунтується на припущенні про наявність лише двох можливих станів елементів системи (відмова і відновлення), що далеко не завжди дозволяє коректно відображати реальні процеси; використовується припущення, що всі розглянуті події статистично незалежні, тобто майбутні стани не залежать від минулих станів, за винятком стану, який передує безпосередньо; потребує знання всіх імовірностей змінення стану.

Імітаційне моделювання за методом Монте-Карло – це засіб оцінювання впливу невизначеності на систему шляхом визначення математичної моделі або алгоритму системи, що досліджується, та виконання певної кількості (в деяких випадках до 10 000) обчислень з вхідними даними, які являють собою випадкові змінні. Обмеженнями застосування даного методу є: точність рішень залежить від кількості імітаційних моделювань. Моделювання авіаційної системи державної авіації України є процесом, який складно підлягає формалізуванню через вплив на процеси його функціонування великої кількості факторів. Ймовірність прояву цих факторів достовірно визначити неможливо; складність побудови великорозмірних моделей; метод має невелику ступень розрізнення між подіями з серйозними наслідками та малоймовірними подіями і, тому, не дає змогу відображати готовність організації до ризику.

Метод мереж Байєса передбачає використання графічної моделі для зображення низки змінних та їхніх імовірнісних зв'язків. Цей метод знайшов широке застосування завдяки тому, що:

- існує пакет прикладних програм для числового аналізу;
- потрібно знати тільки апріорні дані;
- логічні виведення легкі для розуміння;
- необхідно застосовувати лише правило Байєса.

Байєсівську ймовірність можна розглядати якступень довіри особи до виникнення певної події – на відміну від класичного підходу, який базуєтьсяна матеріальному свідченні подій. Він потребує знання множини умовних ймовірностей, які зазвичай визначаються на підставі експертних висновків. Обробку експертних висновківдоцільно проводити з використанням підходів теорії нечітких множин.

Показники (індекси) ризику – це напів кількісна міра ризику, яка є кількісною оцінкою, отриманою з використанням підходу бальних оцінок на основі порядкових шкал. Індекси ризику можна застосовувати для впорядкування серії ризиків,використовуючи подібні критерії з тим, щоб ризики можна було порівнювати. Бальні оцінки застосовують для кожного складника ризику.

Матриця наслідків/ймовірностей – це засіб поєднання якісних або напів кількісних оцінок наслідків і ймовірностей для отримання рівня ризику або ранжування ризику. Форма матриці визначається залежно від ступеня деталізації показників оцінювання ризику. Наприклад, ІСАО як орієнтир представляє ранжування що наведено у таблицях 3.2-3.5 [12].

Таблиця 3.2

Рівень ймовірності настання ризику

Характеристика ймовірності	Опис ступеня ймовірності	Рівень
Часто	Може статися в будь-який момент	5
Періодично	Ймовірно, трапляється іноді	4
Рідко	Малоймовірно, але це можливо	3
Не ймовірно	Дуже малоймовірно, що це відбудеться	2
Майже не можливо	Майже немислимо, що подія відбудеться	1

Таблиця 3.3

Рівень серйозності ризику

Характеристика серйозності	Значення	Рівень
Катастрофічний	• Зруйновано літальний апарат/обладнання • Наявні людські жертви	A
Небезпечний	• Значне зниження безпеки польотів • У людей наявні серйозні травми • Літальний апарат/обладнання має серйозні пошкодження (аварія)	B

Закінчення таблиці 3.3

Значний	• Значне зниження рівня безпеки • У людей наявні несерйозні травми • Серйозний інцидент	C
Незначний	• Неприємність • Експлуатаційні обмеження • Використання надзвичайних процедур • Інцидент	D
Несуттєвий	• Незначні наслідки	E

Таблиця 3.4

Матриця ризиків

Ризик БзП	**Ха-ка серйозності**				
Ха-ка ймовірності	Катастрофічний (A	Значний (B	Значний (C)	Незначний (D)	Несуттєвий (E
Часто (5)	**5A**	**5B**	**5C**	**5D**	**5E**
Періодично (4)	**4A**	**4B**	**4C**	**4D**	**4E**
Рідко (3)	**3A**	**3B**	**3C**	**3D**	**3E**
Не ймовірно (2)	**2A**	**2B**	**2C**	**2D**	**2E**
Майже не можливо (1)	**1A**	**1B**	**1C**	**1D**	**1E**

Згідно із загальноприйнятим підходом ризики розділяють на три діапазони:

1) неприйнятний рівень – верхній діапазон, у якому рівень ризику розглядають як недопустимий незалежно від вигоди, що може бути

внаслідок діяльності. Необхідний терміновий вплив на ризик щодо його зменшення незалежно від витрат;

2) задовільний рівень – середній діапазон, у якому витрати на компенсування ризику збалансовано відповідно до потенційних наслідків;
3) прийнятний рівень – нижній діапазон, у якому рівень ризику розглядають як незначний або настільки малий, що жодних заходів із впливу на ризик не потрібно.

Таблиця 3.5

Діапазон ризику БзП

Індекс ризику	**Діапазон ризику**	**Заходи, що рекомендовано виконати**
5A, 5B, 5C, 4A, 4B, 3A	Неприйнятний	Негайно вживати заходи для зменшення ризику або припинення діяльності. Посилені профілактичні заходи для зниження індексу ризику БзП до допустимого(задовільного, прийнятного).
55D, 5E, 4C, 4D, 4E, 3B, 3C, 3D, 2A, 2B, 2C, 1A, 1	Задовільний	Можуть прийматись управлінські рішення на зниження ризику БзП.
3E, 2D, 2E, 1C, 1D, 1E	Прийнятний	Подальшого зниження ризику БзП не потрібно.

Перевагами матриці наслідків/ймовірностей є відносна простота у застосуванні та можливість швидко ранжувати ризики за різними рівнями важливості. Проте, існують труднощі зоднозначним визначенням шкал рівнів; застосування дуже суб’єктивне, є тенденція до значних розбіжностей суджень

осіб, які проводять оцінювання; ризики неможливо агрегувати (тобто неможливо встановити, що конкретна кількість низьких ризиків, ідентифікованих декілька разів, є еквівалентом середнього ризику); завдає труднощів поєднання чи порівняння рівнів ризику для різних категорій наслідків [12].

3.5. Практичне застосування методів оцінки ризику у БПЛА

Ризик передбачає можливість настання різних наслідків, кожен з яких імовірний більшою чи меншою мірою.

З математичного погляду це може бути описане та виміряне з використанням випадкових величин.

Існують дискретні і неперервні випадкові величини. Дискретними називають такі випадкові величини, які можуть приймати тільки кінцеву або рахункову безліч значень. Безперервні випадкові величини можуть приймати будь-які значення з деякого замкнутого або відкритого (зокрема нескінченного) інтервалу. У найпростішому випадку, коли існує кінцева безліч результатів, де кожен з яких має фіксовані (невипадкові) наслідки, ризик може бути описаний за допомогою однієї дискретної випадкової величини.

І.Визначимо ризик збитків від поломки БПЛА протягом деякого періоду часу. Для власника може бути описаний дискретною випадковою величиною, що має два виходи з фіксованими наслідками (рис. 3.3):

1) “поломки не сталося”, наслідки дорівнюють нулю;

2) “поломка сталося”, наслідки дорівнюють вартості деталей. Для обох випадків наслідки приймають заздалегідь відомі невипадкові значення.

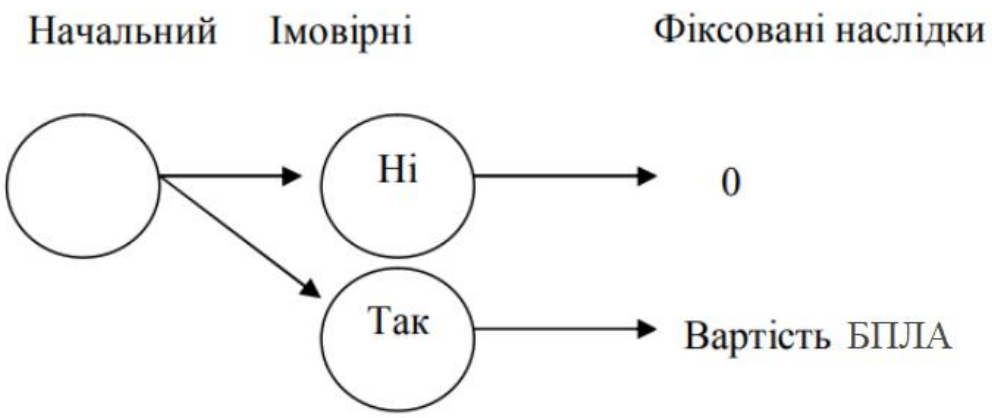

Рис.3.3. Схематичне зображення ймовірних наслідків

Коли ризик пов'язаний зі зміною показника, який може прийняти будь-яке значення на деякому інтервалі, можна достатньо просто моделювати ризик, описавши даний показник за допомогою неперервної випадкової величини, розподіленої у вказаному інтервалі.

Дискретні або безперервні моделі можуть комбінуватися при описі конкретної ризикової ситуації. Наприклад, якщо в дискретній моделі наслідки усіх або окремих випадків можуть приймати безліч значень непередбачених для суб'єкта способом, то вони повинні описуватися неперервною випадковою величиною.

Наприклад, БПЛА може отримати різні пошкодження, збитки від яких можуть досягти його вартості (або навіть перевищити її). Передбачити заздалегідь, які саме пошкодження отримає БПЛА внаслідок аварійної ситуації і яка буде шкода, не можна. Тому ризик збитків від пошкодження може бути описаний за допомогою двох випадкових величин (рис. 3.4):

1) дискретної, що характеризує можливість настання аварійної ситуації і має два результати ("аварійна ситуація відбулась" і "аварійна ситуація не відбулась");

2) безперервної, що описує розмір шкоди (наслідків) у разі його настання.

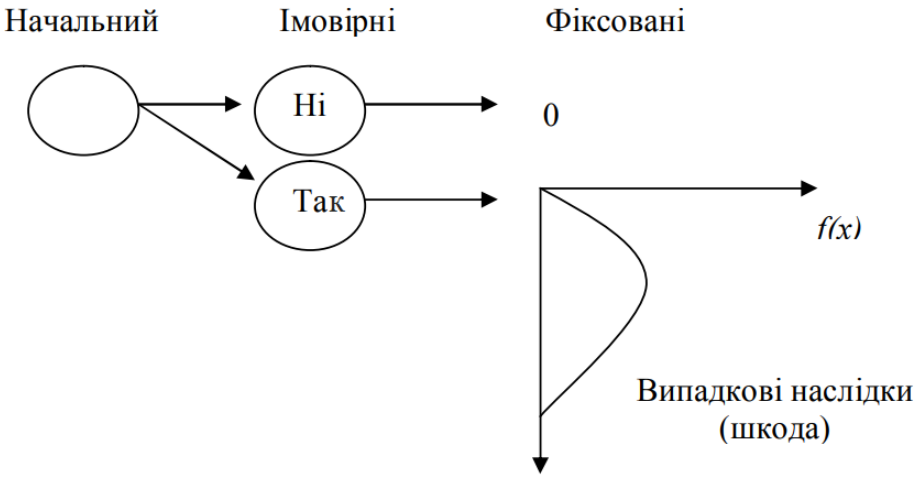

Рис.3.4. Схематичне зображення ймовірних наслідків за допомогою двох випадкових величин

У цьому разі збитки (наслідки) від результату “аварійна ситуація не відбулась” невипадкові і дорівнюють нулю.

Залежно від особливостей модельованого ризику, цілей дослідження і необхідної деталізації ту саму ситуацію невизначеності можна подати як у вигляді дискретної, так і у вигляді безперервної моделі, а також у вигляді їхньої комбінації.

ІІ. Розглянемо приклад, де підприємець, використовує БПЛА у аграрній галузі, одержує від цього щорічний прибуток 750 тис. грн. Надійність роботи обладнання (імовірність безаварійної роботи) 0.89. Оцінимо доцільність подальшого використання БПЛА без модернізації обладнання, якщо збитки при можливій аварії становитимуть 2 млн. грн. Визначимо критичну величину надійності обладнання, при якій ще доцільно його використовувати.

Очікуване значення результату небезпечної (ризикованої) діяльності є середньовиваженим усіх можливих результатів і розраховується за формулою $E = \sum P_i \cdot X_i$ n $i=1$, де P, X - відповідно ймовірність і значення і-го результату; n – кількість можливих результатів.

1.Введемо позначення:

- надійність P1 = 0,89;

- прибуток X1 = 750000 грн.;
- збитки X2 = -2000000 грн.

2. Визначимо імовірність відмови (поломки) обладнання, а відповідно, й аварії, яка при цьому виникне: P2 = 1 - 0,89 = 0,11.

3. Очікуване значення результату від використання БПЛА

$$E = 0,89\text{-}750000 + 0,11\text{-} (\text{-}2000000) = +447500 \text{ грн.}$$

Отже, надійність роботи БПЛА поки що достатня для одержання гарантованого прибутку.

4. Визначимо критичну надійність БПЛА (Ркр), при якому очікувані прибутки не покриватимуть збитків від аварії (E = 0):

$$Ркр - 750000 + (1 - Ркр) \cdot (-2000000) = 0;$$

$$750000Ркр = 2000000(1\text{-}Ркр);$$

$$Ркр = 2,67(1\text{-}Ркр);$$

$$Ркр = 0,73.$$

Отже, критичний ступінь зношеності БПЛА при відомому прибутку і прогнозованих збитках становить 0,73.

III. Визначимо ймовірність відмови системи “пульт - двинун” БПЛА за допомогою дерева подій (ДП).

Дана система елементів “пульт - двигун”, імовірність безвідмовної роботи яких відповідно 0,98 і 0,95 згідно із заявленими технічними даними.

1. Будуємо дерево подій (ДП) для цієї системи. Загальне правило побудови ДП: дерево будується зліва направо, при цьому верхня гілка ДП відповідає бажаному варіанту розвитку подій, нижня гілка - небажаному. В процесі побудови ДП керуємося логікою можливого розвитку подій: якщо пульт не працює - система відмовляє незалежно від стану двигуна. Якщо пульт працює, за допомогою другої вузлової точки аналізуємо варіанти роботи мотора.

2. Визначаємо ймовірність безвідмовної роботи системи як добуток імовірностей двох подій (події послідовні):

$$Рб/в = 0,98 \bullet 0,95 = 0,931.$$

3. Визначаємо ймовірність відмови системи як суму складових подій, котрі до цього призводять (події паралельні): Рв = 0,98 • 0,05 + 0,02 = 0,069.

4. Виконуємо перевірку: Σ Р = 0,931 + 0,069 = 1. Таким чином, сумарна ймовірність двох станів системи дорівнює одиниці. Так і має бути, оскільки інших варіантів не існує: система або працює, або ж відмовила.

IV. Спробуємо визначити, як зміниться імовірність помилки оператора БПЛА у процесі роботи, якщо зміняться обставини (інший колектив, інший тип БПЛА, інше місце і час виконання робіт, наявність чи відсутність старшого інструктора тощо) з огляду на людський чинник.

Людський чинник може проявляти себе:

- або ж у певні періоди діяльності - він є наслідком недосвідченості працівника, її необережності, втоми (мк фізичної, так і психічної), проявом емоцій (хвилювання, втрата уваги тощо).

- або ж постійно - через ушкодження або дегенерацію сенсорних і рухових центрів вищих відділів нервової системи, через недостатню координованість рухів, внаслідок захворюваності або відсутність мотивації, аутизм.

Відомі також внутрішні і зовнішні фактори, котрі сприяють виникненню помилок людини, а також елементи «контексту». До внутрішніх факторів, які визначають процес прийняття рішення, а значить, дії оператора, відносять:

- розумові здібності;

- здатність утримувати у пам'яті інформацію, знання, навики;

- особливості реакції;

- стійкість до стресу.

До зовнішніх факторів відносять:

- характер і тип обладнання;

- оточуючі умови;

- складність завдання.

Так званий “контекст” фахівці визначають як психологічні фактори, що враховують попередній досвід оператора, його підготовленість, креативність, толерантність, кінцеву мету діяльності. Відомі базові значення ймовірностей

помилок людини при роботі з технікою, зокрема при зчитуванні показників приладів, а також множники для базових помилок, що враховують фактор стресу.

Окрім цього, враховується також залежність дій персоналу від конкретних обставин:

- зміни в складі бригади;
- зміна системи, з якою доводиться працювати;
- інше місце роботи;
- інший час роботи;
- наявність вказівок (підказок).

Перелічені обставини залежно від їх комбінацій можуть збільшувати або зменшувати ймовірність помилки оператора і об'єднуються в такі групи:

- повні зміни обставин;
- великі (значні) зміни обставин;
- помірні зміни обставин;
- малі (незначні) зміни обставин;
- нульові зміни.

Якщо ймовірність помилки без урахування змін обставин дорівнює Р, то:

- у випадку повних змін імовірність помилки складатиме Рзм = 1;
- у випадку великих змін Рзм = (1+Р)/2;
- у випадку помірних змін Рзм = (1 +6Р)/7;
- у випадку малих змін Рзм = (1+19Р)/20;
- у випадку нульових змін Рзм = Р.

Отже, визначено, що ймовірність помилки оператора БПЛА становить Р = 0,1.

1. Якщо змін не відбулося (нульові зміни) Рзм = Р = 0,1.

2. Якщо комбінацію перелічених обставин можна кваліфікувати як незначні зміни, то імовірність помилки Рзм = (1+19• 0,1)/20 = 0,145.

3. Якщо комбінацію перелічених обставин можна кваліфікувати як помірні зміни, то Рзм = (1+6• 0,1)/7 = 0,23.

4. Якщо комбінацію перелічених обставин можна кваліфікувати як значні зміни, то Рзм = (1+0,1)/2 = 0,55.

5. Якщо зміни повні, то Рзм = 1, тобто помилка буде стовідсотково.

Висновок до третього розділу

У розділі три було зроблено аналіз наявних методів оцінки ризиків, які можна використовувати для потреби БПЛА.

Проведений аналіз існуючих технологій побудови моделей для оцінки ризику експлуатації показали, що переважна більшість з них не враховує в повній мірі визначальні, з точки зору безпечності, особливості сучасних систем радіоуправління БПЛА. Моделі оцінки ризику, які базуються на методі логіко-ймовірнісних методах, дають можливість побудувати дерево відмов об'єкту дослідження та отримати МС. Слід відмітити, що у статичних ДВ не враховуються взаємозалежності між подіями, у динамічних ДВ вона враховується. Однак, для подальшого аналізу динамічного ДВ необхідно використовувати інші методи моделювання - метод простору станів або ІМ методом Монте - Карло. Однак методи, які базуються на методі ЛІМ, не придатні до багатоваріантного аналізу, що є обов’язковим при оцінці безпечності експлуатації БПЛА на системотехнічному етапі проектування, коли з декількох технічних рішень потрібно вибрати те, що забезпечить мінімальний ризик при експлуатації БПЛА.

Отже, наведені методи оцінки ризиків у БПЛА дають можливість не тільки отримувати інформацію щодо можливих ризиків, а і розробляти ефективні заходи щодо їхнього зменшення.

РОЗДІЛ 4
АВТОМАТИЗОВАНА ОБРОБКА АЕРОНАВІГАЦІЙНИХ ДАНИХ ВЕЛИКОЇ РОЗМІРНОСТІ

4.1.Обробка аеронавігаційних даних

Автоматизована обробка даних є типовою задачею що вирішується сучасними аеронавігаційними системами. Обробка аеронавігаційних даних забезпечується як на борту у певних блоках авіоніки так і у наземних обчислювальних комплексах. Навігаційні параметри у сучасних системах вимірюються за допомогою значної кількості різних сенсорів, що забезпечують створення архіву даних, обробка яких потребує застосування спеціалізованих алгоритмів статистичної обробки. Кожен сенсор виконує вимірювання з певною величиною похибки, дію якої не можна виключили, проте її можна зменшити до прийнятного рівня. Отже сумісна обробка даних у аеронавігаційній системі виконується з врахуванням дії похибок кожного з сенсорів. Для цього використовують довірчі інтервали, що гарантують знаходження певного інтервалу у проміжку з певною ймовірністю [35]. Найбільш застосовуваними довірчими інтервалами є подвійне середньоквадратичне значення, що забезпечує 95% локалізації виміряних значень, виходячи з припущення про нормальний закон розподілу похибок.

Кожен блок авіоніки у своїй структурі більш схожий до архітектури персонального комп’ютера з відповідними елементами: процесор, пам'ять, аналого-цифрові /цифро-аналогові перетворювачі, що дозволяє виконувати обробку виміряних даних на програмному рівні [38]. Дані сенсорів переводяться до цифрового вигляду за допомогою дискретизації аналогових значень. Результати вимірювань у цифровому вигляді зберігаються у відповідних регістрах, змінних, матрицях чи архівах даних.

Визначення точного місцеположення повітряного корабля (ПК) є однією з найважливіших задач цивільної авіації [27]. Зростаючі обсяги авіаперевезень вимагають постійного перегляду норм ешелонування для задоволення росту

потреб авіаційного транспорту. Норми ешелонування ПК визначають максимально допустимі межі розділення ПК у просторі у вертикальній площині, боковому та повздовжньому відхиленнях. Єдиним можливим шляхом вирішенням питання перевантаженості повітряного простору є збільшення пропускної здатності певної частини повітряного простору за рахунок зменшення безпечних відстаней між ПК. На практиці це реалізується шляхом введення більш точних вимог до визначення місцеположення ПК у просторі. Введення більш точних вимог до позиціонування ПК можливе лише за умови наявності відповідних систем здатних задовільнити їх. Функціонування систем позиціонування ПК цивільної авіації забезпечується полем аеронавігаційних сигналів, що створюється у просторі різними системами.

У якості прикладу обробки даних великої розмірності розглянемо траєкторію руху літального апарату та виконаємо її розрахунок за допомогою програмного забезпечення MATLAB.

4.2. Вхідні дані

Сучасний літак цивільної авіації обладнаний цілою групою різноманітних датчиків, що забезпечують визначення координат місцеположення ПК у просторі. Відповідно до концепції автоматичного залежного спостереження (ADS-B) користувачі повітряного простору повинні періодично повідомляти своє місцеположення у просторі в автоматичному режимі. Найбільш поширеним бортовим обладнанням ADS-B є літаковий відповідач режиму 1090ES. Літаковий відповідач виконує функції автоматичного генерування цифрових повідомлень відповідно до налаштувань системи (стандартні налаштування забезпечує випромінювання сигналу з частотою у 1 Гц) та виконує їх випромінювання через всеспрямовоні антені системи [40]. Поширене цифрове повідомлення містить ідентифікацію літака, координати місцеположення, барометричну висоту та інші дані. Координати ПК отримуються з обчислювальної системи літаководіння після вибору оптимальної системи позиціонування для певного повітряного простору виходячи з точності, що

забезпечується системою та специфікаційних вимог які діють у повітряному просторі де знаходиться літак.

Наземна мережа програмно керованих приймачів приймає і декодує дані передані за концепцією ADS-B. Зокрема, ідентифікаційний код літака з координатами місцеположення та барометричною висотою архівується у глобальних базах даних [35]. Зокрема, обчислювальний кластери компаній Flightradar24 та Flightaware забезпечує одночасну обробку даних від більше ніж 30 тис програмно-керованих приймачів [37] сигналів ADS-B розміщених по всій планеті (рис. 4.1).

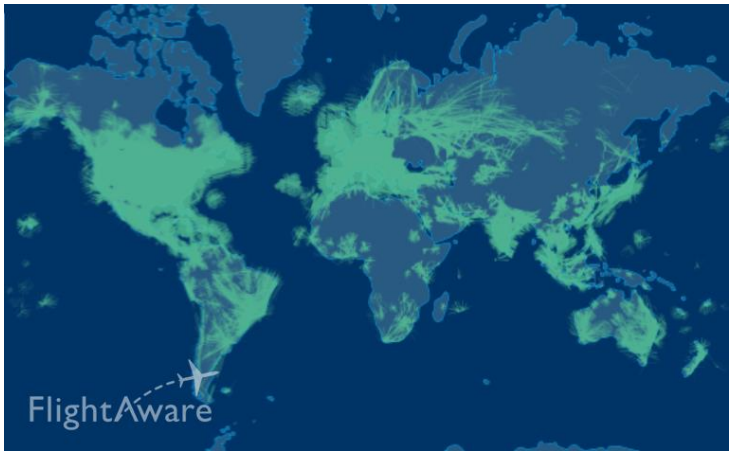

Рисунок 4.1 – Мапа глобального трафіку [10]

Доступ до глобальних баз даних траєкторної інформації є відкритим і забезпечується на комерційній основі. Програмно керований інтерфейс дозволяє отримати будь-який сегмент траєкторних даних для подальшого аналізу.

У якості вхідних даних я використаю дані траєкторії польоту UAL2105 (United Airways 2105), що забезпечуються авіакомпанією United зі сполученням Chicago USA (ORD) та Los angeles, USA (LAX). Дата вильоту 11 листопада 2022 о 11:22AM (CST) Дата посадки 11 листопада о 01:20PM (PST). Політ завершився пізніше на 3 години 10 хвилин від запланованого часу посадки. Політ виконувався на Boeing 787-9 Dreamliner (B789).Вхідні дані отримано за посиланням
https://flightaware.com/live/flight/UAL2105/history/20221111/1400Z/KORD/KLAX
У таблиці 5.1 наведено перші та оснані 15 рядків даних траєкторії польоту.

Таблиця 4.1.

Траєкторні дані рейсу UAL2105 від 11 листопада 2022

Час (EEST)	**Широта**	**Довгота**	**Курс**	**Швидкість (kts)**	**Швидкість (mph)**	**Висота (фут)**
Fri 12:43:57 PM	41 9661	- 87.9626	← 261°	183	211	2,850
Fri12:44:13 PM	41.9637	87.9826	← 262°	211	243	3,425
Fri 12:44:29 PM	41.9619	88.0022	← 264°	225	259	4,250
Fri 12:44:34 PM	41.9612	88.0122	← 265°	231	266	4,361
Fri 12:45:38 PM	41.9633	88.1093	← 278°	262	302	8,600
Fri 12:46:06 PM	41.9688	88.1574	← 278°	268	308	10,425
Fri 12:46:25 PM	41.9701	88.1878	← 270°	258	297	11,975
Fri 12:46:41 PM	41.9688	88.2138	← 263°	254	292	13,075
Fri 12:47:11 PM	41.9643	88.2599	← 263°	266	306	14,650
Fri 12:47:41 PM	41.9595	88.3120	← 263°	280	322	15,100
Fri 12:48:11 PM	41.9549	88.3617	← 263°	274	315	15,050
Fri 12:48:41 PM	41.9499	88.4140	← 263°	291	335	15,775
Fri 12:49:11 PM	41.9446	88.4709	← 263°	331	381	16,350
Fri 12:49:41 PM	41.9391	88.5349	← 263°	365	420	17,050

Закінчення таблиці 4.1.

Fri 12:50:11 PM	41.933	88.6067	← 263°	396	456	17,750
…						
Fri 04:06:23 PM	33.9875	117.8818	← 263°	287	330	7,050
Fri 04:06:53 PM	33.9829	117.9283	← 264°	282	325	6,525
Fri 04:07:23 PM	33.9786	117.9725	← 263°	274	315	6,000
Fri 04:07:53 PM	33.9741	118.0183	← 263°	259	298	5,475
Fri 04:08:18 PM	33.9707	118.0528	← 264°	247	284	5,125
Fri 04:08:48 PM	33.9666	118.0931	← 263°	240	276	4,600
Fri 04:09:18 PM	33.9627	118.1325	← 263°	235	270	4,000
Fri 04:09:48 PM	33.9590	118.1693	← 263°	228	262	3,475
Fri 04:10:18 PM	33.9551	118.2076	← 263°	218	251	3,000
Fri 04:10:48 PM	33.9515	118.2442	← 263°	206	237	2,275
Fri 04:11:18 PM	33.9483	118.2755	← 263°	191	220	1,775
Fri 04:11:41 PM	33.9459	118.2994	← 263°	184	212	1,400
Fri 04:12:04 PM	33.9436	118.3214	← 263°	165	190	1,137
Fri 04:13:08 PM	33.9383	118.3736	← 263°	142	163	1,075
Fri 04:13:24 PM	33.9370	118.3860	← 263°	140	161	1,04

4.2 Візуалізація траєкторних даних у програмному забезпечені

Виконаємо імпорт траєкторних даних рейсу UAL2105 від 11 листопада 2022 у програмне забезпечення MATLAB [38]. Результати візуалізації даних траєкторії польоту наведені на рис.4.2., а вертикальний профіль представлено на рис. 4.3.

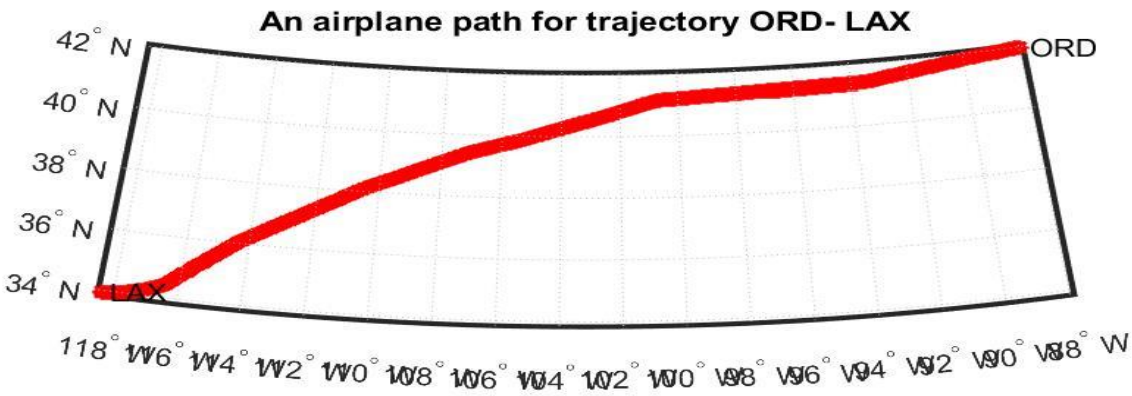

Рисунок 4.2 – Траєкторія руху рейсу UAL2105 від 11 листопада 2022

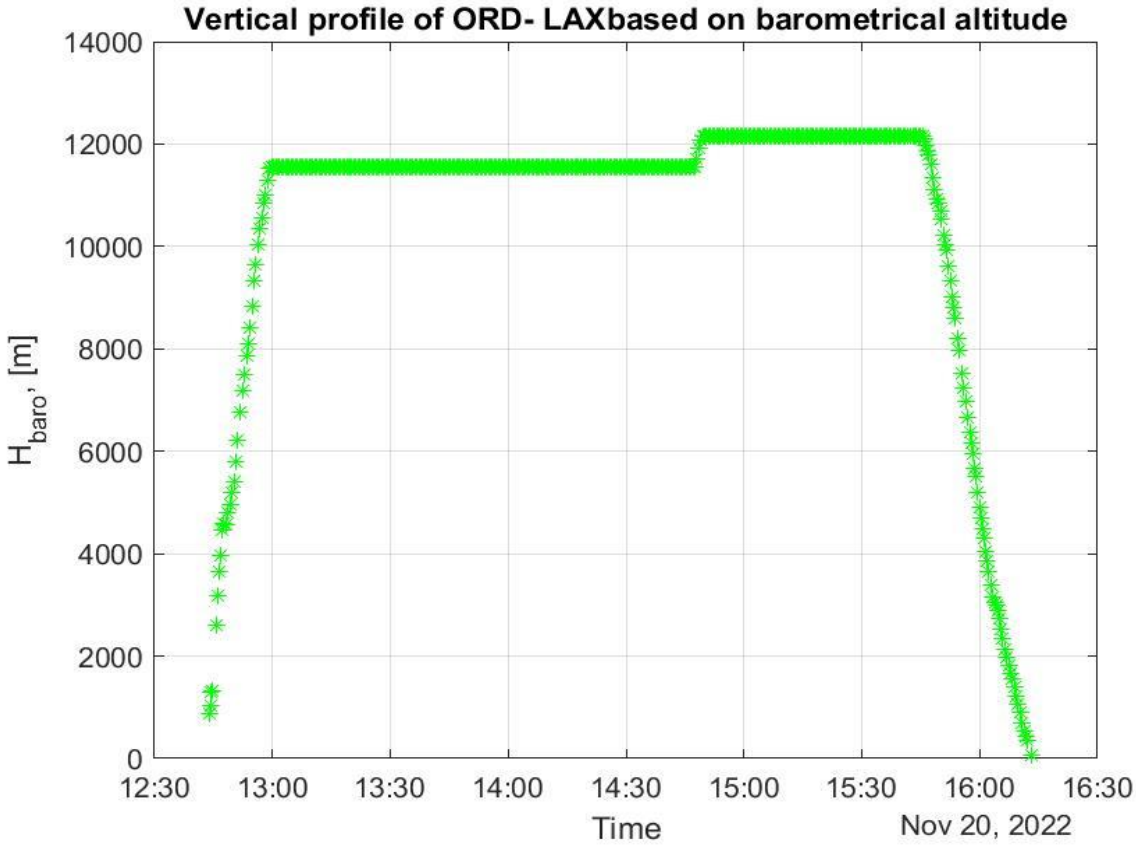

Рисунок 4.3 – Вертикальний профіль рейсу UAL2105 від 11 листопада 2022

4.3 Інтерполяція траєкторних даних

Цифрові повідомлення передані за концепцією ADS-B є несинхронізованими за часом. Кожин передавач може бути налаштований на свою частоту видачі цифрових повідомлень. Крім того слід відмітити що частота 1090МГц є доволі завантаженою, оскільки на ній працюють вторинні радіолокатори, системи попередження зближень літаків та ADS-B. Це призводить до того, що певні цифрові повідомлення можуть накладатися однин на одне спотворюючись. Тож траєкторні дані є несинхронізовані з багатьма «битими» повідомленнями. Для вирішення цієї проблеми застосовують методи інтерполяції даних. У якості інтерполюючої функції можуть виступати поліноми чи сплайн-функції. Результати інтерполяції вхідних даних на частоту 1 Гц наведені на рис. 4.4 - 4.6. Усі наступні обчислення будемо виконувати з інтерпольованими даними. Відобразимо дані у локальній системі NEU. У якості

центра системи використаємо координати першої точки траєкторії. Результати візуалізації траєкторії у локальній системі показано на рис. 4.7 та рис. 4.8.

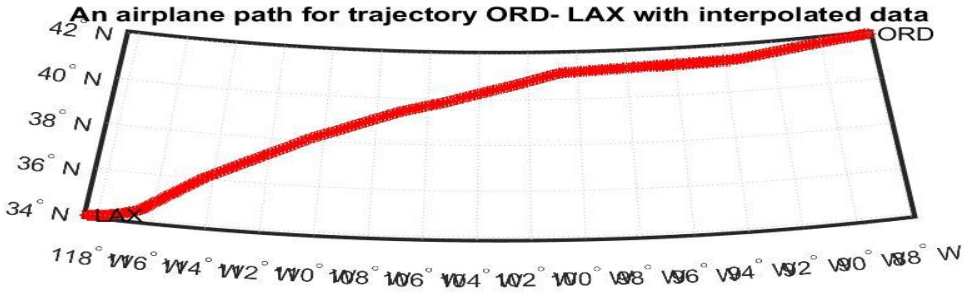

Рисунок 4.4 – Інтерпольована траєкторія руху ПК рейсу UAL2105 від 11 листопада 2022

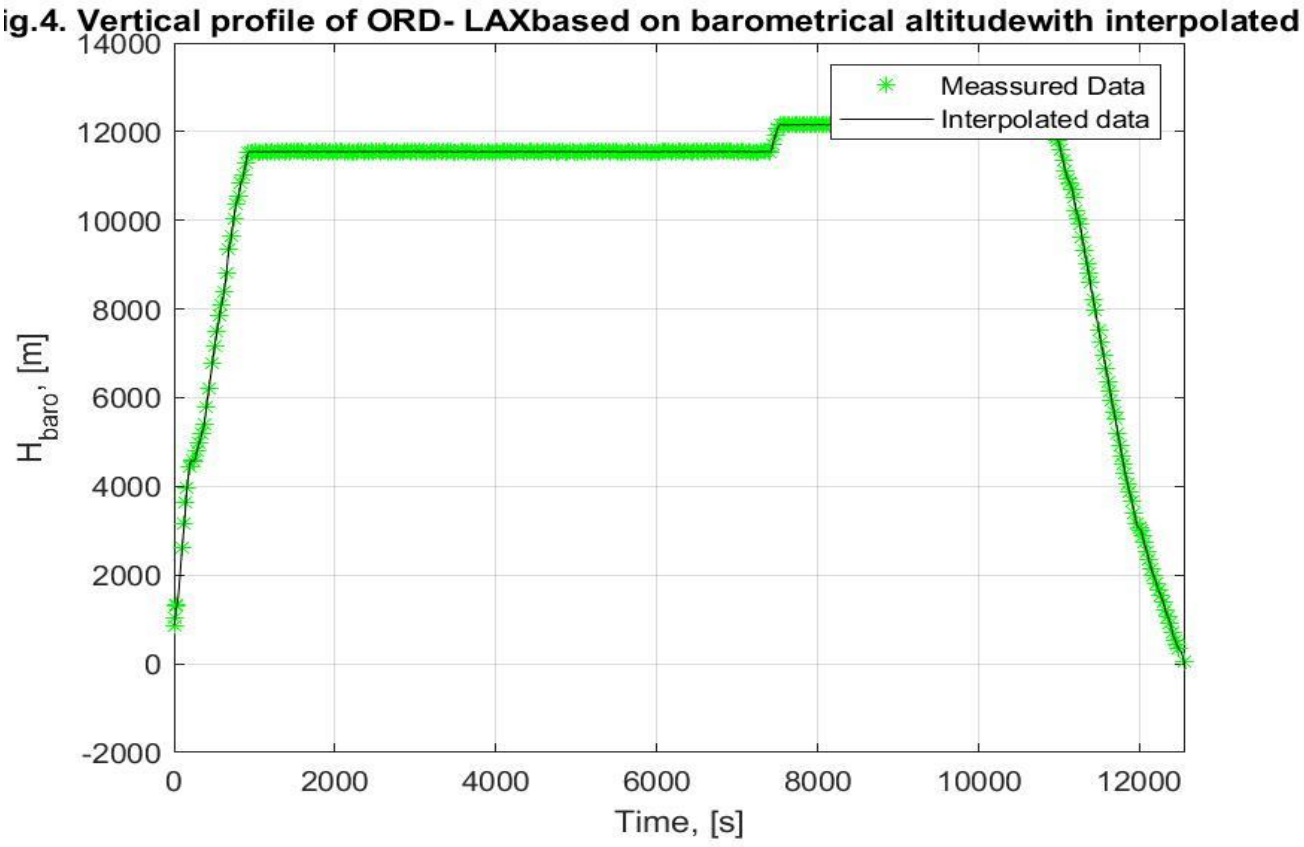

Рисунок 4.5 – Інтерпольований вертикальний профіль ПК рейсу UAL2105 від 11 листопада 2022

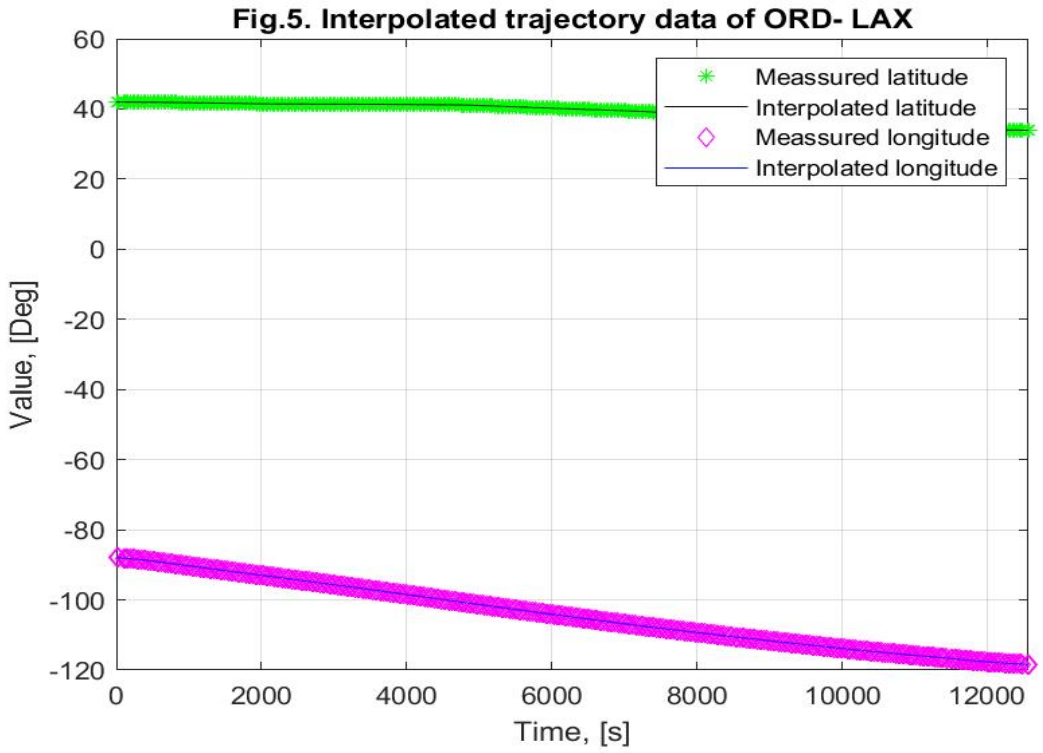

Рисунок 4.6 – Інтерпольовані траєкторні дані на частоту 1 Гц рейсу UAL2105 від 11 листопада 2022

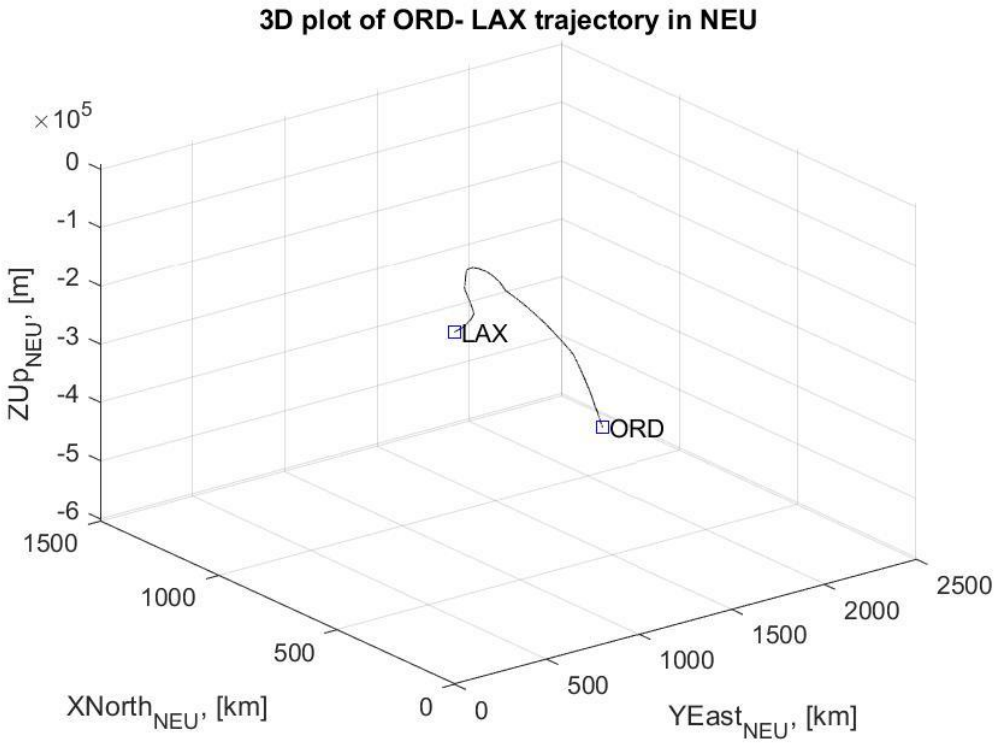

Рисунок 4.7 – Траєкторія руху рейсу UAL2105 у локальній системі координат

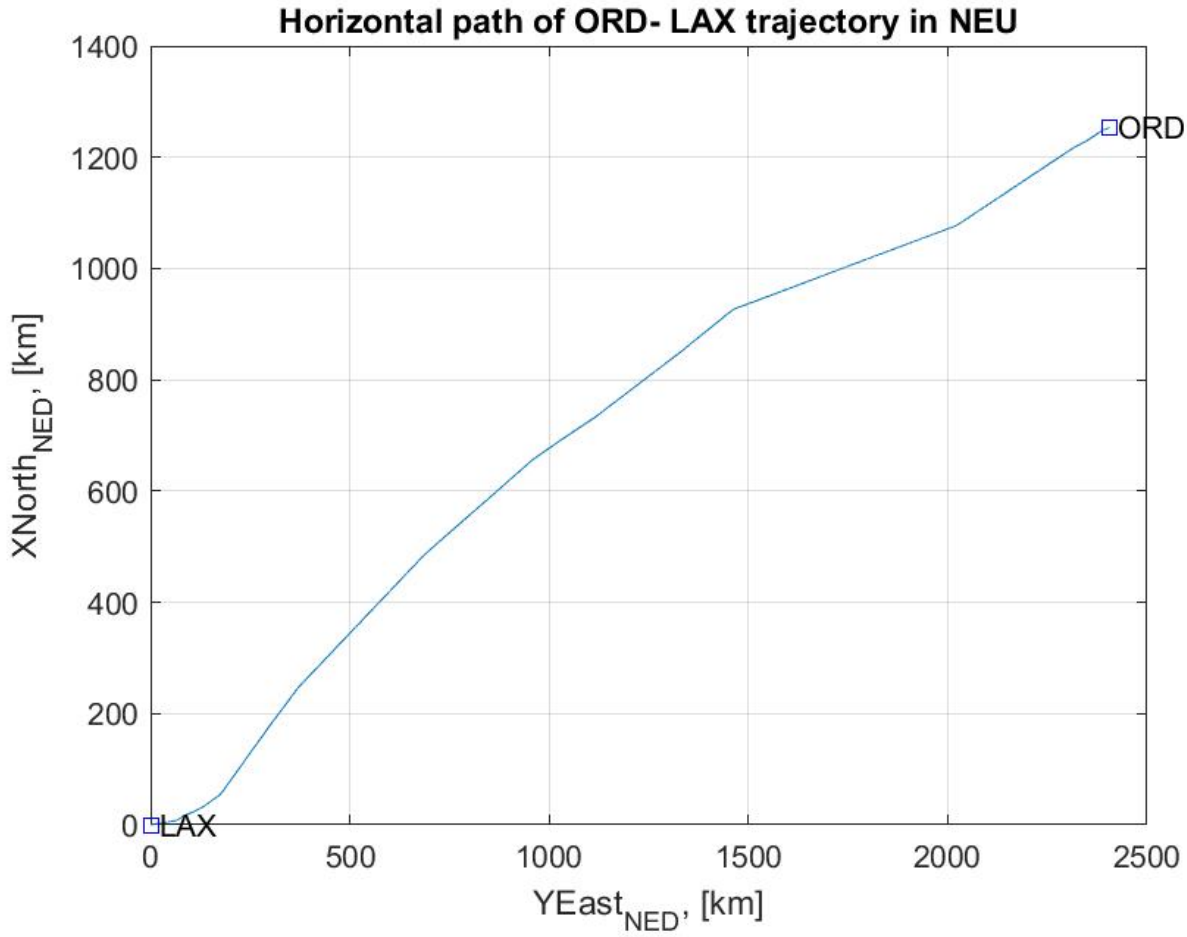

Рисунок 4.8 – Шлях руху рейсу UAL2105 у локальній системі координат

4.4 Розрахунок параметрів траєкторії

За набором даних тривимірної траєкторії руху виконаємо розрахунок компонентів швидкості, зокрема розрахуємо повну швидкість ПК, вертикальний та горизонтальний компонент. Результати розрахунку швидкості наведено на рис. 4.9., а оцінений курс літака на рис. 4.10. Також підрахуємо загальний час польоту, та довжину маршруту та траєкторії.

Загальний час польоту рейсу UAL2105 від 11 листопада 2022 склав 3 години 29 хв 27 с. Довжина траєкторії –2843.6 км, а довжина маршруту (горизонтальної проекції) – 2842.8 км.

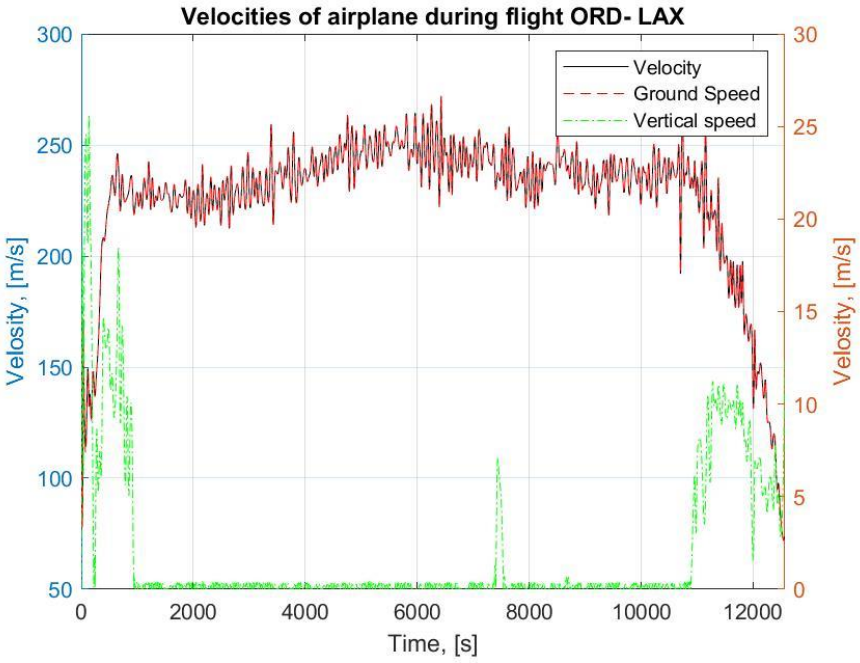

Рисунок 4.9 – Результати розрахунку швидкості польоту для рейсу UAL2105 від 11 листопада 2022

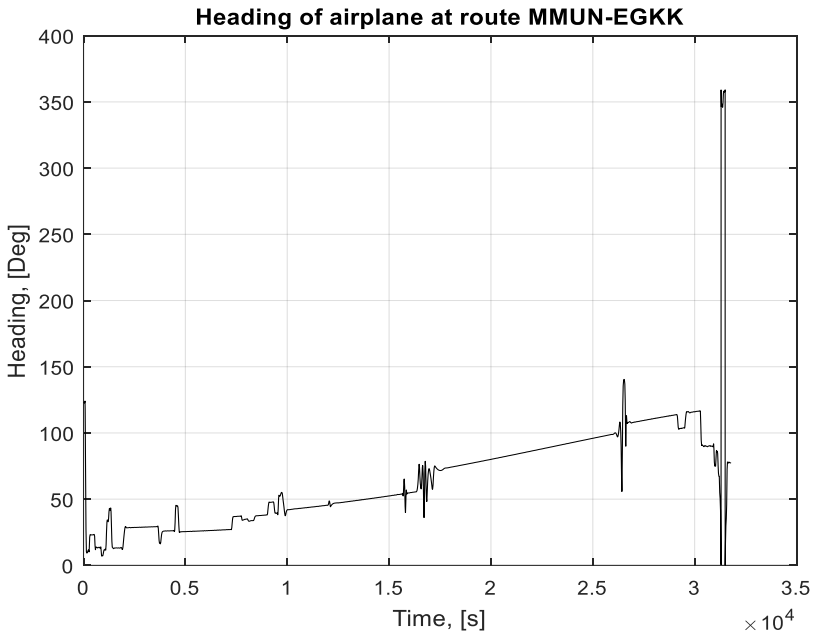

Рисунок 4.10 – Результати розрахунку курсу для рейсу UAL2105 від 11 листопада 2022

Висновки до четвертого розділу

Поява на повітряних лініях нової, високо ефективної й у той же час усе більше складної авіатехніки закономірно обумовлює зростання обсягу інформації, обробка якої необхідна й для правильної й своєчасної оцінки ризиків безпеки польотів. У зв'язку зі значним обсягом інформації, необхідним для достовірної оцінки тенденцій зміни ризиків безпеки польотів навіть в одному авіапідприємстві, не говорячи вже в цілому по галузі, збір цієї інформації, а в перспективі вироблення рекомендацій з формування УР, повинні бути автоматизовані із залученням сучасних засобів електронно-обчислювальної техніки.

Наземна мережа програмно керованих приймачів приймає і декодує дані, передані за концепцією ADS-B. Відповідно ідентифікаційний код літака з координатами місцеположення та барометричною висотою архівується у глобальних базах даних. Одночасну обробку даних від більше ніж 30 тис. програмно-керованих приймачів сигналів ADS-B, розміщених по всій планеті, забезпечують обчислювальні кластери компаній Flightradar24 та Flightaware.

РОЗДІЛ 5
Охорона праці та навколишнього середовища

5.1. Загальні положення

Охорона праці – це система правових соціально–економічних, організаційно–технічних, санітарно–гігієнічних та лікувально–профілактичних заходів і засобів щодо створення умов, які забезпечують безпеку, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Правовою основою законодавства щодо охорони праці є Конституція України, закони України: “Про охорону праці”, “Про охорону здоров’я”, “Про пожежну безпеку”, “Про забезпечення санітарного та епідеміологічного благополуччя населення”, а також Кодекс законів про працю України (КЗпП).

Основні положення щодо реалізації конституційного права громадян про охорону їх життя і здоров’я в процесі трудової діяльності, регулювання за участю відповідних державних органів відносин між власником підприємства, установи і організації або уповноваженим ним органом і працівником з питань безпеки, гігієни, праці та виробничого середовища і встановлення єдиного порядку організації охорони праці в Україні визначаються Законом України “Про охорону праці ”, прийнятим 14 жовтня 1992 року.

Загальні положення по техніці безпеки при обслуговуванні приладів зв’язку викладені в “Правилах технічної експлуатації апаратури провідного та радіозв’язку” та “Інструкції по техніці безпеки і виробничої санітарії для електромеханіків та електромонтерів”.

Найважливішою умовою нормальної експлуатації пристроїв радіо зв’язку є виконання заходів щодо охорони праці. Вони спрямовані на утворення нормальних умов праці і безпечної роботи обслуговуючого персоналу.

Однією з найважливіших задач організації робочих місць й удосконалювання умов праці є створення сприятливих фізіологічних та санітарно–гігієнічних умов на виробництві. При цьому основну увагу необхідно приділяти стану

повітряного середовища, рівням освітленості, шуму, вібрації, покращенню санітарно–побутового обслуговування, дотриманню режиму праці та відпочинку [10].

У робочому помешканні рекомендується комбіноване освітлення. Для загального освітлення застосовуються люмінесцентні світильники. Для місцевого освітлення, при роботі на стояках, варто використовувати переносні лампи напругою 36 – 40 В. Розетки з напругою 36 В повинні відрізнятися від розеток 220 В за формою і повинні бути відповідним чином підписані.

Для того, щоб у виробничих приміщеннях завжди було чисте повітря їх обладнують достатньою примусовою вентиляцією або періодично провітрюють. Вибір системи вентиляції залежить від призначення будівлі та її об'єму, характеру виділення та вимог до системи вентиляції.

Сильний, постійно діючий шум шкідливо відбивається на здоров'ї людей та їх працездатності. Основними засобами боротьби з шумом є звукопоглинання, звукоізоляція, застосування глушителів шуму. Застосовуються й особисті засоби захисту від шуму, наприклад, спеціальні звуковбирні навушники різноманітних типів. Добрий ефект надає обробка звуковбирними матеріалами стін та стель у цехах з великим рівнем шуму.

До робочого місця регулювальника апаратури відноситься ділянка, на якій він проводить регулювальні профілактичні та ремонтні заходи. На робочому місці повинні знаходитися: принципіальні схеми устаткування, схеми електроживлення, посадові інструкції, графіки технологічних процесів, оперативний журнал, справний повний комплект інструменту, діелектричні рукавички, аптечка, вогнегасники, необхідний запас матеріалу для виконання профілактичних робіт. Інструмент повинен знаходитися в зручному та доступному місці удалині від пристроїв під напругою.

До роботи з устаткуванням припускаються особи, що ознайомилися з інструкцією експлуатації на систему, що мають кваліфікаційну групу по електробезпечності не нижче III, які знають “Правила технічної експлуатації апаратури провідного і радіозв'язку” та пройшли інструктаж з техніки безпеки.

5.2. Розрахунок освітлення приміщення проектувальника апаратури

Приміщення повинні мати природне і штучне освітлення відповідно до СНиП II–4–79 "Естественное и искусственное освещение".

Природне світло повинно проникати через бічні світлопрорізи, зорієнтовані, як правило, на північ чи північний схід, і забезпечувати коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5%. Розрахунки КПО проводяться відповідно до СНиП II–4–79.

Робочі місця повинні бути достатньо освітленні. При штучному освітленні необхідно дивитися за тим, щоб воно було рівномірним. Цією умовою обумовлено використання комбінованого освітлення: загального та місцевого. При лампах накалювання загальне освітлення повинно складати 20%, місцеве – 80%; при люмінесцентному – загальне освітлення – 30%, місцеве – 70%.

Одним з основних питань охорони праці є організація раціонального освітлення виробничих приміщень.

Виробниче освітлення, правильно спроектоване і виконане, поліпшує умови здорової роботи, знижує стомленість, сприяє підвищенню продуктивності праці, сприятливо впливає на виробниче середовище, що чинить позитивний психологічний вплив на працівника, підвищує безпеку праці і знижує травматизм.

В усіх виробничих приміщеннях з постійним перебуванням у них людей для робіт у денний час варто передбачити природне освітлення як більш економічне й досконале з погляду медико–санітарних вимог у порівнянні зі штучним освітленням.

Раціональне електричне освітлення не можна вирішити довільним розміщенням джерел світла. Для вірного вибору світлового режиму необхідно знати норми освітлення, а також враховувати комплекс світлотехнічних і гігієнічних питань.

Проведемо розрахунок освітлення за методом коефіцієнта використання світлового потоку [11].

Цей метод дає можливість визначити світловий потік ламп, необхідне для досягнення заданої освітленості, або при заданому світловому потоці знайти освітленість. Метод використовується для розрахунку повного освітлення при горизонтальній робочій поверхні з урахуванням світла, відбитого стінами, стелею та підлогою.

Світловий потік лампи розраховується за формулою, лм:

$$F = \frac{E_н \cdot K \cdot S \cdot Z}{\eta \cdot N \cdot n}, \qquad (.1)$$

де $E_н$ – нормативна величина освітленості, лк;

K – коефіцієнт запасу вводять для компенсації зниження освітленості від старіння ламп;

S – площа поверхні, що освітлюється, м^2;

Z – відношення середньої освітленості до мінімальної (цей коефіцієнт вводять у зв'язку з тим, що нормується не середня, а мінімальна освітленість);

N – число світильників;

n – число ламп у світильнику;

η – коефіцієнт використання світлового потоку в частках одиниці, тобто відношення світлового потоку, що падає на поверхню, що розраховується, до сумарного потоку.

Згідно із санітарно–гігієнічними та технічними нормами використаємо люмінесцентні лампи з наступними характеристиками: $E_н = 750$ лк; $F = 4220$ лм; $K = 1{,}3$; $n = 2$. Розмір приміщення $A = 8$ м; $B = 5$ м; $h = 2{,}8$ м.

Площа поверхні, що освітлюється, розраховується за формулою, м^2:

$$S = A \cdot B, \qquad (.2)$$

де A – довжина приміщення;

B – ширина приміщення.

Розрахуємо площу за формулою (7.2):

$S = 8 \cdot 5 = 40$ м^2

Для визначення коефіцієнта використання η знаходять індекс **i** за формулою:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)}, \qquad (.3)$$

де h – розрахункова висота.

Розрахуємо індекс i за формулою (5.3):

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{8 \cdot 5}{2.8 \cdot (8 + 5)} = 1{,}1.$$

За нормативними документами по будівництву виробничих приміщень приймаємо коефіцієнт використання світлового потоку рівним $\eta = 64\%$.

Визначимо число світильників необхідних для освітлення цього приміщення:

$$N = \frac{E_H \cdot K \cdot S \cdot Z}{\eta \cdot F \cdot n} = \frac{750 \cdot 1.3 \cdot 40 \cdot 1.1}{0.64 \cdot 4220 \cdot 2} = 7{,}9 \ шт.$$

Отже, для освітлення приміщення регулювальника апаратури необхідно 8 люмінесцентних ламп.

5.3. Вимоги щодо електробезпеки, обладнання та організації робочого місця

Під час проектування радіосистем , монтажу силового електрообладнання та електричного освітлення будівель та приміщень для робочих місць необхідно дотримуватись вимог ПВЕ, ПТЕ, ПБЕ, СН 357–77 "Инструкция по проектированию силового осветительного оборудования промышленных предприятий", затверджених Держбудом СРСР, ГОСТ 12.1.006, ГОСТ 12.1.030 "ССБТ Электробезопасность. Защитное заземление, зануление", ГОСТ 12.1.019 "ССБТ Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защитьі", ГОСТ 12.1.045, ВСН 59–88 Держкомархітектури СРСР "Электрооборудова'ние жилых и общественных зданий. Нормы проектирования", Правил пожежної безпеки в Україні, а також розділів СНиП, що стосуються штучного освітлення і електротехнічних пристроїв, та вимог нормативно–технічної і експлуатаційної документації заводу–виробника ЕОМ.

Під час монтажу та експлуатації ліній електромережі необхідно повністю унеможливити виникнення електричного джерела загоряння внаслідок короткого замикання та перевантаження проводів, обмежувати застосування проводів з легкозаймистою ізоляцією і, за можливості, перейти на негорючу ізоляцію.

Робочі приміщення за електробезпекою поділяються:

- без підвищеної небезпеки;
- особливо небезпечні (присутність металевих підлог, підвищена вологість);
- з підвищеною небезпекою.

Площа, виділена для одного робочого місця , повинна складати не менше 6 $м^2$, а обсяг – не менше 20 $м^3$.

Робочі місця відносно світлових прорізів повинні розміщуватися так, щоб природне світло падало збоку, переважно зліва.

При розміщенні робочих місць з необхідно дотримуватись таких вимог:

– робочі місця розміщуються на відстані не менше 1 м від стін зі світловими прорізами;

– відстань між бічними поверхнями робочих місць має бути не меншою за 1,2 м;

– відстань між тильною поверхнею одного робочого місця та іншого не повинна бути меншою 2,5 м;

– прохід між рядами робочих місць має бути не меншим 1м.

5.4. Розрахунок захисного заземлення робочого місця

Захисним заземленням називають навмисне електричне з'єднання з землею чи її еквівалентом металевих не струмоведучих частин, які можуть опинитися під напругою. Воно призначено для усунення небезпеки ураження людей електричним струмом при появі напруги на конструктивних частинах електрообладнання, тобто при замиканні на корпус. Принцип дії захисного заземлення – зниження до безпечних значень напруг дотику та кроку, зумовлених замиканням на корпус. Це досягається зменшенням потенціалу заземленого устаткування, а також вирівнюванням потенціалів за рахунок підіймання потенціалу основи, на якій стоїть людина, до потенціалу, близького за значенням до потенціалу заземленого устаткування.

Захисне заземлююче обладнання складається з сукупності заземлювача і провідників, що заземлюють. Заземлювач являє собою провідник або сукупність металевих сполучених провідників, які знаходяться в безпосередньому зіткненні з землею. Провідник, який заземлює це металевий провідник, який з’єднує частини електричного устаткування, яке заземлюється, із заземлювачем.

Згідно з вимогами “Правил улаштування електроустановок опір захисного заземлення” в будь–яку пору року не повинен перевищувати 4 Ом.

Розрахуємо контур, який заземлює робоче місце.

У якості заземлювачів приймаються вертикальні заземлювачі із сталевих труб довжиною l = 1,7 м, діаметром D = 40 мм, розташованих в ряд із відстанню між

трубами у груповому заземленні d= 3,0 м. Ширина горизонтальної сполучної сталевої смуги в = 32 мм, глибина закладення смуги в грунт t_0 = 0,5 м. Ґрунт – глина, кліматична зона – четверта. Припустимий опір $R_з$ □ 4 Ом.

Визначимо опір одиночного вертикального заземлювача Rв, Ом:

$$R_в = 0{,}366 \cdot \left(\frac{\rho}{l}\right) \cdot \left[\lg\left(\frac{2 \cdot l}{D}\right) + \frac{1}{2} \cdot \lg\left(4S + \frac{l}{4 \cdot S} - l\right)\right], \quad (.4)$$

де ρ – питомий опір ґрунту за рік, Ом □ м;

l – довжина сталевих труб, l = 1,7 м;

D – діаметр вертикальних заземлювачів із сталевих труб, D = 40 мм;

S – відстань від поверхні ґрунту до кінця занурення смуги в ґрунт, м.

Питомий опір ґрунту за рік ρ , Ом □ м,

$$\rho = \rho_{гр} \cdot k_c, \quad (.5)$$

де $\rho_{гр}$ – питомий опір ґрунту, $\rho_{гр}$ □40 Ом□м;

k_c – коефіцієнт сезону, який враховує сезонне промерзання або висихання, k_c □ 1,2 м.

$\rho = 40 \cdot 1{,}2 = 48$ Ом □ м.

Відстань від поверхні ґрунту до кінця занурення смуги в ґрунт S, м,

$$S = t_0 + 0{,}5 \cdot l, \quad (.6)$$

де t_0 – глибина закладення смуги в грунт, t_0 = 0,5 м;

l – довжина сталевих труб, l = 1,7 м.

$$S = 0{,}5 + 0{,}5 \cdot 1{,}7 = 1{,}35_{\text{м.}}$$

Підставивши вихідні дані у формулу (5.4) одержимо

$$R_{в} = 0{,}366 \cdot \left(\frac{48}{1{,}7}\right) \cdot \left[\lg\left(\frac{2 \cdot 1{,}7}{0{,}04}\right) + \frac{1}{2} \cdot \lg\left(4 \cdot 1{,}35 + \frac{1{,}7}{4 \cdot 1{,}35} - 1{,}7\right)\right] = 23{,}01 \text{ Ом}$$

Кількість вертикальних заземлювачів n_1 визначаємо з виразу:

$$n_1 = \frac{R_{\text{в}}}{R_{\text{з}} \cdot \eta_{\text{в}}}, \qquad (.7)$$

де $R_{\text{в}}$– опір одиночного вертикального заземлювача, $R_{\text{в}}$ = 23,01 Ом;

$R_{\text{з}}$ – припустимий опір пристрою, який заземлює, $R_{\text{з}}$ = 4 Ом;

$\eta_{\text{в}}$ – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів, $\eta_{\text{в}}$ = 1

$$n_1 = \frac{23{,}01}{4} \approx 6 \text{штук.}$$

Для знайденого n_1 за формулою (8.4) визначимо за допомогою таблиці А.3 [12] коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів $\eta_{\text{в}}$ без урахування впливу горизонтальної сполученої смуги, при $d/l = 3/1{,}7 = 1{,}77$.

$\eta_{\text{в}}$ = 0,74.

Уточнимо кількість вертикальних заземлювачів $\boldsymbol{n_2}$ за формулою (.7),

$$n_2 = \frac{23{,}01}{4 \cdot 0{,}74} \approx 8 \text{ штук.}$$

Для знайденого n_2 аналогічно попередньому розрахунку визначимо $\eta_{\text{в}}$,

$\eta_{\text{в}}$= 0,72.

Згідно останньому розрахунку $\boldsymbol{\eta_{\text{в}}}$ знайдемо кількість вертикальних заземлювачів $\boldsymbol{n_3}$ за формулою (5.7),

$$n_3 = \frac{23{,}01}{4 \cdot 0{,}72} \approx 8$$ штук.

Так як різниця між останніми числами заземлювачів n_2 і n_3 становить менше одиниці, то останнє значення n приймемо рівним восьми штук, для якого $\eta_в$= 0,72.

Визначимо результуючий опір проектованого захисного пристрою, який заземлює $R_{гр}$, Ом,

$$R_{гр} = \frac{R_в \cdot R_г}{R_в \cdot \eta_г + n \cdot R_г \cdot \eta_в}, \qquad (.8)$$

де $R_в$ – опір одиночного вертикального заземлювача, $R_в$ = 23,01 Ом;

$R_г$ – опір горизонтальної сполученої смуги, Ом;

n – кількість вертикальних заземлювачів, n = 8 штук;

$\eta_г$ – коефіцієнт використання горизонтальної сполученої смуги групового заземлювача;

$\eta_в$ – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів, $\eta_в$ = 0,72.

Опір горизонтальної сполученої смуги $R_г$, Ом,

$$R_г = 0{,}366 \cdot \frac{\rho}{l_г} \cdot \lg\left(\frac{2 \cdot l_г^2}{в \cdot t_0}\right), \qquad (.9)$$

де ρ– питомий опір ґрунту за рік, Ом □ м;

$l_г$ – довжина горизонтальної смуги, м;

в – ширина горизонтальної сполучної сталевої смуги, в = 0,032 м;

t_0 – глибина закладення сполученої смуги в грунт, t_0 = 0,5 м.

Питомий опір ґрунту за рік □, Ом □ м,

$$\rho = \rho_{\text{гр}} K_C, \qquad (.10)$$

де $\rho_{\text{гр}}$ – питомий опір ґрунту, 40 Ом м;

K_C – коефіцієнт сезону для горизонтальних заземлювачів, який враховує сезонне промерзання або висихання, $К_С$ 2,0 м.

ρ 40 2,0 80 Ом м.

Довжина горизонтальної смуги $l_{\text{г}}$, м,

$$l_{\text{г}} = 1{,}05 \cdot d \cdot n, \qquad (.11)$$

де d – відстань між трубами у груповому заземленні, d= 3,0 м;

n – кількість вертикальних заземлювачів, n = 8 штук.

$l_{\text{г}}$ = 1,05 , м.

Коефіцієнт використання горизонтальної сполученої смуги групового заземлювача $\eta_{\text{г}}$ визначимо за таблицею А.4 [12],

$\eta_{\text{г}}$ = 0,78.

$$R_{\text{гр}} = \frac{23{,}01 \cdot 5{,}7}{23{,}01 \cdot 0{,}8 + 8 \cdot 5{,}7 \cdot 0{,}72} = 2{,}56 \text{ Ом}.$$

У зв’язку з тим, що $R_{\text{гр}} < R_{\text{з}}$ (2,56 Ом < 4 Ом) приймаємо кількість вертикальних заземлювачів, яку отримали в результаті розрахунку, восьми штук, а довжину горизонтальної смуги $l_{\text{г}}$ = 25,2 м.

Таким чином, за допомогою попереднього розрахунку захисного заземлення робочого місця, а також дотримання всіх необхідних норм щодо вентиляції, освітлення та електробезпеки при виконані робот по проектуванню, висотоміра

малих висот безпілотного літального апарата створені сприятливі і безпечні умови праці обслуговуючого персоналу.

5.5. Державні санітарні норми випромінювання в Україні, як заходи захисту навколишнього середовища

Відповідно до вимог Закону України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення», «Положення про державний санітарно-епідеміологічний нагляд в Україні» та «Державних санітарних норм і правил захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань», державний санітарно-епідеміологічний нагляд за базовими станціями мобільного стільникового зв'язку та іншими радіотехнічними об'єктами здійснюється на стадіях погодження місця їх розташування, експертизи проектів будівництва, прийняття в експлуатацію закінчених будівництвом об'єктів та протягом усього періоду експлуатації.

З метою захисту здоров'я населення України від впливу електромагнітних випромінювань наказом Міністерства охорони здоров'я України №239 від 01.08.96 р. були розроблені та затверджені «Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань» (далі – Санітарні норми). Дані норми були розроблені Лабораторією гігієни електромагнітних випромінювань Інституту гігієни і медичної екології ім. А.Н. Марзеєва Академії медичних наук України. Українські санітарні норми разом із методичними вказівками до них дозволяють суворо регламентувати умови розміщення та експлуатації базових станцій мобільного стільникового зв'язку і тим самим забезпечити належний захист здоров'я населення від впливу електромагнітних полів, що виникають у навколишньому середовищі. Відповідно до Санітарних норм, рівні електромагнітного поля, що створюються базовими станціями мобільного стільникового зв'язку на території, призначеній для забудови, у приміщеннях житлових і громадських будинків, лікувально-профілактичних, оздоровчих, дитячих дошкільних і шкільних закладів, у будинках інвалідів і людей похилого віку, зонах відпочинку, на дитячих і спортивних майданчиках тощо не повинні перевищувати гранично допустимий

рівень – 2,5 мкВт/см2. Слід зазначити, що вказаний рівень набагато жорсткіший, ніж норми, встановлені іншими країнами Європи та Америки В Україні встановлення будь-якого радіотехнічного об'єкта, що випромінює в навколишнє середовище електромагнітну енергію, повинно погоджуватися з державною санітарно-епідеміологічною службою.

Вивченням питань впливу електромагнітних випромінювань на здоров'я людини займається велика кількість державних і недержавних науково-дослідних установ, а також міжнародні організації, основні з яких – Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) та Міжнародний комітет із неіонізуючого випромінювання. Незважаючи на значну кількість проведених досліджень, на сьогодні відсутні достовірні дані, які б підтверджували, що малоінтенсивне електромагнітне випромінювання від базових станцій стільникового зв'язку, що розташовані та експлуатуються у відповідності до вимог санітарного законодавства, може завдавати шкоди здоров'ю людини.

5.6. Вплив електромагнітного випромінювання на організм люди

Група британських вчених з Ессекського університету провела експеримент на 56 добровольцях, які скаржилися на хворобливу чутливість до електромагнітного випромінювання (у більшості з них поряд із будинками знаходилися базові станції). В ході експерименту було встановлено, що люди, які скаржаться на підвищену чутливість до електромагнітного випромінювання, не можуть чітко визначити, працює чи не працює в конкретний момент передавач базової станції. Коли автори експерименту говорили їм, що передавач увімкнений, респонденти відразу починали помічати в себе різні симптоми (одні – головний біль, інші – нудоту, дехто відзначав погіршення зору), хоча насправді передавач залишався вимкненим. Інколи вчені робили вигляд, що вимикають базову станцію, і тоді всі симптоми у волонтерів відразу зникали. Для експерименту були використані базові станції, що працюють у GSM та UMTS –

стандартах. Таким чином, проведений експеримент дозволив стверджувати, що проблема впливу електромагнітного випромінювання на здоров’я населення має здебільшого психологічний характер.

Слід зазначити, що повідомлення в засобах масової інформації про виявлення випадків масового захворювання на рак населення, яке проживає поблизу місць встановлення базових станцій, викликали ряд протестів та сприяли зростанню соціальної напруги. На сьогоднішній день єдиним науково встановленим наслідком дії на людину РЧ-сигналів є підвищення температури тіла (> 1 ˚С) при дії полів дуже високої напруженості, які існують тільки на деяких промислових підприємствах (наприклад, поля, що випромінюються РЧ-нагрівачами) [13]. Коли енергія радіохвиль поглинається органами, може виникнути ефект нагріву, залежний від інтенсивності дії. Рівень нагріву, що виникає від дії радіохвиль в межах встановлених рівнів настільки низький, що нормальні для тіла процеси терморегуляції фактично розсіюють будь-яке тепло, яке може бути вироблене.

Всі встановлені на сьогоднішній день результати дії РЧ-випромінювання на здоров'ї пов'язані з нагрівом. РЧ-поля є неіонізуючими і не руйнують молекулярну структуру біологічного матеріалу. Так звані «нетеплові» результати дії були і продовжують бути предметом оцінки. До теперішнього часу, думка експертів з охорони здоров'я полягає в тому, що література про результати нетеплової дії є нечисленною і суперечливою і їх зв'язок із здоров'ям людини також сумнівний для використання даної інформації як підстави для встановлення меж дії електромагнітних полів на людину. Глибина, на яку радіохвилі проникають в опромінювані тканини, залежить від використовуваної частоти.

Ніякі підтверджені дослідження до теперішнього часу не показали несприятливих для здоров'я наслідків при рівнях дії нижче або відповідних загальноприйнятим. Фактично, при рівних рівнях дії РЧ-сигналів організм людини поглинає в п'ять разів більше сигналів від радіоприймача або телевізора у зв'язку з їх нижчою частотою, ніж від базових станцій. Це пояснюється тим, що частоти, використовувані в радіомовленні (близько 100 Мгц) і телебаченні

(близько 300 - 400 Мгц), нижче за частоти, використовувані в мобільному телефонному зв'язку (900 Мгц і 1800 Мгц). До того ж, станції радіо- і телебачення діють вже більше 50 років, і яких-небудь несприятливих дій на здоров'ї за цей час не виявлено. Всесвітня Організація Охорони Здоров'я заснувала спеціальний Міжнародний проект по вивченню електромагнітних полів та їх впливу на здоров'я людини. Провідні галузеві міжнародні організації, такі як Міжнародна комісія із захисту від неіонізуючого випромінювання (МКЗНВ), Міжнародне агентство з дослідження раку (МАДР), Інститут інженерів з електротехніки і радіоелектроніки (ІІЕР) підходять до вивчення даних проблем максимально серйозно. Зокрема, ВООЗ, реалізуючи Міжнародний проект по електромагнітних полях (ЕМП), розробила програму з моніторингу наукової літератури про це явище для оцінки його наслідків для здоров'я в результаті дії інтенсивністю про 0 до 300 Ггц з метою надання рекомендацій відносно можливих небезпек і визначення відповідних заходів по їх зменшенню. Особливо фахівців цікавлять поля радіочастотного діапазону, які створюються мобільними терміналами або базовими станціями мобільного зв'язку.

Після всесторонніх міжнародних оглядів Міжнародний проект по ЕМП стимулював проведення досліджень для заповнення прогалин в знаннях. У відповідь на це національні уряди і дослідницькі інститути вклали більше 250 мільйонів доларів в дослідження впливу електромагнітних полів за останніх 11 років [14]. Дані дослідження є масштабним науково-практичним завданням. Це пов'язано з тим, що складно відрізнити можлві наслідки дії дуже низьких сигналів, що випускаються базовими станціями, від наслідків дії інших сильніших РЧ-сигналів в навколишньому середовищі. В більшості випадків ученими різних країн досліджувалася дія ЕМП на користувачів мобільних телефонів. Дослідження мозкових хвиль, сприйняття і поведінки людей і тварин після дії РЧ-полів, таких як поля, що створюються мобільними телефонами, не виявили несприятливих наслідків для здоров'я. Під час цих досліджень рівні дії РЧ-сигналів приблизно в 1000 разів перевищували рівні дії на населення

сигналів базових станцій зв'язку або бездротових мереж. Яких-небудь послідовних даних про порушення сну або серцево-судинних функцій не зареєстровано. Особливу стурбованість людей викликає неперевірена інформація про випадки захворювання раком в районах, прилеглих до базових станцій мобільного зв'язку. З географічної точки зору випадки захворювання раком, в яких би то не було популяціях, розподілені нерівномірно.

Враховуючи той факт, що людину оточує велика кількість базових станцій зв'язку, можливе випадкове виникнення захворювань раком в місцях, розташованих поряд з базовими станціями. Більш того, часто зазначаються різні типи раку, які не мають загальних ознак і, тому, навряд чи можуть мати загальну причину. Враховуючи дуже низькі рівні дії і отримані на сьогоднішній день результати досліджень, можна відзначити, що не існує яких-небудь переконливих наукових даних, підтверджуючих, що слабкі РЧ-сигнали, що випускаються базовими станціями і бездротовими мережами, приводять до несприятливих наслідків для здоров'я.

5.7. Заходи щодо забезпечення екологічної безпеки

З огляду на те, що надфонові електромагнітні хвилі здатні несприятливо впливати на фізіологічні функції людини та спричиняти патологічні розлади і захворювання, не треба нехтувати можливою потенційною загрозою будь-якого додаткового опромінення, зокрема того, джерелом якого є стільниковий зв'язок. Користуючись ним, треба дотримуватися певних профілактичних заходів:

- звертайте увагу на таку технічну характеристику мобільного терміналу, як коефіцієнт поглинання випромінювання (SAR). Відносно безпечними вважаються прилади, які мають SAR не вище 1,0, краще до 0,5 - 0,6;
- використовуйте спеціальні малогабаритні захисні пристрої (вставки тощо), які зменшують потужність випромінювання приладів безпосередньо на тіло;
- без нагальної потреби не закріплюйте ввімкнені пристрої на поясі, не тримайте їх у кишенях, використовуйте для цього кейси, сумки тощо, які тримаєте в руках;

Дотримання цих простих рекомендацій значно зменшить потенційну загрозу негативного впливу випромінювання на здоров'я. Випромінювання антен базових станцій практично ніякого впливу на здоров’я людини не мають. Однак час постійного користування мобільним терміналом дорослою людиною в екранованих приміщеннях (кабіна, салон автомобіля, мікроавтобуса тощо) має бути обмеженим до 15 хвилин на добу.

Пам’ятайте, що ваш приймач телефон увесь час перебуває в активному стані очікування радіозв’язку, і тому не носіть його у кишені чи на грудях як медальйон, особливо це стосується молодих людей, вагітних жінок і дітей.

При користуванні терміналом не затуляйте задню кришку його корпуса долонею або пальцями руки. Наше тіло сильно поглинає електромагнітну хвилю, ослаблюючи сигнал від базової станції, що змушує прилади працювати з підвищеною потужністю.

Висновки до четвертого розділу

У цьому розділі виконано роботу про охороні праці , на етапах виконання льотних випробувань, вказано на умови виконання, персонал що залучається, права, обов'язки та кваліфікаційні можливості кожного з членів екіпажу.

ВИСНОВКИ

У роботі здійснено спробу визначення методики оцінки ризиків у БПЛА. Визначено, що основне призначення оцінки ризику – дати необхідні дані для прийняття рішень про доцільність участі у тому чи іншому процесі й передбачити заходи для захисту від можливих утрат.

При кількісному аналізі ризику можуть бути використані різні методи оцінювання. Чим досконалішими є методи кількісної оцінки, тим меншим стає чинник невизначеності.

Існує безліч спеціальних методів оцінки ризику у БПЛА, найбільш поширеними з яких є: статистичний метод, метод аналізу дерева відмов, метод аналізу дерева подій, метод експертних оцінок, Марковське аналізування,

імітаційне моделювання за методом Монте-Карло та Байєсівське аналізування тощо. Перелік можна продовжити, проте інші методи використовуються меншою мірою, а для їх реалізації необхідно мати відповідних фахівців.

Різні методи повинні застосовуватися залежно від стадії аналізу ризику і цілей дослідження. Методи можуть застосовуватися незалежно або на додаток один до одного, до того ж, якісні методи можуть включати кількісні критерії ризику (в основному, за експертними оцінками з використанням, наприклад, матриці “імовірність - тяжкість наслідків” ранжирування небезпеки). Повний кількісний аналіз ризику може включати всі зазначені методи або деякі з них.

Однак проведений аналіз наявних методів оцінки ризиків у БПЛА свідчить про серйозну необхідність подальшої їх розробки.

В процесі дослідження ми дійшли висновку, що жоден з розглянутих методів не є універсальним і лише їх комбінування може дозволити оцінити ризики у БПЛА з достатнім ступенем точності. З огляду на це, вважаємо за необхідне не тільки подальше вдосконалення наявних методів, а й створення комплексного методу оцінки ризиків, який би комбінував у собі переваги розроблених методів і водночас мінізував їх недоліки.

Варто зауважити, що методики, рекомендовані державними органами України, носять фрагментарний характер і не дозволяють у повному обсязі вирішувати важливі практичні завдання. Пропоновані методики оцінки ризиків мають істотні недоліки в практичному застосуванні (вони трудомісткі, вимагають численні кількісні дані), тому вони не знаходять широкого застосування на практиці. Великим недоліком багатьох зазначених раніше методик є те, що вони не враховують тривалість існування небезпечних факторів, а це в свою чергу не дає можливості розробляти ефективні способи запобігання появи ризиків.

Отже, ідентифікація, аналіз, управління ризиком дає можливість проводити аналіз наявних та імовірних загроз, розробляти заходи щодо зниження та попередження ризиків у БПЛА.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Авіація, промисловість, суспільство : матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф., (м. Кременчук, 12 трав. 2021 р.) : у 2 ч. / МВС України, Харків. нац. ун-т внутр. справ, Кременчуц. льотний коледж. – Харків : ХНУВС, 2021. – Ч. 1. – 576 с.
2. Безпека авіації /В.П. Бабак, В.П. Харченко, В.О. Максимов та ін. – К.: Техніка, 2004. – 584 с.
3. Білоус В. В. Класифікація безпілотних літальних апаратів та її значення для криміналістичної практики. Теорія та практика судової експертизи і криміналістики. 2016. – № 16. – С. 47-57.
4. Бондарєв Д. І. Моделі групових польотів безпілотних літальних апаратів з використанням теорії графів / Д. І. Бондарєв, Д. П. Кучеров, Т. Ф. Шмельова // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2015. – № 3. – С. 68-74.
5. Глотов В., Гуніна А. Аналіз можливостей застосування безпілотних літальних апаратів для аерознімальних процесів. Сучасні досягнення геодезичної науки і виробництва. 2014. Вип. 2. С. 65-70.
6. Желібо Є. П., Заверуха Н. М., Зацарний В. В. Безпека життєдіяльності. Навч. посіб. / за ред. Є. П. Желібо. 6-е вид. –К.: "Каравела", 2009, С. 37 – 55.

7. Квєтний Р. Н., Бойко О.Р., Борщова І. П. Система прийняття рішень для безпілотних літаків. // Системи технічного зору і штучного інтелекту з обробкою та розпізнаванням зображень. – 2010. – № 1. – С. 102-105.
8. Квєтний Р. Н., Борщова І. П. Система уникнення зіткнень для безпілотних літаків на основі мінімізації ризиків. // Наукові праці ВНТУ. – 2011. – № 3. – С. 1-4.
9. Керівництво з бойової роботи підрозділів безпілотних авіаційних комплексів ракетних військ і артилерії Збройних Сил України. – Київ: «Центр учбової літератури», 2022. – 93 с.
10. Книш Б. П., Бровко П. В. Класифікація безпілотних літальних апаратів. НТКП ВНТУ. Факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем. 2018. – С.1-3.
11. Ковтюх Н. П. Ризики у використанні безпілотних літальних апаратів в Україні і світі: правовий аспект [Текст] / Н. П. Ковтюх // Приватне та публічне право. № 2, 2019 : науковий журнал / СНАУ. - Херсон ; Суми : ВД "Гельветика", 2019. – С. 103-106.
12. Мартинюк О.Р. Оцінювання ризику в системі забезпечення безпеки польотів державної авіації України / О.Р. Мартинюк, О.В. Радько, Є.В. Гончаренко // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. – К.: НУОУ, 2019. – № 1(34). – С. 155-160.
13. Мащак А. В. Моделі для оцінки ризику експлуатації системи радіоуправління безпілотним літальним апаратом : дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук : 05.12.17 – радіотехнічні та телевізійні системи / Андрій Володимирович Мащак ; Міністерство освіти і науки України, Національний університет «Львівська політехніка». – Львів, 2016. – 161 с.
14. Методологія ситуаційного колективного управління пілотованими і безпілотними літальними апаратами в єдиному повітряному просторі : наук. матеріали [в 3-х т.] / [Харченко В. П., Шмельова Т. Ф., Знаковська Є. А. та ін. ; за ред. Харченко В. П.] ; Нац. авіац. ун-т, Каф. аеронавігац.

систем. - [К.] : [НАУ], 2017. - Т. 2 : Інтегровані корпоративні моделі для колективного управління пілотованими і БПЛА в єдиному повітряному просторі в умовах ризику і невизначеності. – [К.], 2017. – 119 с.

15. Міжнародний стандарт ISO 31000:2018 “Risk management – Guidelines”. Мосов С. Безпілотники – життєво важливий роботизований інструмент сучасності. Пожежна та техногенна безпека. 2021. №. 6. С. 14–15.
16. Мосов С. П., Хижняк В. В., Литовченко А. О., Ядченко Д. М. Класифікація, функції та завдання безпілотної авіації у сфері цивільного захисту україни / Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека № 2 (12) 2021. – С.54-68.
17. Національний стандарт України ДСТУ IES/ISO 31010:2013 “Керування ризиком. Методи загального оцінювання ризику”.
18. Національний стандарт України ДСТУ ISO Gude 73:2009 “Керування ризиком. Словник термінів”.
19. Обґрунтування господарських рішень та оцінювання ризиків / [Л. І. Донець, О. В. Шепеленко, С. М. Баранцева, О. В. Сергєєва, О. Ф. Веремейчик]; за заг. ред. Л. І. Донець. – К.: Центр учбової літератури, 2012. – 472 с.
20. Паранюк, Я. Д. Особливості оцінки ризику та його вплив на ефективність інноваційних проектів / Ярослав Дмитрович Паранюк // Економічний аналіз: зб. наук. праць / Тернопільський національний економічний університет; редкол.: О. В. Ярощук (голов. ред.) та ін. – Тернопіль: Видавничо-поліграфічний центр Тернопільського національного економічного університету «Економічна думка», 2017. – Том 27. – № 4. – С. 315-320.
21. Повітряний кодекс України : Закон України від 19 травня 2011 р. № 3393–VI.
22. Повітряний кодекс України: Відомості Верховної Ради України № 48-49, ст. 536 від 16.09.2011 р.:Основні визначення та термінологія - К. : Паливода А. В., 2011. – 108 с.

23. Положення про використання повітряного простору України : постанова Кабінету Міністрів України від 6 грудня 2017 р. № 954. URL: https:// zakon.rada.gov.ua/laws/show/954-2017-%D0%BF.
24. Про затвердження Авіаційних правил України «Правила використання повітряного простору України» : наказ Державної авіаційної служби України, Міністерства оборони України від 11 травня 2018 р. №430/210. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/ z1056-18.
25. Про затвердження Правил виконання польотів безпілотними авіаційними комплексами державної авіації України від 08.12.2016 № 661: наказ МО України.
URL : https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0031-17#Text
26. Радько О. В. Ризик-орієнтований підхід до планування інженерно-авіаційного забезпечення бойового застосування пілотованих та безпілотних авіаційних систем / Повітряна міць держави. Вип. № 1 (1), 2021. – С.133-135.
27. Рекомендації з оборонного планування на основі спроможностей в Міністерстві оборони України та Збройних силах України (від 13.06.2017 №5789/з/3) / Департамент воєнної політики, стратегічного планування та міжнародного співробітництва Міністерства оборони України // Київ, 2017. – 47 с.
28. Система управління ризиками авіаційної діяльності /Харченко В. П., Алєксєєв О.М/ Под ред. Харченко В.П.: – К. : НАУ, 2018. – 312 с.
29. Старостіна А. О. Ризик–менеджмент: теорія та практика: навч. посіб. / А. О. Старостіна, В. А. Кравченко – К. : ІВЦ «Видавництво «Політехніка», 2004. – 200 с.
30. Табачникова Е. Ю. Методичні підходи оцінювання ризиків діяльності підприємства //Економіка і менеджмент - 2013: перспективи інтеграції та інноваційного розвитку : зб. наук. праць Міжнар. наук.-практ. конф., 2013 р. : у 6 т. – Дніпро // Том 2. – 107 с.

31. Ткаченко І. О. Ризики у транспортних процесах : навч. посібник / І. О. Ткаченко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 114 с.
32. Knysh B. The classification of the certain types of the unmanned aerial vehicles / Knysh B., Brovko P., Popil D. // International periodic scientific jornal. Modern engineering and innovative technologies. Heutiges ingenieurwesen und innovative technologien. – 2017. – №2. – С. 34 – 39.
33. Ostroumov I.V., Kuzmenko N.S. Outliers detection in Unmanned Aerial System data. 2021 11th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT). 2021. P. 591-594..
34. Харченко В.П., Остроумов І.В. Авіоніка. Київ: НАУ, 2013. 281с. ISBN: 978-966-598-573-0.
35. 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. № 367. P. 297-310 DOI: 10.1007/978-3-030-94259-5_26.
36. Ostroumov I.V., Marais K., Kuzmenko N.S. Aircraft positioning using multiple distance measurements and spline prediction. Aviation. 2022. № 26(1). P. 1-10 DOI: 10.3846/aviation.2022.16589.
37. Ostroumov I.V., Kharchenko V.P., Kuzmenko N.S. An airspace analysis according to area navigation requirements. Aviation. 2019. № 23(2). P. 36-42 DOI: 10.3846/aviation.2019.10302 .
38. Ostroumov I.V., Kuzmenko N.S. Statistical Analysis and Flight Route Extraction from Automatic Dependent Surveillance-Broadcast Data. 2022 Integrated Communications Navigation and Surveillance Conference (ICNS). 2022. P. 1-9. DOI: 10.1109/ICNS54818.2022.9771515.
39. Ostroumov I.V., Ivashchuk O. Risk of mid-air collision estimation using minimum spanning tree of air traffic graph. Paper presented at the CEUR Workshop Proceedings of the 2st International Workshop on Computational &

Information Technologies for Risk-Informed Systems CITRisk-2021. 2022. № 3101. P. 322-334.

40. Ostroumov I.V., Kuzmenko N.S. A Probability Estimation of Aircraft Departures and Arrivals Delays. Gervasi O. et al. (eds) Computational Science and Its Applications – ICCSA 2021. ICCSA 2021. Lecture Notes in Computer Science. 2021. № 12950. P. 363-377 DOI: 10.1007/978-3-030-86960-1_26 .