

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

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач кафедри

Віктор ГНАТЮК  
“ ” 2023 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

**ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

**Тема:** «Перспективи використання супутникових систем CNS/ATM після відкриття повітряного простору України»

**Виконавець:** \_\_\_\_\_ Олексій ТІБСКІН  
(підпис)

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Олексій ГОЛУБЧИНИЙ  
(підпис)

**Консультанти з окремих розділів пояснювальної записки:**

**Консультант розділу «Охорона праці»** \_\_\_\_\_ Батир ХАЛІМУРАДОВ  
(підпис)

**Консультант розділу «Охорона навколишнього середовища»** \_\_\_\_\_ Андріан ЯВНЮК  
(підпис)

**Нормоконтролер:** \_\_\_\_\_ Денис БАХТІЯРОВ  
(підпис)

**Київ 2023**

# НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет аеронавігації, електроніки та телекомунікацій

Кафедра телекомунікаційних та радіоелектронних систем

Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітньо-професійна програма «Телекомунікаційні системи та мережі»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Віктор ГНАТЮК

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2023 р.

## ЗАВДАННЯ

### на виконання кваліфікаційної роботи

Тібекіна Олексія Сергійовича

(прізвище, ім'я, по батькові випускника в родовому відмінку)

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Перспективи використання супутникових систем CNS/ATM після відкриття повітряного простору України» затверджена наказом ректора від «28» вересня 2023 р. №1965/ст
2. Термін виконання роботи: з 02.10.2023 р. по 31.12.2023 р.
3. Вихідні дані до роботи: супутникові канали зв'язку системи CNS/ATM, модель розрахунку енергетики супутникової лінії зв'язку.
4. Зміст пояснювальної записки: аналіз супутникових систем CNS/ATM; дослідження перспектив використання супутникових систем CNS/ATM після відкриття повітряного простору України; енергетика перспективних супутникових ліній зв'язку CNS/ATM.
5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: ілюстративний матеріал до розділів кваліфікаційної роботи.

## 6. Календарний план-графік

| № пор. | Завдання   | Термін виконання          | Відмітка про виконання |
|--------|--|---------------------------|------------------------|
| 1      | Розробити деталізований зміст розділів кваліфікаційної роботи  | 10.10.2023-<br>18.10.2023 | Виконано               |
| 2      | Вступ  | 25.10.2023-<br>26.10.2023 | Виконано               |
| 3      | Аналіз супутникових систем CNS/ATM   | 28.10.2023-<br>07.11.2023 | Виконано               |
| 4      | Дослідження перспектив використання супутникових систем CNS/ATM після відкриття повітряного простору України | 09.11.2023-<br>16.11.2023 | Виконано               |
| 5      | Енергетика перспективних супутникових ліній зв'язку CNS/ATM  | 19.11.2023-<br>30.11.2023 | Виконано               |
| 6      | Охорона праці  | 02.12.2023-<br>08.12.2023 | Виконано               |
| 7      | Охорона навколишнього середовища   | 08.12.2023-<br>14.12.2023 | Виконано               |
| 8      | Усунення недоліків та захист кваліфікаційної роботи  | 18.12.2023-<br>31.12.2023 | Виконано               |

## 7. Консультанти з окремих розділів

| Розділ                                 | Консультант<br>(посада, П.І.Б.)         | Дата, підпис   |                  |
|--|---|----------------|------------------|
|  |   | Завдання видав | Завдання прийняв |
| Охорона праці                          | к.м.н., професор<br>Батир<br>ХАЛМУРАДОВ |                |                  |
| Охорона<br>навколишнього<br>середовища | к.б.н., доц.<br>Андріан ЯВНЮК           |                |                  |

8. Дата видачі завдання: “29” вересня 2023 р.

Керівник кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_  
(підпис керівника)

Олексій ГОЛУБЧИНИЙ  
(П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_  
(підпис випускника)

Олексій ТІБЄКІН  
(П.І.Б.)

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота «Перспективи використання супутникових систем CNS/ATM після відкриття повітряного простору України» містить

60 сторінка, 3 рисунки, 8 використаних джерел.

СИСТЕМА, АНТЕНА, ПРИЙМАЧ, ЕНЕРГЕТИКА, КОДЕКС, ПОЛОЖЕННЯ.

Об'єкт дослідження – процеси функціонування супутникових систем CNS/ATM в умовах режиму відновлення об'єктів критичної інфраструктури, пов'язаної з авіаційним транспортом.

Предмет дослідження – перспективи та особливості використання супутникових систем CNS/ATM після відкриття повітряного простору України.

Мета кваліфікаційної роботи – дослідити перспективи використання супутникових систем CNS/ATM після відкриття повітряного простору України.

Метод дослідження – метод системного аналізу (для аналізу перспектив використання супутникових систем CNS/ATM після відкриття повітряного простору України), методи математичного моделювання (для оцінювання та аналізу енергетики перспективних супутникових ліній зв'язку CNS/ATM).

## ЗМІСТ

|   |    |
|---|----|
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ .....   | 8  |
| ВСТУП.....  | 9  |
| РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУПУТНИКОВИХ СИСТЕМ CNS/АТМ.....   | 11 |
| 1.1. Супутникові радіонавігаційні системи.....  | 11 |
| 1.2. Супутникова аеронавігація в глобальних системах CNS/АТМ.....   | 12 |
| 1.3. Основні засоби забезпечення навігації.....   | 14 |
| 1.3.1. Загальна функціональна структура апаратури споживача.....  | 14 |
| 1.4. Системи глобального мобільного супутникового зв'язку в авіації.....  | 18 |
| 1.4.1. Структура і функції системи.....   | 18 |
| 1.5. Системи супутникового зв'язку, засновані на технології VSAT.....   | 19 |
| 1.5.1. Основні інформаційні аспекти.....  | 19 |
| РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРСПЕКТИВ ВИКОРИСТАННЯ СУПУТНИКОВИХ СИСТЕМ CNS/АТМ ПІСЛЯ ВІДКРИТТЯ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ УКРАЇНИ..... | 21 |
| 2.1. Основні механізми Управління безпекою в галузі авіації.....  | 21 |
| 2.2. Забезпечення дозвільного порядку використання повітряного простору України.....  | 25 |
| 2.3. Заборона та обмеження щодо використання повітряного простору України.....  | 26 |
| РОЗДІЛ 3. ЕНЕРГЕТИКА ПЕРСПЕКТИВНИХ СУПУТНИКОВИХ ЛІНІЙ ЗВ'ЯЗКУ CNS/АТМ.....  | 30 |
| РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....  | 37 |
| 4.1. Передмова.....   | 37 |
| 4.2. Санітарно-гігієнічні вимоги до умов праці.....   | 37 |
| 4.2.1. Профілактика надмірних дій тепла і холоду на організм людини.....  | 37 |
| 4.2.2. Санітарні вимоги.....  | 38 |
| 4.3. Вентиляція робочих зон.....  | 40 |

|  |           |
|--|-----------|
| 4.4. Профілактика шуму.....  | 40        |
| 4.5. Виробниче освітлення.....   | 41        |
| 4.5.1. Освітлення виробничих приміщень, перону і кабін повітряних суден..... | 43        |
| 4.6. Засоби гасіння пожеж.....   | 44        |
| 4.7. Забезпечення засобами індивідуального захисту.....                      | 45        |
| <b>РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ.....</b>  | <b>48</b> |
| 5.1. Шкідливі речовини.....  | 48        |
| 5.1.1. Класифікація шкідливих речовин.....                                   | 48        |
| 5.1.2. Особливості впливу токсичних речовин на організм людини.....          | 49        |
| 5.3. Вплив джерел шуму на організм людини.....                               | 50        |
| 5.4. Іонізуючі випромінювання.....   | 51        |
| 5.4.1. Вплив іонізуючого випромінювання на організм людини.....              | 51        |
| 5.4.2. Захист від іонізуючих випромінювань.....                              | 52        |
| 5.5. Електромагнітні поля радіочастот.....                                   | 54        |
| 5.5.1. Вплив електромагнітних полів на організм людини.....                  | 54        |
| 5.5.2. Захист від впливу електромагнітних полів.....                         | 55        |
| 5.6. Вплив авіаційного транспорту на природне середовище.....                | 56        |
| 5.6.1. Зменшення викидів, які завдають шкоди навколишньому середовищу.....   | 57        |
| <b>ВИСНОВКИ .....</b>  | <b>59</b> |
| <b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....</b>                                      | <b>60</b> |

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

CNS/ATM (Communication, Navigation, Surveillance/Air Traffic Management) - зв'язок, навігація, спостереження/організація повітряного руху.

ICAO (International Civil Aviation Organization) - Міжнародна організація цивільної авіації.

FANS (Future Air Navigation System) - спеціальний комітет з майбутніх аеронавігаційних систем.

РЛС - радіоканальна станція.

ADS (Automatic Dependent Surveillance) - автоматизоване залежне спостереження.

ASM (Air Space Management) - організація повітряного простору.

GNSS (Global Navigation Satellite System) - глобальна навігаційна супутникова система.

GBAS (Ground Based Augmentation Systems) - наземна система функціонального доповнення.

DGNSS (Differential GNSS) - диференціальна глобальна навігаційна супутникова система.

SBAS (Satellite-Based Augmentation System) - супутникова система функціонального доповнення.

AMSS (Aeronautical Mobile Satellite Service) - авіаційна мобільна супутникова служба.

VSAT (Very Small Aperture Terminal) - тип супутникової мережі з малим діаметром антени.



## ВСТУП

**Актуальність теми.** Впровадження супутникових систем у систему CNS/ATM підвищує безпеку польотів, забезпечуючи точне визначення місцезнаходження та ефективне стеження за рухом літаків. Це сприяє ефективній взаємодії між повітряними суднами. Оптимізація маршрутів та планування польотів за допомогою супутникових систем приводить до скорочення часу в польоті, зменшення споживання пального і викидів CO<sub>2</sub>, що підвищує ефективність та продуктивність авіаційної системи.

Супутникові системи стають ключовим елементом в авіаційних технологіях, встановлюючи нові стандарти ефективності та безпеки. Активне їх впровадження свідчить про готовність країни адаптуватися до сучасних тенденцій та підвищувати стандарти відповідно до міжнародних вимог. Використання таких систем також спрощує комунікацію та співпрацю з іншими країнами, особливо на трансконтинентальних маршрутах, що сприяє інтеграції України в європейський авіаційний простір.

Впровадження сучасних технологій, зокрема супутникових систем CNS/ATM, стимулює розвиток та інновації в авіаційній галузі, відкриваючи нові можливості для технологічного прогресу в індустрії.

**Мета і завдання дослідження.** Дослідити перспективи використання супутникових систем CNS/ATM після відкриття повітряного простору України.

Для досягнення поставленої мети вирішуються такі наукові завдання.

1. Аналіз супутникових систем CNS/ATM.
2. Дослідження перспектив використання супутникових систем CNS/ATM після відкриття повітряного простору України.
3. Енергетика перспективних супутникових ліній зв'язку CNS/ATM.

**Об'єктом дослідження є** – процеси функціонування супутникових систем CNS/ATM в умовах режиму відновлення об'єктів критичної інфраструктури,

пов'язаної з авіаційним транспортом.

**Предметом дослідження є** – перспективи та особливості використання супутникових систем CNS/ATM після відкриття повітряного простору України.

**Методи досліджень.** Метод системного аналізу (для аналізу перспектив використання супутникових систем CNS/ATM після відкриття повітряного простору України), методи математичного моделювання (для оцінювання та аналізу енергетики перспективних супутникових ліній зв'язку CNS/ATM).

#### **Наукова новизна отриманих результатів.**

У кваліфікаційній роботі отримано новий науково-технічний (прикладний) результат, який полягає в істотно вдосконалених прогнозованих процесах та послугах функціонування супутникових систем CNS/ATM після відкриття повітряного простору України, що можуть бути впроваджені в суспільну практику через технології електронних комунікацій.

#### **Практичне значення отриманих результатів.**

Отримані в кваліфікаційній роботі результати сприяють підвищенню рівня авіаційної безпеки шляхом забезпечення надійності авіаційного електрозв'язку, його своєчасного встановлення та сталого утримання впродовж усього польоту і в будь-який час доби за умови високої якості передавання повідомлень та їхньої достовірності, при використанні супутникових систем CNS/ATM в умовах режиму відновлення об'єктів критичної інфраструктури, пов'язаної з авіаційним транспортом.

#### **Апробація отриманих результатів.**

За результатами кваліфікаційної роботи підготовлено та обговорено проєкт матеріалів наукової доповіді, присвяченої перспективам використання супутникових систем CNS/ATM після відкриття повітряного простору України.

# РОЗДІЛ 1

## АНАЛІЗ СУПУТНИКОВИХ СИСТЕМ CNS/АТМ

### 1.1. Супутникові радіонавігаційні системи.

*Супутникові радіонавігаційні системи* – це космічні системи, які працюють у будь-яку погоду і надають можливість глобально визначати місцезнаходження рухомих об'єктів та їх швидкість в конкретний момент часу. Вони також забезпечують точну координацію часу. Згідно з концепцією ІСАО, супутникові навігаційні системи стануть основними засобами навігації в авіації найближчим часом.

Принцип роботи таких систем полягає в тому, що навігаційні супутники випромінюють спеціальні електромагнітні сигнали. Прилади, встановлені на об'єктах на землі або в космосі, приймають ці сигнали і, після обробки, надають дані про місцезнаходження та швидкість об'єкта в реальному часі або в певний момент часу.

*Супутникова радіонавігаційна система складається з п'яти основних сегментів:*

- Космічний сегмент представляє собою систему навігаційних супутників, які рухаються по еліптичних орбітах навколо Землі.
- Наземний керуючий сегмент включає центр керування космічним сегментом, радіолокаційні та оптичні станції спостереження та апаратуру контролю за станом супутників.
- Керуючий сегмент визначає параметри руху супутників, передає цифрову інформацію на бортову апаратуру, виконує контрольні та профілактичні функції.
- Сегменти космічних і наземних функціональних доповнень призначені для забезпечення точності навігаційних визначень та цілісності системи.

- Сегмент користувачів може включати безліч приймачів, які отримують сигнали супутників і розраховують місцезнаходження, швидкість та час з певними похибками [1].

## **1.2. Супутникова аеронавігація в глобальних системах CNS/ATM.**

На початку 1980-х років Міжнародна організація цивільної авіації (ICAO) визнала обмежені можливості існуючих аеронавігаційних систем. У 1983 році ICAO створила Спеціальний комітет з майбутніх аеронавігаційних систем (FANS), якому доручили вивчити, визначити та оцінити перспективні технології аеронавігації і розробити рекомендації на наступні 25 років.

Згідно з рекомендаціями FANS, безпека та ефективність польотів повітряних суден (ПС) забезпечуються системами організації повітряного руху. Основними складовими цих систем, які виконують ключові функції, є підсистеми зв'язку, навігації та спостереження.

**Підсистема зв'язку** відповідає за обмін інформацією між ПС та наземними службами.

**Підсистеми навігації** призначені для надання ПС необхідної інформації щодо їхнього місцезнаходження.

**Підсистеми спостереження** забезпечують наземні служби, зокрема диспетчерів управління повітряним рухом, необхідною інформацією про місцезнаходження ПС в зоні їхньої відповідальності.

У сучасному розумінні глобальні системи з функціями зв'язку, навігації, спостереження та управління повітряним рухом визначаються як системи CNS/ATM. Після вивчення існуючих систем з функціями CNS/ATM комітет FANS прийшов до висновку, що радіонавігаційні системи минулого століття можуть подолати обмеження існуючих систем лише за умови використання нових концепцій і супутникових технологій. Концепція FANS, відома як "Системи CNS/ATM", об'єднує супутникові технології та системи прямої видимості, які в сукупності відповідають оптимальним характеристикам аеронавігаційного забезпечення з технічної та

економічної точки зору. Важливою особливістю системи АТМ є те, що наземні та бортові функції для здійснення польотів утворюють цілісну функціональну частину, і їх обладнання слід розглядати як єдиний комплекс, який взаємодіє відповідно до потрібних навігаційних характеристик [1].

### **Основні вимоги до компонентів системи АТМ:**

у зв'язку - використання високошвидкісних ліній передачі даних із спеціальним видом модуляції;

у навігації - широке використання глобальної системи супутникової навігації на всіх етапах польоту з метою отримання економічних переваг, таких як вилучення з експлуатації матеріаломісткої частини існуючої навігаційної системи;

у спостереженні - оптимізація радіолокаційних станцій (РЛС) та автоматизованого залежного спостереження (ADS) з урахуванням критеріїв оптимальної пропускної спроможності, глобалізації робочої зони тощо;

у плануванні інфраструктури - організація повітряного простору (ASM), зорієнтована на впровадження необхідних навігаційних характеристик (RNP), методів зональної навігації (RNAV), включаючи моделювання;

у здійсненні польотів - акцент на визначенні їх ефективності від "перону до перону", тобто на всіх етапах;

у використанні повітряного простору - гнучке та скоординоване використання, не регламентоване, з урахуванням всіх користувачів, включаючи військових;

у плануванні польотів - впровадження і застосування інтерактивних та автоматизованих засобів;

в обслуговуванні повітряного руху (ОПР) - уніфікація систем оброблення даних для майбутнього інтегрування в регіональні та глобальні мережі;

### **Складовими супутникової навігації в системах CNS/АТМ є:**

- Супутникові навігаційні приймачі, які встановлюються на борту повітряного судна.

- Супутникові системи функціонального доповнення для наземного та космічного базування.

- Радіоканали передачі даних між бортовими навігаційними приймачами та функціональними доповненнями [1].

### **1.3. Основні засоби забезпечення навігації.**

#### ***1.3.1. Загальна функціональна структура апаратури споживача***

У складі сучасних комплексів апаратури для користувачів GNSS включають не лише приймач супутникових сигналів, але й засоби отримання інформації від систем наземних і космічних функціональних доповнень. Отримана та оброблена навігаційним приймачем інформація може передаватися в інші системи та комплекси, що відповідають за управління рухом об'єктів.

У складі апаратури користувача визначаються просторові координати, швидкість, час та інші навігаційні параметри об'єкта, на якому вона встановлена за інформацією, що надходить з навігаційного супутника.

На сьогодні багато компаній виробляють апаратуру для користувачів, включаючи ту, що призначена для авіаційних потреб. Зазвичай така апаратура працює за сигналами навігаційних супутників GPS та ГЛОНАСС. Принцип роботи апаратури користувача базується на такій схемі: сигнали навігаційних супутників (зазвичай, GPS і ГЛОНАСС) приймаються **антенною**, підсилюються і потрапляють на вхід приймача. У **приймачі** вони переносяться з несучої частоти на проміжну, і за допомогою аналого-цифрового пристрою перетворюються у цифрову форму. У **кореляторі** цифрові сигнали формуються у вигляді конкретних цифрових відліків, які є основою для реалізації алгоритмів пошуку сигналів враховуючи затримку, частоту, спостереження за супутниками та виділення навігаційних повідомлень.

**Навігаційний обчислювач** керує всіма компонентами апаратури користувача в цілому і виконує обчислювальні процедури для первинного та вторинного оброблення сигналів [1].

**Інтерфейс** забезпечує взаємодію компонентів апаратури користувача з зовнішніми пристроями та між собою.

## Анени GNSS

В обладнанні споживачів зазвичай використовують антени на несиметричних смугових лініях. Питання щодо подібних антен було широко висвітлено в літературі, зокрема з точки зору їх використання як випромінювачів плоских антенних решіток. Проте, інформації щодо їх проектування для супутникових навігаційних систем не багато. Антена GNSS повинна працювати в частотному діапазоні 1563...1615 МГц, приймати сигнали з верхньої півсфери в тілесному куті  $\pm 85^\circ$ , мати правобічну кругову поляризацію з коефіцієнтом еліптичності менше 3,5 дБ, забезпечувати коефіцієнт підсилення в секторі  $\pm 75^\circ$  не менше -2 дБ, а в секторі  $\pm 80...85^\circ$  не менше -7 дБ. Крім того, у її складі мають бути структури для просторового ослаблення електромагнітних коливань, відбитих від місцевих предметів, частотно-вибірні елементи для заглушення позасмугових випромінювань і малошумовий підсилювач потужності. Смугова резонаторна антена (рис.1.1) - це смуговий провідник, розташований над металеву площиною та діелектричною основою в місці, що відповідає точці збудження кругової поляризації, з'єднаної з вихідною лінією передавання. Принцип дії смугової резонаторної антени полягає в тому, що об'єм, обмежений між смуговим провідником і металеву площиною, є резонатором електромагнітних коливань. При відповідному збудженні в резонаторі виникають електромагнітні коливання.

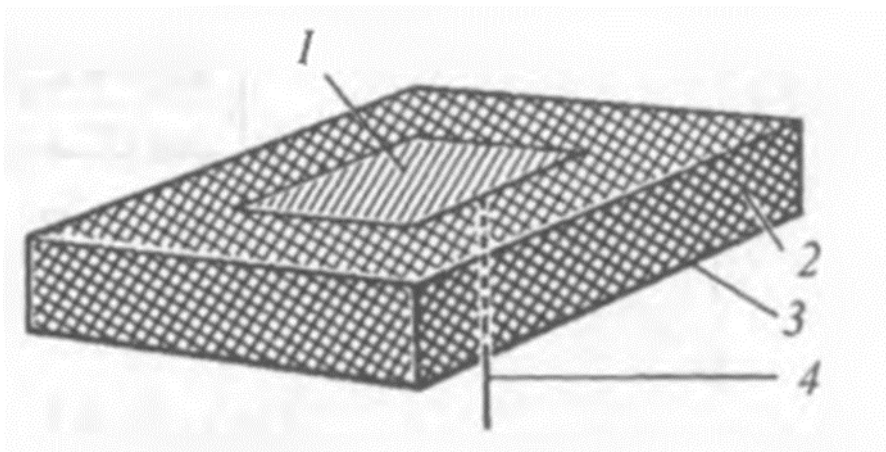


Рис 1.1. Смугова резонаторна антена

1 – смуговий провідник; 2 – діелектрична основа; 3 – металева площина;

4 – вихідна лінія передавання коливань.

Розміри смугового провідника майже рівні половині довжини хвилі. Кожна пара протилежних щілин, що розташована перпендикулярно до металевої площини і обмежена краями смужкового провідника, створює умови для випромінювання електричних магнітних хвиль у верхню півсферу, яка розташована над смуговим провідником.

Якщо відбудеться фазовий зсув  $90^\circ$  між електричними складовими поздовжніх і поперечних коливань, то випромінюване електричне магнітне поле матиме поляризацію, яка наближена до колової.

### **Приймач**

Вимоги до супутникового навігаційного приймача визначені в стандартах та рекомендаціях ICAO. Пристрій, через антенно-фідерний пристрій, отримує та обробляє сигнали від супутників GNSS, таких як GPS, ГЛОНАСС, GEO SBAS, а також сигнали від наземних систем GBAS та DGNSS. У зоні видимості користувача може перебувати від 9 до 11 супутників GPS, від 9 до 11 супутників ГЛОНАСС та 3 супутники GEO SBAS, загалом взаємодіючи з 19-23 супутниками.

Суміщений приймач GNSS, який використовує сигнали GPS і ГЛОНАСС, виключає непрацездатні супутники з урахуванням при розв'язанні навігаційних задач. Він постійно відстежує принаймні чотири супутники та розв'язує навігаційні задачі на основі зібраних даних.

Приймач GPS компенсує динамічний доплерівський зсув для коду C/A та фази несучої сигналу SPS. Приймач ГЛОНАСС компенсує вплив доплерівського зсуву на вимірювання фази несучої сигналу ГЛОНАСС.

Перед розв'язанням навігаційних задач приймачі GPS і ГЛОНАСС перевіряють правильність використання часу та ефемерид, безперервно слідкують за ідентифікаторами IODC та IODE, і оновлюють ефемеридні параметри часу при виявленні змін у цих параметрах супутника.

Приймач повинен відповідати вимогам щодо захисту від завад відповідно до стандартів ICAO. Суміщений приймач GNSS (GPS і ГЛОНАСС) має відповідати вимогам як приймачів GPS, так і ГЛОНАСС. Приймач GNSS, який взаємодіє з GEO



SBAS, повинен отримувати та обробляти сигнали SBAS та відповідати вимогам приймачів GPS.

Вимірювані псевдовідстані кожного супутника згладжуються фільтром з використанням параметрів несучої. Після ініціалізації відхилення фільтра складає менше 0,1 м протягом 200 секунд, що є показником стабільності фільтра. Якщо існує дрейф між фазою коду та інтегрованою фазою несучої, швидкість виправлення повинна бути не більше 0,01 м/с.

Розглянемо приймач системи ГЛОНАСС із подвійним перетворенням частоти. (рис. 1.2). На вході приймача розташований загальний змішувач, який отримує сигнали високої частоти від антени і сигнал від синтезатора, що в цьому випадку виступає як перший гетеродин.

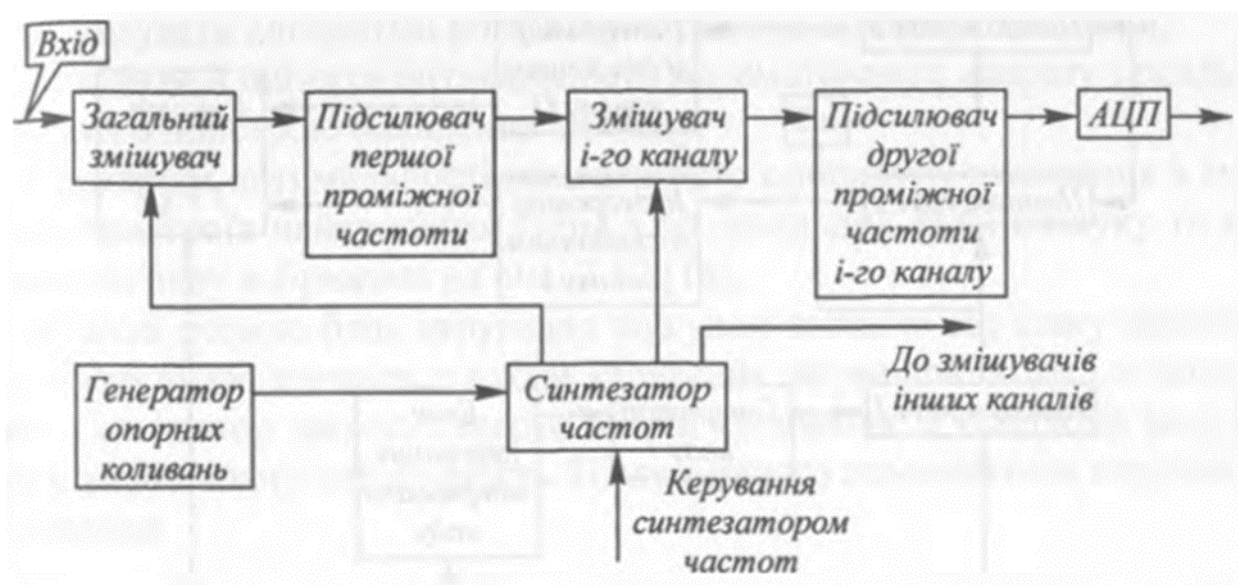


Рис 1.2. Схема приймача з подвійним перетворенням частоти

Після того як сигнали від усіх видимих навігаційних супутників перенесені на першу проміжну частоту від спільного змішувача, вони проходять фільтрацію та підсилення на цій частоті. Потім ці сигнали надходять на змішувачі і канали, кожен з яких обробляє сигнал лише від і-го супутника. Ті самі змішувачі отримують сигнали другого гетеродина, які створюються синтезатором частоти. Сигнали, перенесені на другу проміжну частоту, пройшовши фільтрацію та підсилення, потрапляють на входи аналого-цифрових перетворювачів (АЦП), де вони перетворюються в цифрову

форму для подальшого оброблення.

Існує різноманіття схемно-технічних реалізацій приймачів, таких як потрійне або одинарне перетворення частоти. Також можливе перетворення сигналів безпосередньо на вході приймача (на НВЧ) у цифрову форму.

Ключовими елементами приймача є генератор опорних коливань, частотна стабільність якого визначає точність апаратури, та схема пошуку сигналу навігаційного супутника [1].

## 1.4. Системи глобального мобільного супутникового зв'язку.

### 1.4.1. Структура і функції системи

Авіаційна мобільна супутникова служба (AMSS) складається з авіаційних наземних станцій (AES), штучних супутників Землі (ШСЗ) та однієї або декількох наземних станцій (GES). GES є станцією фіксованої супутникової служби, розташованою на суші, і відповідає за передачу в AMSS. Авіаційна наземна станція AES розташована на борту повітряного судна і не є засобом рятувальної служби. Зазначено, що структура протоколів супутникової підмережі ATN відповідає вимогам EMBBC (рис. 1.3).

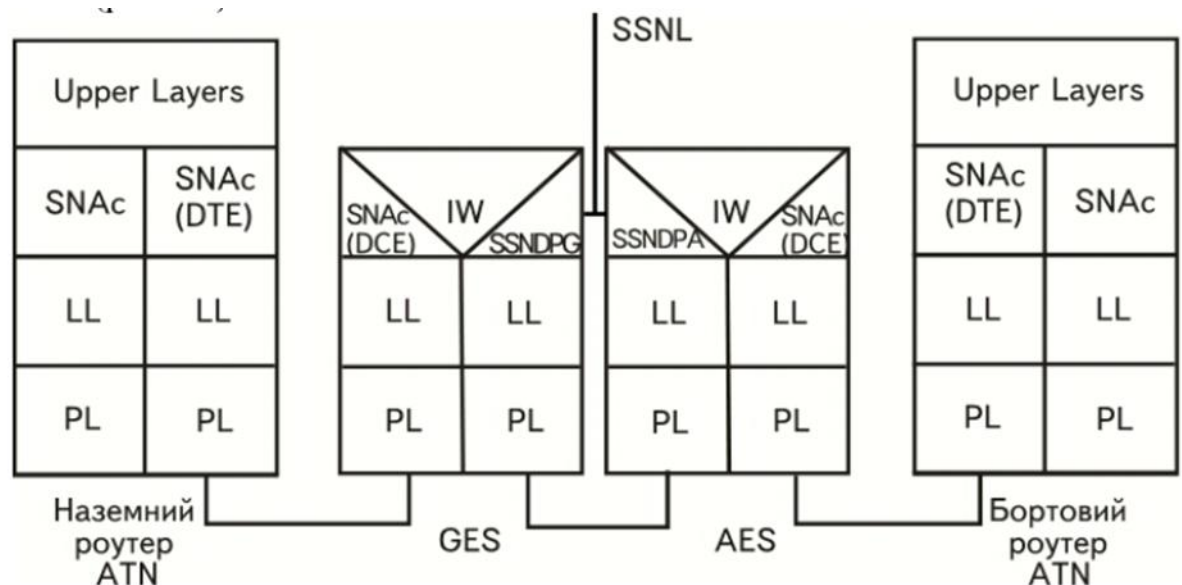


Рис. 1.3. Структура протоколів супутникової підмережі ATN

*Фізичний рівень* (PL – Physical Layer) відповідає за обробку даних, які надходять з підрівня MAC (Medium Access Control) канального рівня (LL – Link Layer). Його функції включають кодування/декодування, розділення даних на кадри, виявлення та корекцію помилок, модуляцію/демодуляцію сигналів, передавання/приймання сигналів, контроль потужності та часову синхронізацію.

*Канальний рівень* поділяється на два підрівні: підрівень MAC, який відповідає за арбітраж доступу та мультиплексування сигналів, і підрівень LLC, який забезпечує передавання та доставку інформації незалежно від її змісту.

*Підмережний рівень AMSS* виконує різні функції для передавання даних по супутникових каналах GES-AES і AES-GES. Його протоколи, такі як SSNDP, SNAc і IW, забезпечують ефективну комунікацію між підмережами.

*Рівень SSNL* на станціях AES і GES керує орієнтованим на з'єднання обслуговуванням пакетними даними через установлення з'єднань підмережі SNC. Він забезпечує прозорість інформації, вибір параметрів якості обслуговування та встановлення логічних каналів LCN для забезпечення зв'язку між об'єктами SSNDPA і SSNDPG [1].

## **1.5. Системи супутникового зв'язку, засновані на технології VSAT.**

### **1.5.1. Основні інформаційні аспекти**

В останні роки спостерігається інтенсивний розвиток систем зв'язку (СЗ), в яких використовуються земні станції (ЗС) з антенами малих розмірів VSAT. Цьому сприяють позитивні характеристики, притаманні технології VSAT. Основними з них є:

- Використання цифрових методів оброблення та передавання інформації;
- Достатня швидкість передавання інформації (до 2 Мбіт/с), що дозволяє передавати різноманітну інформацію;
- Малий розмір антен VSAT;
- Наявність станцій, які не потребують постійного обслуговування, що спрощує роботу та зменшує експлуатаційні витрати користувачів;

– Практично гарантована відсутність перешкод від цих станцій іншим радіоелектронним засобам;

– Простий процес введення земної станції VSAT в експлуатацію;

– Можливість розширення переліку послуг для користувачів.

Традиційні послуги, які надають оператори СЗ VSAT, включають телефонію, передачу факсів і даних. Однак на сучасному етапі активно розвиваються нові види послуг на базі інтерактивних мереж: відеотелефонія, домашній офіс, реклама і маркетинг, електронні газети, міжкомп'ютерна телефонія, відео за запитом, електронний магазин, відеоконференцзв'язок [2].

## **ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1**

У цьому розділі було досліджено та розглянуто супутникові радіонавігаційні системи, їх принципи роботи та складові. Особлива увага приділяється супутниковій аеронавігації в глобальних системах CNS/ATM, де надаються визначення основних компонентів системи організації повітряного руху та вимог до компонентів системи ATM. Детально розглядаються складові супутникової навігації в системах CNS/ATM.

Висвітлено та зображено структуру протоколів супутникової підмережі ATN з описами основних рівнів і загальну функціональну структуру апаратури споживача, включаючи важливі елементи, такі як смугова резонаторна антена та приймач з подвійним перетворенням частоти.

Додатково, розділ 1 стосується систем супутникового зв'язку, базованих на технології VSAT, розкриваючи їх основні аспекти. В цілому, розділ надає комплексне розуміння супутникових радіонавігаційних систем, їх місця в глобальних системах CNS/ATM та ключових аспектів апаратури споживача.

## РОЗДІЛ 2

# ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРСПЕКТИВ ВИКОРИСТАННЯ СУПУТНИКОВИХ СИСТЕМ CNS/АТМ ПІСЛЯ ВІДКРИТТЯ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ УКРАЇНИ

У зв'язку з військовим вторгненням РФ, згідно з вимогами Повітряного кодексу України та Положення про використання повітряного простору України органами ОЦВС та Державіаслужбою України 24 лютого 2022 року було вжито заходів щодо закриття повітряного простору України для цивільних користувачів повітряного простору [3].

Проведемо аналіз проблематики закриття повітряного простору України на основі *Повітряного кодексу України* та *Положення про використання повітряного простору України*.

### **2.1. Основні механізми Управління безпекою в галузі авіації.**

#### **Стаття 10. Забезпечення безпеки авіації.**

1. Авіаційна безпека охоплює безпеку польотів, безпеку авіації, екологічну безпеку, економічну та інформаційну безпеку.
2. Орган цивільної авіації вживає заходів для забезпечення безпеки цивільної авіації, встановлюючи критерії та рівень безпеки, проводячи аналіз і перевірки суб'єктів авіаційної діяльності, накладаючи обмеження та здійснюючи контроль за їх виконанням. Також може скасовувати ліцензії, накладати штрафи та інші заходи для забезпечення безпеки авіації.
3. Для дотримання стандартів Міжнародної організації цивільної авіації, орган може встановлювати обмеження на експлуатацію повітряних суден та дії суб'єктів авіаційної діяльності.
4. Уповноважений орган може встановлювати обмеження чи заборону на певні

дії суб'єктів авіаційної діяльності з метою забезпечення безпеки авіації та суспільства.

5. Експлуатант повітряних суден та організація з технічного обслуговування повинні мати не менше 50% авіаційного персоналу для забезпечення безпеки польотів та технічного обслуговування повітряних суден.

6. Для фінансової спроможності експлуатант комерційної авіації повинен відповідати вимогам авіаційних правил.

7. Орган цивільної авіації може обмежувати польоти іноземних авіаперевізників, якщо їх повітряні судна не відповідають стандартам Міжнародної організації цивільної авіації.

8. Суб'єкти авіаційної діяльності несуть відповідальність за забезпечення безпеки авіації.

9. У випадку невиконання обов'язків розробником або виробником, орган цивільної авіації приймає заходи для забезпечення безпеки польотів та льотної придатності повітряних суден.

10. Орган встановлює кваліфікаційні вимоги та погоджує кандидатури керівників суб'єктів авіаційної діяльності для забезпечення безпеки авіації згідно з авіаційними правилами [4].

#### **Стаття 11. Нормативно-правове регулювання.**

1. Законодавче регулювання у сфері цивільної авіації визначається прийняттям відповідних нормативно-правових актів та авіаційних правил України, які регулюють діяльність цивільної авіації та використання повітряного простору країни. Відповідальність за формування державної політики у цьому напрямку покладається на центральний орган виконавчої влади в галузі транспорту.

2. Авіаційні правила України є обов'язковими для всіх юридичних та фізичних осіб на території України, а також для суб'єктів авіаційної діяльності за її межами.

3. Розробка авіаційних правил України відбувається відповідно до міжнародних стандартів та рекомендацій, ураховуючи вимоги Міжнародної організації цивільної авіації, Міжнародної асоціації повітряного транспорту та інших авіаційних організацій, а також законодавства Європейського Союзу.

4. Авіаційні правила України встановлюють норми та вимоги до видів документів, термінів їх дії, порядку їх отримання та припинення дії, вимог до суб'єктів авіаційної діяльності, правил виконання польотів та аеронавігаційного обслуговування.

5. Визначається, що технічні терміни і визначення тлумачаться відповідно до міжнародних стандартів і рекомендацій, а також з урахуванням законодавства Європейського Союзу.

6. Влада у галузі цивільної авіації може звільнити суб'єктів авіаційної діяльності від окремих вимог авіаційних правил, якщо це визнається необхідним у інтересах суспільства та не порушує безпеку цивільної авіації.

7. Авіаційні правила України можуть прийматися з врахуванням структури документів Європейського Союзу [4].

#### **Стаття 14.** Визнання сертифікації суб'єктів та об'єктів авіаційної діяльності.

1. Уповноважений орган з цивільної авіації може визнати сертифікат або еквівалентний документ, виданий авіаційним органом іншої країни або компетентною організацією, якщо це передбачено міжнародним договором України та відповідними міжнародно-правовими актами, або якщо вимоги до його видачі були не менш суворі, ніж ті, що діють в Україні.

2. Процедура визнання сертифікатів та аналогічних документів, виданих авіаційними органами інших країн чи компетентними організаціями, регулюється авіаційними правилами України з урахуванням вимог відповідних міжнародно-правових актів і національного законодавства [4].

#### **Стаття 15.** Сертифікаційні перевірки та нагляд.

1. Уповноважений орган з цивільної авіації здійснює сертифікаційні перевірки для переконання у відповідності суб'єкта авіаційних правил України, інших нормативно-правових актів та нагляду, проводячи аудит та інспектування з питань виконання вимог нормативно-правових актів в галузі цивільної авіації. Державні інспектори та уповноважені особи відповідають за безпосереднє проведення сертифікаційних перевірок, контроль і інспектування.

2. Уповноважений орган з цивільної авіації реалізує планові та непередбачені перевірки для перевірки відповідності власника сертифіката вимогам, встановленим авіаційними правилами України та іншими нормативно-правовими актами. Потребу в проведенні непередбаченої перевірки визначає уповноважений орган з цивільної авіації.

Деякі види перевірок, які визначені авіаційними правилами України, проводяться без попереднього повідомлення [4].

**Стаття 21.** Система обов'язкових сповіщень щодо безпеки цивільної авіації.

1. Експертна установа, спільно з уповноваженим органом з цивільної авіації, формує систему обов'язкових сповіщень для розслідування авіаційних подій. Метою є збір інформації про фактичні чи потенційні недоліки в забезпеченні безпеки польотів.

2. Уповноважений орган визначає перелік подій та обсяг інформації, що підлягає обов'язковому сповіщенню суб'єктами авіаційної діяльності. Встановлюється порядок сповіщення, аналізу та вжиття заходів.

3. Інформація про авіаційні події вноситься до бази даних добровільних і обов'язкових сповіщень без вказання особистих даних. Уповноважені особи використовують цю базу для аналізу тенденцій та прийняття заходів.

4. Інформація в базі охороняється згідно з законодавством.

5. Конфіденційність інформації, зазначеної в частині третій, регулюється статтею 122 цього Кодексу, при розголошенні заінтересованим особам [4].

**Стаття 22.** Система добровільних сповіщень щодо безпеки цивільної авіації.

1. З метою підтримки збору інформації про реальні або потенційні проблеми в забезпеченні безпеки польотів, які систематично реєструються через систему обов'язкових сповіщень, створюється та утримується система вільних сповіщень про події в галузі цивільної авіації.

2. Ця система надає кожному громадянину можливість повідомити відповідному уповноваженому органу з питань цивільної авіації про події негативного характеру, які він виявив чи до яких він був причетний. Зазначена



система розробляється відповідно до принципів та процедур, що визначаються уповноваженим органом з цивільної авіації.

3. Особа, яка повідомляє про небезпечні події в цивільній авіації або чинники, які можуть створити загрозу для життя та здоров'я пасажирів, авіаперсоналу та експлуатаційних служб, не повинна бути об'єктом дискримінації, переслідування чи обмежень її прав і свобод.

4. Особа, яка надала навмисно недостовірну інформацію про факти, небезпечні події або чинники, що можуть становити загрозу для життя та здоров'я пасажирів, авіаперсоналу та експлуатаційних служб, а також інші загрози в цивільній авіації, несе відповідальність відповідно до законів України [4].

## **2.2. Забезпечення дозвільного порядку використання повітряного простору України.**

1. Управління повітряним простором України та умови його використання надаються органами об'єднаної цивільно-військової системи організації повітряного руху на підставі заявок, за винятком випадків, передбачених Повітряним кодексом України. Дозвіл на польоти видається за наявності заявки та обов'язкового дозволу.

2. Якщо заявка не відповідає вимогам, використання повітряного простору дозволяється без отримання дозволу. Органи управління можуть заборонити використання повітряного простору відповідно до встановлених правил. Порядок та умови надання дозволів визначаються Державіаслужбою і Міноборони.

3. Діяльність з використання повітряного простору, яка визначена законом, провадиться за рішенням органів Збройних Сил, Адміністрації, Держприкордонслужби, Головного авіаційного координаційного центру ДСНС та відділення планування польотів Національної гвардії. Інформація про цю діяльність повідомляється органам управління повітряним рухом негайно після ухвалення рішення.

4. Кожен політ повітряного судна у контрольованому повітряному просторі та

перетинання державного кордону виконується відповідно до плану польоту. Відхилення від плану дозволяється у випадку екстремальної ситуації, що загрожує безпеці.

5. Користувачі повітряного простору повинні готуватися до польоту та забезпечувати безпеку польотів у повітряному просторі класу G.

6. Польоти у міжнародному повітряному просторі та транзитні польоти цивільних повітряних суден виконуються за планом польоту та забезпечуються аеронавігаційним обслуговуванням. Дозвіл та план польоту потрібні для державних повітряних суден та інших випадків, передбачених законодавством.

7. Можуть бути встановлені обмеження на використання повітряного простору, повідомлені користувачам органами управління повітряним рухом [5].

### **2.3. Заборона та обмеження щодо використання повітряного простору України.**

Використання повітряного простору України може бути обмежено або заборонено Державіаслужбою та органами об'єднаної цивільно-військової системи організації повітряного руху відповідно до вимог Положення.

1. Заборона на використання повітряного простору України встановлюється:

1) Над атомними станціями, гідроелектростанціями, греблями, ключовими державними об'єктами, природними заповідниками та підприємствами з підвищеною екологічною небезпекою;

2) При загрозі національній безпеці, суверенітету над повітряним простором, територіальній цілісності України або під час збройного конфлікту, проведення спеціальних операцій на кордоні, збереження територіальної цілісності та конституційного ладу, при здійсненні нерегулярних рейсів між пунктами відправлення в Україні та призначення в державі-агресорі, за винятком рейсів для забезпечення місій міжнародних організацій (Організації Об'єднаних Націй, Організації з безпеки і співробітництва в Європі, Червоного Хреста).

2. Обмеження використання повітряного простору України може бути введено з метою перехоплення повітряних суден-порушників, супроводження нерозпізнаних цілей, авіаційних операцій для пошуку і рятування, запуску космічних об'єктів, підтримки повітряних суден рейсів "А", польотів безпілотних повітряних суден, авіаційних заходів, парадів, випробувань нової техніки, встановлення рекордів, пусків ракет, стрільб, бомбометань та десантування, вибухових операцій, перевірки бойової готовності авіаційних частин та сил з протиповітряної оборони, а також над областями масових заходів національного рівня.

3. Заборона на використання повітряного простору стає постійною. Обмеження використання повітряного простору України можуть бути як постійними, так і тимчасовими.

4. Заборона на використання повітряного простору України і обмеження використання повітряного простору на постійній основі встановлюються Державіаслужбою за поданням державних органів, підприємств, установ та організацій.

Заборона на використання повітряного простору України, яка передбачена у пункті 2 підпункту 30 цього Положення, встановлюється Державіаслужбою за запитом МВС, Національної поліції, Адміністрації Держприкордонслужби, Генерального штабу Збройних Сил та/або СБУ. Обмеження щодо використання повітряного простору України на тимчасовій основі встановлюються органами об'єднаної цивільно-військової системи організації повітряного руху за запитом користувача з урахуванням державних пріоритетів, визначених Повітряним кодексом України, та принципів гнучкого використання повітряного простору.

5. Обмеження щодо використання повітряного простору України на тимчасовій основі негайно встановлюються органами об'єднаної цивільно-військової системи організації повітряного руху з метою забезпечення діяльності, визначеної статтею 24 Повітряного кодексу України, у випадках стихійних лих, катастроф, аварій, аварійних ситуацій та інших загроз життю і здоров'ю людей, на підставі інформації про такі події.

6. Установлення, узгодження, схвалення та впровадження обмежень та заборон

на використання повітряного простору України, а також здійснення діяльності в його межах, а також оприлюднення інформації про введення цих обмежень та заборон і повідомлення про це визначається Державіаслужбою та Міністерством оборони.

7. В повітряному просторі України або його окремих частинах, де діють заборони чи обмеження, не забороняється:

- Діяльність підприємств, установ і організацій, в інтересах яких встановлені заборони.

- Діяльність підприємств, установ, організацій або користувачів повітряного простору, в інтересах яких встановлені обмеження, а також інших користувачів за умови дотримання встановлених обмежень.

- Діяльність, яка передбачена пунктами 1-5 частини другої статті 24 Повітряного кодексу України.

- Виконання спостережних польотів відповідно до положень Договору про відкрите небо від 24 березня 1992 року.

У випадку здійснення діяльності, описаної в четвертому та п'ятому абзацах цього пункту, органи об'єднаної цивільно-військової системи організації повітряного руху повідомляють про це підприємства, установи, організації та користувачів повітряного простору, чиї інтереси підлягають забороні або обмеженню. Крім того, вони вимагають припинення будь-якої іншої діяльності у повітряному просторі України чи його окремих частинах, де встановлено обмеження чи заборону щодо використання повітряного простору [5].

## **ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2**

У результаті військового конфлікту та відповідно до вимог Повітряного кодексу України та Положення про використання повітряного простору України, 24 лютого 2022 року були прийняті заходи щодо закриття повітряного простору для цивільних користувачів. Аналізовані статті, зокрема Статті 11, 14, 15, 21 і 22, дозволяють визначити нормативно-правову систему, яка регулює сертифікацією суб'єктів та

об'єктів авіаційної діяльності, забезпеченням безпеки цивільної авіації та процесами повідомлень щодо безпеки.

Закриття повітряного простору має за мету забезпечення безпеки громадян та інфраструктури у контексті військового конфлікту. Це діяльність, яка відповідає вимогам міжнародних та внутрішніх нормативних документів з авіаційної безпеки. Аналіз проблематики закриття повітряного простору України також вказує на важливість дотримання встановлених правил та процедур для забезпечення ефективного функціонування авіаційної системи в умовах кризового стану.

Заборона та обмеження щодо використання повітряного простору України", визначає не лише факт закриття повітряного простору, але й розглядає його обмеження та обґрунтування. Враховуючи причини та об'єкти обмежень, можна встановити, що вони мають чітке обґрунтування в контексті забезпечення безпеки національної авіаційної системи під час воєнного стану.

### РОЗДІЛ 3

## ЕНЕРГЕТИКА ПЕРСПЕКТИВНИХ СУПУТНИКОВИХ ЛІНІЙ ЗВ'ЯЗКУ CNS/ATM

Ескізне проєктування радіотехнічних систем та мереж базується на ретельному відборі (і розрахунку) енергетичних характеристик обладнання: потужності передавача, коефіцієнта шуму приймача, коефіцієнта підсилення антен і втрат в антенно-фідерному тракті, що відповідають встановленим вимогам до якості та надійності роботи мережі. Після проведення енергетичного розрахунку визначається структура станції та елементна база, уточнюється конфігурація радіоканалів і мережі в цілому, а також проводиться їх техніко-економічне обґрунтування.

Взаємозв'язок рівнів потужності сигналу на вході і виході радіолінії може бути представлений виразом (3.1).

$$P_{\text{ПРМ}}^{\text{дБм}} = P_{\text{ПРД}}^{\text{дБм}} - L_{\Sigma}^{\text{дБ}}, \quad (3.1)$$

$P_{\text{ПРМ}}^{\text{дБм}}$  - рівень потужності сигналу на вході приймача, дБм;

$P_{\text{ПРД}}^{\text{дБм}}$  - рівень потужності сигналу на виході передавача, дБм;

$L_{\Sigma}^{\text{дБ}}$  - сумарне загасання сигналу в супутниковій радіолінії, дБ.

Позначення "дБм" вказує на "дБмВт", що представляє рівень сигналу в децибелах відносно опорного значення потужності 1 мВт. Формула перетворення потужності сигналу (в міліватах) в рівень потужності сигналу (в децибелах) виглядає так:  $P^{\text{дБм}} = 10 \lg P^{\text{мВт}}$ .

Такий самий підхід використовується для перетворення будь-яких відношень, виражених у разях, в децибели, якщо ці відношення стосуються потужності, наприклад  $L_{\Sigma}^{\text{дБ}} = 10 \lg L_{\Sigma}$ , де  $L_{\Sigma} = P_{\text{ПРД}}^{\text{мВт}} / P_{\text{ПРМ}}^{\text{мВт}}$  - загасання сигналу в супутниковій радіолінії у разях.

Для радіолінії «ШСЗ – GES» (GES – Ground Earth Station – наземна земна

станція; існують ще AES – Airborne Earth Station – авіаційна земна станція, а також інші види «Earth Station», тобто такі станції/термінали, які стосуються земного сегменту) рівень потужності сигналу на вході приймача GES може бути визначений з урахуванням (3.1) за формулою (3.2):

$$P_{\text{ПРМ}}^{\text{дБм}} = P_{\text{ПРД}}^{\text{дБм}} - \Delta W_{\text{ПРД}}^{\text{дБ}} + G_{\text{ПРД}}^{\text{дБ}} - W_0^{\text{дБ}} - W_{\text{ДОД}}^{\text{дБ}} + G_{\text{ПРМ}}^{\text{дБ}} - \Delta W_{\text{ПРМ}}^{\text{дБ}}, \quad (3.2)$$

$P_{\text{ПРД}}^{\text{дБм}}$  - рівень потужності сигналу на виході передавача ШСЗ, дБм;

$\Delta W_{\text{ПРД}}^{\text{дБ}}$  - втрати у антенно-фідерному тракті передавальної системи на ШСЗ, дБ; значення залежить від конструкції антенно-фідерного тракту, діапазону робочих частот та може бути розраховано за формулою (3.3);

$\Delta W_{\text{ПРМ}}^{\text{дБ}}$  - втрати у антенно-фідерному тракті приймальної системи GES, дБ; значення аналогічно до може також бути розраховано за формулою (3.3);

$G_{\text{ПРД}}^{\text{дБ}}$  - коефіцієнт підсилення передавальної апертурної антени ШСЗ, дБ, значення якого можна визначити за формулою (3.4);

$G_{\text{ПРМ}}^{\text{дБ}}$  - коефіцієнт підсилення приймальної апертурної антени GES, дБ, значення якого можна також визначити за формулою (3.4);

$W_0^{\text{дБ}}$  - втрати сигналу у вільному просторі, дБ, значення яких можна визначити за формулою (3.5);

$W_{\text{ДОД}}^{\text{дБ}}$  - додаткове загасання сигналу в радіолінії, дБ, яке складається із загасання радіосигналу в атмосфері, його загасання в опадах та втрат через неточність наведення (юстування) антен (3.8).

Втрати у антенно-фідерному тракті передавальної системи на ШСЗ та приймальної системи GES:

$$\Delta W^{\text{дБ}} = 10 \lg \left( \frac{1}{\eta} \right), \text{ дБ}, \quad (3.3)$$

де  $\eta \approx 0,85 \dots 0,98$  - коефіцієнт передачі потужності антенно-фідерного тракту. Коефіцієнт підсилення апертурної антени можна оцінити за діаметром її апертури

(дзеркала, рефлектора тощо) та довжині робочої хвилі:

$$G^{\text{дБ}} = 10 \lg \left[ \left( \frac{\pi D}{\lambda} \right)^2 \gamma_A \right], \text{ дБ}, \quad (3.4)$$

де  $D$  – діаметр апертури антени, м;

$\lambda$  – довжина робочої хвилі у радіолінії «ШСЗ – GES», м;

$\gamma_A \approx 0,5 \dots 0,7$  – коефіцієнт використання площі апертури антени.

Втрати енергії радіохвиль для радіолінії “ШСЗ – GES” при розповсюдженні у вільному просторі визначаються виразом:

$$W_0^{\text{дБ}} = 20 \lg \left( \frac{4\pi R_{\Pi}}{\lambda} \right), \text{ дБ}, \quad (3.5)$$

де  $R_{\Pi}$  - похила дальність, м; похилою дальністю є відстань по прямій від GES до ШСЗ, яка може бути визначена за допомогою виразу

$$R_{\Pi} = \sqrt{R_3^2 + (R_3 + H)^2 - 2(R_3 + H)R_3 \cos \rho}, \text{ м}, \quad (3.6)$$

де  $R_3 = 6,367 \cdot 10^6$  м – радіус Землі (при її апроксимації сферою);

$H$  - висота орбіти ШСЗ, м;

$\rho$  - топоцентричний параметр, який визначається з виразу:

$$\cos \rho = \cos Lat \cos (Д - Lon) \cos III + \sin Lat \sin III, \quad (3.7)$$

де  $Lon$  – географічна довгота (longitude) підсупутникової точки, Осх. д.; градуси західної довготи враховуються як від’ємні, тобто із знаком «-»;

$Lat$  – географічна широта (latitude) підсупутникової точки, Опн.ш.; градуси південної широти враховуються як від’ємні, тобто із знаком «-»;



Д – географічна довгота розташування GES, 0сх.д.; градуси західної довготи враховуються як від’ємні, тобто із знаком «-»;

Ш – географічна широта розташування GES, 0пн.ш.; градуси південної широти враховуються як від’ємні, тобто із знаком «-».

Підсупутниковою точкою є точка на поверхні Землі, яка утворюється при перетині поверхні Землі з прямою, яка сполучає центр Землі та ШСЗ. Умовним додатним напрямом градусів довготи є напрям на схід, а для градусів широти – на північ. Додаткове загасання сигналу в радіолінії  $W_{\text{ДОД}}^{\text{дБ}}$  складається із загасання радіосигналу в атмосфері  $W_{\text{А}}^{\text{дБ}}$ , його загасання в опадах (гідрометеорах)  $W_{\text{Г}}^{\text{дБ}}$  та втрат через неточність наведення (юстування) антен  $W_{\text{Н}}^{\text{дБ}}$ :

$$W_{\text{ДОД}}^{\text{дБ}} = W_{\text{А}}^{\text{дБ}} + W_{\text{Г}}^{\text{дБ}} + W_{\text{Н}}^{\text{дБ}}, \text{ дБ}, \quad (3.8)$$

Загасання в атмосфері  $W_{\text{А}}^{\text{дБ}}$  виникає через поглиблення в тропосфері і має виражений частотно-залежний характер з резонансними піками при частотах 22 та 165 ГГц (для водяного пару), а також 60 та 120 ГГц (для кисню). Довжина шляху поширення радіосигналу в атмосфері і, отже, його загасання, залежить від еквівалентної товщини атмосфери та від кута місця  $El$  налаштування антени земної станції:

$$W_{\text{А}}^{\text{дБ}} = \frac{\gamma_0 h_0 + \gamma_{\text{В}} h_{\text{В}}}{\sin El}, \text{ дБ}, \quad (3.9)$$

де  $\gamma_0$  – погонне загасання радіосигналу у кисні, дБ/км; у діапазоні частот 10...20 ГГц.

$$\gamma_0 \approx 0,02 \text{ дБ/км};$$

$\gamma_{\text{В}}$  – погонне загасання у водяній парі, дБ/км; при абс. вологості повітря 7,5 г/м<sup>3</sup> на частоті 10 ГГц дБ/км; 15 ГГц – дБ/км; 20 ГГц – дБ/км;

$h_0$  - еквівалентна товщина (висота) шару кисню; на практиці з достатньою точністю можна вважати, що  $h_0 \approx 6$  км;

$h_B$  - еквівалентна товщина (висота) шару водяної пари; на практиці з достатньою точністю можна вважати, що  $h_B \approx 2,2$  км.

Важливими параметрами, які визначають напрям на ШСЗ чи інший об'єкт у місці розташування користувача (GES, спостерігача тощо), є азимут  $Az$  та кут місця  $El$ , які вимірюються у градусах.

**Азимут** ( $Az$  – Azimuth) є кутом у площині горизонту (горизонтальній площині, дотичній у місці розташування спостерігача чи GES до поверхні Землі при її апроксимації сферою), який відраховується за годинниковою стрілкою від напрямку на північ до проекції напрямку на спостережуваний об'єкт (ШСЗ) у площині горизонту. Азимут визначає просторову орієнтацію (напрямок) на спостережуваний об'єкт у горизонтальній площині. При налаштуванні (юстуванні) антени наземного користувача азимут показує, куди повертати антену (точніше головну пелюстку її діаграми спрямованості) за сторонами світу. **Кут місця** ( $El$  – Elevation angle) є кутом між напрямком на спостережуваний об'єкт (ШСЗ) та площиною горизонту. Кут місця залежить від географічних координат розташування GES, а також від положення ШСЗ на орбіті. В загальному випадку кут місця може бути визначений з виразу

$$El = \arctg \frac{\cos \rho - \alpha}{\sin \rho}, \text{ град.}, \quad (3.10)$$

де  $\alpha = \frac{R_3}{R_3 + H}$

Згасання радіосигналу в опадах (гідрометеорах)  $W_{\Gamma}^{\text{дБ}}$  можна припустити рівним 3 дБ, а втрати через неточність наведення (юстування) антен  $W_{\text{H}}^{\text{дБ}} \approx 1$  дБ.

### Приклад розрахунку

Рівень потужності передавача у дБм (при потужності передавача 15 Вт).

$$R_{\text{ПРД}} = 10 \log(15 \cdot 1000) = 41,761 \text{ дБм.}$$

$$\eta_{\text{ПРД}} = 0,9$$

$$\Delta W_{\text{ПРД}} = 10 \lg\left(\frac{1}{0,9}\right) = 0,458 \text{ дБ}$$

$$\eta_{\text{ПРМ}} = 0,9$$

$$\Delta W_{\text{ПРМ}} = 10 \lg \left( \frac{1}{0,9} \right) = 0,458 \text{ дБ}$$

$$f = 12 * 10^9 \text{ Гц};$$

$$\lambda = \frac{3 * 10^8}{f} = \frac{3 * 10^8}{12 * 10^9} = 0,025 \text{ м.}$$

$$D_{\text{ПРД}} = 1 \text{ м.}$$

$$\gamma_{\text{ПРД}} = 0.5$$

$$G_{\text{ПРД}} = 10 \lg \left( \frac{\pi D}{\lambda} * \gamma_{\text{ПРД}} \right) = 17.982 \text{ дБ}$$

$$G_{\text{ПРМ}} = 0.513 \text{ м.}$$

$$\gamma_{\text{ПРМ}} = 0.7$$

$$G_{\text{ПРМ}} = 10 \lg \left( \frac{\pi D_{\text{ПРМ}}}{\lambda} * \gamma_{\text{ПРМ}} \right) = 16.544 \text{ дБ}$$

$$Lon = 28.73$$

$$Lat = 45.43$$

$$D = 25.65$$

$$III = 50.41$$

$$R_3 = 6,367 * 10^6 \text{ м.}$$

$$H = 5.5 * 10^5 \text{ м.}$$

$$\rho = \frac{180}{\pi} * \arccos \left[ \cos \left( Lat * \frac{\pi}{180} \right) * \cos \left[ (D - Lon) * \frac{\pi}{180} \right] * \cos \left( III * \frac{\pi}{180} \right) + \sin \left( Lat * \frac{\pi}{180} \right) * \sin \left( III * \frac{\pi}{180} \right) \right] = 5.39$$

$$\cos \left( \rho * \frac{\pi}{180} \right) = 0.995579$$

$$R_H = \sqrt{R_3^2 + (R_3 + H)^2 - 2(R_3 + H) R_3 \cos \left( \rho * \frac{\pi}{180} \right)} = 831.808 * 10^3 \text{ м.}$$

$$W_0^{\text{дБ}} = 20 \lg \left( \frac{4\pi R_H}{\lambda} \right) = 172.426 \text{ дБ.}$$

$$\gamma_0 = 0,02 \text{ дБ/км.}$$

$$h_0 = 6 \text{ км.}$$

$$\gamma_B = 0.004 \text{ дБ/км.}$$

$$h_B = 2.2 \text{ км}$$

$$\alpha = \frac{R_3}{R_3 + H} = 0.92$$

$$El = \frac{180}{\pi} * \arctg\left(\frac{\cos(\rho * \frac{\pi}{180}) - \alpha}{\sin(\rho * \frac{\pi}{180})}\right) = 38.642 \text{ град.}$$

$$W_A = \frac{\gamma_O h_O + \gamma_B h_B}{\sin(El * \frac{\pi}{180})} = 0.206 \text{ дБ.}$$

$$W_{\Gamma} = 3 \text{ дБ.}$$

$$W_H = 1 \text{ дБ.}$$

$$W_{\text{ДОД}} = W_A + W_{\Gamma} + W_H = 4.206 \text{ дБ.}$$

$$R_{\text{ПРМ}} = R_{\text{ПРД}} - \Delta W_{\text{ПРД}} + G_{\text{ПРД}} - W_0 - W_{\text{ДОД}} + G_{\text{ПРМ}} - \Delta W_{\text{ПРМ}} = -101.26 \text{ дБм.}$$

### **ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 3**

На основі розділу можна зробити висновок, що ескізне проектування радіотехнічних систем та мереж проводиться з урахуванням енергетичного розрахунку радіоліній. Було детально розглянуто енергетичні параметри апаратури, такі як потужність передавача, коефіцієнт шуму приймача, коефіцієнт підсилення антен та втрати в антенно-фідерному тракті. Ці параметри підбираються так, щоб вони відповідали встановленим вимогам до якості та надійності роботи мережі.

Було наведено енергетичний розрахунок, який визначає структуру станції та елементну базу, уточнює структуру радіоканалів і мережі в цілому. Техніко-економічне обґрунтування проводиться після визначення енергетичних параметрів.

Також було враховано такі складові, як взаємозв'язок рівнів потужності сигналу, коефіцієнт підсилення апертурної антени, втрати енергії радіохвиль, топоцентричний параметр, додаткове загасання сигналу, загасання в атмосфері, та параметри азимут і кут місця

## РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

### **4.1. Передмова.**

Незважаючи на заходи, спрямовані на підвищення ефективності державного нагляду та дії закону України "Про охорону праці" та відповідних нормативних актів, ситуація з охороною праці в Україні залишається незадовільною, а рівень травматизму і професійних захворювань лишається високим. Багато факторів призводять до такого стану. Економічні труднощі в країні ускладнюють можливості авіапідприємств здійснювати повноцінні закупівлі та впроваджувати нові техніки і технології, і їм доводиться використовувати застаріле обладнання, що збільшує ризик виробничих травм та аварій. Розширення та вдосконалення нормативної бази, яка регулює вимоги щодо охорони праці на авіапідприємствах, стає необхідністю.

У поточних умовах особливо відчутна нестача кваліфікованих фахівців у сфері безпеки праці. Підготовка та підвищення кваліфікації інженерно-технічних працівників, що відповідають за охорону праці в авіапідприємствах, вимагає особливої уваги з боку держави. На жаль, багато керівників авіапідприємств та інженерно-технічних працівників не завжди беруть до уваги актуальні аспекти, пов'язані з економічним стимулюванням заходів, спрямованих на забезпечення безпеки праці, тобто інвестування коштів у заходи для попередження травматизму є вигідним [6].

### **4.2. Санітарно-гігієнічні вимоги до умов праці.**

#### ***4.2.1. Профілактика надмірних дій тепла і холоду на організм людини***

Для захисту від впливу надмірної теплоти в цехах та виробничих приміщеннях широко використовується принцип ізоляції джерел випромінювання. Для цього

гарячі поверхні обладнання та трубопроводів покривають теплоізолюючими матеріалами, такими як магнезія, суміш з азбестом, азботерміт тощо. Поруч із нагрітими поверхнями встановлюють спеціальні кожухи, повітряні екрани, стаціонарні або пересувні екрани з азбесту або скловолокна висотою в 1,5-2 метри.

Особливий набір заходів, спрямованих на уникнення перегрівання працівників, включає в себе раціональний режим пиття, робочий графік та водні процедури. За допомогою кондиціонування повітря можна створити комфортні метеорологічні умови, особливо в південних районах.

Працівникам інженерно-технічного складу аеропортів часто доводиться обслуговувати авіаційну техніку на відкритих майданчиках під дією прямих сонячних променів, особливо при високих температурах повітря. Для запобігання перегріванню використовують спеціальні навіси, що захищають працівників від сонячного випромінювання. У поєднанні із кондиціонерами такі навіси часто забезпечують комфортні умови для підтримання оптимальної температури для працівників.

Багато професій в цивільній авіації пов'язані із роботою при низьких температурах, тому заходи для попередження переохолодження працівників стають надзвичайно важливими. У холодні періоди року потрібно захищати робочі місця від потоків холодного повітря через отвори для транспорту. Для цього використовують шлюзи, повітряні завіси та автоматизовані теплові завіси.

Для контролю метеорологічних умов використовують різноманітні прилади, такі як термометри, термографи, анемометри для вимірювання швидкості руху повітря, актинометри для вимірювання інтенсивності теплового випромінювання тощо. Важливо також використовувати індивідуальні засоби захисту, такі як рукавиці, тепле взуття та куртки, щоб запобігти переохолодженню [6].

#### ***4.2.2. Санітарні вимоги***

Санітарні вимоги до авіапідприємств визначаються з метою створення сприятливих умов праці та підвищення загальної культури виробництва. Важливий аспект цих вимог - це благоустрій територій і будівель авіапідприємства, раціональне

планування окремих цехів і допоміжних приміщень, а також організація ефективного санітарно-побутового обслуговування працівників.

*Санітарні вимоги до опалення, водопостачання і каналізації.* Проектування систем опалення, водопостачання і каналізації повинно відповідати вимогам СНП та санітарних норм, залежно від призначення будівель, споруд або окремих приміщень, а також враховувати проведення технологічних процесів і забезпечення гігієнічних умов.

Температура повітря, що підтримується системою опалення, повинна бути розрахована таким чином, щоб у робочій зоні забезпечувався мікроклімат виробничих приміщень відповідно до санітарних норм і державних стандартів. Для місць, де ворота відчиняються часто або на тривалий час, а також біля технологічних отворів, слід передбачити використання повітряних або повітряно-теплових завіс. Розрахунки їх ефективності повинні забезпечувати, щоб температура повітря в приміщенні на робочих місцях не опускалась нижче 14°C під час легкої фізичної роботи, 12°C під час середньої важкості та 8°C під час важкої роботи під час відкривання воріт, дверей та технологічних отворів.

Опалювальні системи не повинні створювати надмірного шуму та вібрацій на постійних робочих місцях, що перевищувало б нормативні значення, і не повинні викликати додаткові виробничі шкідливості.

Застосування променевого опалення особливо ефективно в виробничих приміщеннях з великою площею і об'ємом, таких як ангари на авіаремонтних заводах. Це особливо корисно, оскільки при відкриванні дверей ангару входить значна кількість холодного повітря. Завдяки характеристикам променевого опалення, температура повітря швидко відновлюється після закриття дверей ангару. У випадку розташування постійних робочих місць біля вікон важливо передбачити захист працівників від холодних потоків.

Нагрівальні пристрої в приміщеннях з великою кількістю пилу повинні мати гладкі поверхні, які легко очищаються.

Стандарти вибору джерела водопостачання та норми якості води для

господарсько-питних потреб і душевих пристроїв регулюються відповідними стандартами. Господарсько-питні водопроводи, які отримують воду з міських джерел, не повинні мати прямого з'єднання з іншими господарсько-питними водопроводами, які живляться місцевими джерелами.

Норми споживання води та коефіцієнти нерівномірності водоспоживання на підприємстві визначаються відповідно до СНП. Відведення стічних вод і їх очищення слід проводити відповідно до чинних нормативних документів, які визначають умови відведення та ступінь очищення стічних вод [6].

#### **4.3. Вентиляція робочих зон.**

Виробничі підприємства в галузі цивільної авіації широко використовують вентиляційні системи. Основна мета цих систем - забезпечення чистоти повітря в робочій зоні, де концентрація токсичних речовин повинна дотримуватися Гранично Допустимих Концентрацій (ГДК). Деякі ключові ділянки авіапідприємств, такі як мийні відділення, гальванічні цехи, малярні відділення, обладнані потужними вентиляційними системами, які визначають умови праці для робітників. Застосування вентиляції в робочих приміщеннях дозволяє створювати оптимальний мікроклімат. Ефективність системи *припливно-витяжної* вентиляції робить її найоптимальнішим вибором. У цій системі повітря виводиться та вводиться в приміщення одночасно. Застосування такої системи не лише гарантує чистоту повітря всередині приміщення, але й дозволяє відповідати нормам вентиляції для суміжних приміщень [6].

#### **4.4. Профілактика шуму.**

Ефективність протидії виробничим шумам визначається можливістю ретельного аналізу його фізичних характеристик. Раніше сумарний рівень інтенсивності шуму протягом багатьох років визначався як основний і часто єдиний критерій оцінки шуму, оскільки дослідження частотного складу шуму було рідкісним



через відсутність відповідного обладнання для аналізу. Визначення спектра шуму важливо, оскільки воно дозволяє визначити характер шуму, виявити його основні джерела в механізмах, розрахувати частотні характеристики глушників та правильно оцінити ефект, створений різними пристроями для зменшення шуму.

Сучасні прилади вимірювання шуму і вібрацій, як правило, є універсальними. Наприклад, вимірювач шуму і вібрацій типу ВШВ-003-М2 призначений для вимірювання рівнів звуку з частотними характеристиками А, В, С; рівня звукового тиску в діапазоні частот 2—18 кГц та в октавних смугах частот 2—18 кГц у вільному і дифузному полях; середніх квадратичних значень віброприскорення і віброшвидкості.

Зниження рівня шуму, що видається поршневіми авіаційними двигунами, лишається невирішеною проблемою. Використання колектора суттєво зменшує шум вихлопних газів на 10-20 дБ. Незважаючи на певні втрати в потужності, застосування колекторів для поршневих двигунів вважається необхідним.

Щодо реактивних сопел турбовентиляторних двигунів і турбореактивних двигунів (ТГД і ТРДД), зменшення шуму на виході з сопла можливе шляхом прискорення змішування газового струменя з навколишнім повітрям та зниження його швидкості. Схожі заходи можуть бути ефективними і для зменшення шуму на вході повітря в двигун, використовуючи спеціальні глушники шуму.

Щоб зменшити внутрішні шуми в ТГД і поршневих авіаційних двигунах, необхідно максимально підвищити амортизацію двигунів шляхом використання спеціальних підвісок. Розгрузка конструкції літака від вібрацій покращує термін його служби, комфорт і зменшує шум, викликаний багатьма дрібними, слабо закріпленими деталями, які можуть призвести до значного загального рівня шуму [6].

#### **4.5. Виробниче освітлення.**

В авіаційній сфері недостатнє освітлення під час технічного обслуговування вночі може негативно позначитися на якості виконуваних робіт. Наприклад, дефекти,

такі як розриви або потертості, можуть залишитися непоміченими, а виявлення течії пального чи мастила, а також наявність механічних домішок чи води в пальному може бути ускладненим, що загрожує безпеці польотів. Неадекватне освітлення на пероні, ангарі чи руліжних доріжках при збільшенні рухомого об'єкту може спричинити травматичні ситуації.

Також слабе освітлення робочих місць впливає на продуктивність праці. При цьому очі працівників напружуються, робочі предмети важко розрізняються, що призводить до зниження темпу та якості виконаної роботи та загального стану працівників.

Недостатнє освітлення може негативно впливати і на зір. Як недостатність, так і надмірне освітлення мають свої наслідки. Знеадекватне освітлення може спричинити напруженість та втомленість очей працівників, а надмірне освітлення може призвести до засліплення, супроводжуваного різкою подразнювальною дією і розсіяністю в очах, що також призводить до втомлюваності і погіршення зорового сприйняття.

Характеристики освітлення приміщень і робочих місць включають в себе світловий потік, інтенсивність світла, освітленість і яскравість. Освітленість визначається в одиницях люкс (лк) і представляє собою кількісну міру світлового потоку, який падає на поверхню площею 1 м<sup>2</sup>. Формально, 1 люкс дорівнює 1 лм/м<sup>2</sup>, що вказує на інтенсивність освітлення на даній площі від одного люмена світлового потоку. Цей показник використовується для кількісної оцінки рівня освітленості робочих місць та інших поверхонь.  $E = \Phi/S$ , де  $S$  – площа поверхні, яка освітлюється, м<sup>2</sup>. За одиницю світлового потоку  $\Phi$  беруть люмен (лм) - світловий потік, який випускається точковим джерелом силою світла в одну канделу (кд) в тілесному куті один стерadian (ср).

Сила світла - величина, що характеризує світіння джерела в деякому напрямку і дорівнює відношенню світлового потоку (і до малого тілесного кута  $d\omega$ , в якому він поширюється):  $I = d\Phi/d\omega$

Силу світла  $I$  вимірюють у канделах (кд).

Яскравість ( $L$ ) виражається у канделах на квадратний метр ( $\text{кд}/\text{м}^2$ ) і визначає світіння джерела світла в конкретному напрямку. Цей параметр обчислюється як відношення сили світла ( $dI$ ), яка випромінюється в розглянутому напрямку, до площі проекції цього елемента на площину, що перпендикулярна до того ж напрямку.

$L = dI/(dS \cos \varphi)$ , де  $\varphi$  – кут між нормаллю до елемента  $dS$  і напрямком, для якого розраховується яскравість.

Освітлення повинно відповідати ряду вимог для забезпечення оптимальних умов праці. Воно повинно бути достатнім для того, щоб деталі можна було розрізняти без напруження очей. Також важливо, щоб освітлення було стійким у часі, і напруга в мережі не повинна коливатися більше 4%. Світло має рівномірно розподілятися по робочих поверхнях, щоб уникнути різких світлових контрастів, які можуть втомлювати очі. Крім того, важливо уникати сліпучої дії світла як від самого джерела, так і від відбиваючих поверхонь у полі зору працівника. Це може бути досягнуто за допомогою світильників, які розсіюють світло і зменшують блиск. Також необхідно уникати різких тіней на робочих місцях та правильно розташовувати світильники для уникнення блисків. Крім того, освітлення повинно бути безпечним і не спричиняти вибухів чи пожеж в приміщеннях [6].

#### ***4.5.1. Освітлення виробничих приміщень, перону і кабін повітряних суден***

Для оптимізації освітлення приміщень важливо встановлювати стандарти для рівня освітленості на робочих поверхнях. Проте нормування природного світла може становити значні труднощі, оскільки його інтенсивність залежить від різноманітних факторів, таких як пора року, час доби, ступінь хмарності та властивості поверхні ґрунту (наприклад, сніг, трав'яний покрив, асфальт).

З цією метою використовується показник ефективності природного освітлення - коефіцієнт природної освітленості (КПО), який виражається у відсотках:

$КПО = E_v/E_n * 100\%$ . де  $E_n$  - освітленість у даній точці, яка освітлюється світлом видимої крізь світловий проріз ділянки небосхилу, лк;  $E_v$  - освітленість в той же момент часу горизонтальної площини поза виробничим приміщенням, що

освітлюється рівномірно розсіяним (дифузійним) світлом всього небосхилу, лк [6].

#### **4.6. Засоби гасіння пожеж.**

Кожне авіапідприємство повинно обладнатися спеціальною пожежною технікою та системами, враховуючи характер і обсяг використання вогнебезпечних речовин, кількість та різноманітність пожежних засобів, а також типи виробництва, такі як ремонтні заводи, авіатранспортні бази, склади пального та інші об'єкти. Основними компонентами пожежної техніки є пожежні автомобілі та мотопомпи, системи пожежогасіння, вогнегасники, пристрої для оповіщення та сигналізації, рятувальні засоби та обладнання для боротьби з пожежами та їх наслідками. Установки водяного пожежогасіння є найбільш поширеним засобом протипожежного захисту на підприємствах. Серед найважливіших елементів цієї системи можна виділити гідранти пожежні, гідранти-колонки, пожежні крани, насоси, пожежні рукава тощо.

Відповідно до норм протипожежного захисту, кожне промислове підприємство повинно бути оснащено пожежним водопроводом. Цей водопровід може бути інтегрованим у систему господарсько-питного водопостачання або використовуватися в процесах виробництва. Також можливо подавати воду до місця пожежі з водоймищ, річок або доставляти її автоцистернами.

*Спринклерна* система представляє собою комплекс трубопроводів, розгалужених і закріплених під стелею, обладнаний водорозпилювачами-спринклерами, що в той же час виступають у ролі датчиків. Вона активується при підвищенні температури в приміщенні. Сплав, який з'єднує мідні пластини замка, тане, розпускаючи замок і вивільнює клапан, що блокує виходження води. Вода, виходячи з труби, падає на розсікач і розсіюється по поверхні, яку необхідно захистити. Під час пайки мідних пластинок спринклера використовують сплави із температурами плавлення 72, 93, 141, 182 °С. Кількість спринклерів обчислюється на основі площі 12 м<sup>2</sup> підлоги на одну головку.

*Дренчерні* системи відрізняються від спринклерних тим, що не використовують легкоплавкого замка. Вода витікає із розсікачів при відкритті крана, який подає воду до основного трубопроводу всієї системи, або у випадку спрацювання датчика. Їх використовують для гасіння пожеж за допомогою водяних завіс або направленою водорозпилювання. Різні типи зрошувачів використовуються як розпилювачі води, включаючи двоструменевий зрошувач, який при напорі приблизно 343 Па може створити струмінь завдовжки 8 м і шириною 5 м, або чотиріструменевий зрошувач, який при тому ж напорі створює струмінь завдовжки 15 м. Установки для гасіння пожеж *пінним матеріалом* отримують повітряно-механічну піну за допомогою повітряно-пінних стволів і генераторів піни. Цей тип піни застосовують у портативних системах для тушіння пожеж як зовнішніх, так і внутрішніх. Повітряно-пінні стволи використовуються для створення повітряно-механічної піни з водних розчинів піноутворювачів і подачі її у зону горіння [6].

#### **4.7. Забезпечення засобами індивідуального захисту.**

Державним комітетом України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду було затверджено Норми безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам авіаційного транспорту.

##### *Загальні положення*

1. Ці норми розроблено відповідно до Кодексу законів про працю України (322-08) та Закону України "Про охорону праці" (2694-12).

2. Дія цих норм поширюється на суб'єктів господарювання, що займаються обслуговуванням повітряних перевезень, наземним забезпеченням польотів, а також на навчально-льотні заклади, що володіють повітряними суднами.

3. Норми спрямовані на професіоналів авіаційного транспорту згідно з Класифікатором професій ДК 003:2005 (vb375609-05, vc375609-05), затвердженим наказом Держспоживстандарту України від 26.12.2005 № 357 (v0375609-05).

4. Вони визначають види та строки використання спеціального одягу, взуття та інших засобів індивідуального захисту (ЗІЗ), необхідних для виконання виробничого процесу працівниками підприємств авіаційного транспорту.

5. Класифікація та позначення захисних властивостей ЗІЗ залежно від небезпечних та шкідливих виробничих чинників застосована згідно вимог ГОСТ 12.4.011-89 "Система стандартів безпеки праці. Засоби захисту працівників. Загальні вимоги і класифікація".

6. Працівники підприємств авіаційного транспорту, що здійснюють роботи інших видів виробничої діяльності, повинні отримувати ЗІЗ відповідно до законодавства.

7. Забезпечення працівників необхідними для трудового процесу ЗІЗ, а також порядок їх утримання та зберігання, здійснюються згідно з законодавством.

8. Залежно від характеру та умов виконуваної роботи, з урахуванням технологічних процесів та нормативно-правових актів з охорони праці, працівникам можуть видаватися ЗІЗ понад встановлені норми за узгодженням з профспілками або уповноваженими найманими працівниками з питань охорони праці.

9. Роботодавець може видавати працівникам два комплекти спеціального одягу на два терміни використання.

10. Контроль за правильністю та своєчасністю забезпечення працівників ЗІЗ здійснюють органи державного нагляду за охороною праці та служби охорони праці підприємств.

11. Громадський контроль за повним і своєчасним забезпеченням працівників ЗІЗ на підприємствах здійснюють професійні спілки, їх об'єднання через виборні органи і представників, а в разі відсутності професійних спілок - уповноважені найманими працівниками особи з питань охорони праці [7].

#### **ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 4**

На основі розділу можна зробити висновок, що він націлений на забезпечення

безпеки та благополуччя працівників під час їх професійної діяльності. Обговорено широкий спектр аспектів, таких як профілактика надмірного впливу тепла і холоду на організм людини, санітарні вимоги, вентиляція робочих зон, профілактика шуму, виробниче освітлення, засоби гасіння пожеж і забезпечення засобами індивідуального захисту.

Було підкреслено важливість врахування різних аспектів робочого середовища для запобігання можливим ризикам та негативним впливам на здоров'я працівників. Це свідчить про системний підхід до забезпечення безпеки працівників та покращення умов їх праці.

## РОЗДІЛ 5

### ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРИДОВИЩА

#### 5.1. Шкідливі речовини.

##### *5.1.1. Класифікація шкідливих речовин*

В авіаційній сфері використовується значна кількість небезпечних речовин, що характеризуються різноманітністю складу, агрегатних станів, методів застосування та ступеня впливу на організм людини.

Токсичні речовини - це речовини, які, навіть у невеликих кількостях, викликають порушення нормальної життєдіяльності організму до ступеня отруєння. Вони можуть бути у формі газів, парів, рідини або пилу.

У авіації до таких речовин відносять рідини, що використовуються як пальне та їхні присадки для авіаційних двигунів, мінеральні мастила, рідини для гідравлічних систем літаків, кислоти, луги, спирти, лаки, фарби, певні миючі речовини, пари деяких металів та пил, що утворюється при механічній обробці матеріалів і т. ін.

У виробництві шкідливі речовини використовують як сировину (сірчаноокислі солі нікелю, хромовий ангідрид тощо) або як допоміжний матеріал (ацетон, деякі розріджувачі фарб, скловолокно тощо). Шкідливі речовини також можуть утворюватися як побічні продукти під час самого процесу роботи. Наприклад, цинк та кислоти, що використовуються при оцинковуванні, мають невелику токсичну дію, але при забрудненні можуть утворюватися арсеновмісні водні розчини - речовини високої токсичності. Забруднення атмосферного повітря на стоянці пасажирських літаків є наслідком викидів відпрацьованих газів авіадвигунів та транспортних засобів, а також утворення високотоксичних речовин під час технічного обслуговування літаків.

Оксиди азоту, які містяться у великих кількостях у відпрацьованих газах, створюють умови для формування небезпечних продуктів під час технічного



обслуговування повітряних суден. Також заправка паливних баків призводить до викидів висококонцентрованої пари пального, що сприяє подальшому забрудненню атмосфери на стоянці.

Додатково, значним джерелом забруднення повітря в аеропортах є котельні, які використовують рідкий мазут та тверде паливо. Усі ці фактори взаємодіють, створюючи складну проблему забруднення повітря на території аеропорту [6].

### ***5.1.2. Особливості впливу токсичних речовин на організм людини***

Токсичні речовини можуть потрапляти в організм людини через різні шляхи, такі як дихальні шляхи, шкіра та органи травлення. Зокрема, дихальні шляхи вважаються основними, оскільки токсичні речовини, вдихаючись через слизову оболонку дихальних шляхів, надходять безпосередньо в кровообіг, обходячи печінку, яка виконує функцію бар'єра. Також важливою є можливість проникнення токсинів через шкіру, особливо якщо вони розчинні в жирах і ліпідах, що може викликати серйозні отруєння.

Токсичні речовини також можуть потрапляти в організм через органи травлення, зокрема, через забруднені руки під час харчування або паління. Вони всмоктуються через слизову оболонку шлунково-кишкового тракту і потрапляють в печінку, де здійснюється часткова нейтралізація і затримка токсинів.

Умови праці та фізичний стан людини можуть впливати на ступінь отруєння. Висока температура в приміщенні може підвищувати випаровуваність токсинів, збільшуючи їх токсичний ефект. Фізичне напруження також може збільшувати проникнення токсинів через дихальні шляхи.

Особливості організму грають важливу роль у дії токсичних речовин. Старші люди, підлітки та люди з ослабленим організмом більш схильні до отруєння. Сенсibilізація, тобто підвищена чутливість до певних отрут, може зробити перебування на роботі з токсичними речовинами неможливим.

Отруєння може бути гострим або хронічним, залежно від концентрації токсинів і тривалості їх впливу. У випадку гострих отруєнь надається перша допомога,

проводиться ізоляція від джерела токсину, видалення забрудненого одягу та інші заходи [6].

### **5.3. Вплив джерел шуму на організм людини.**

Виробничий шум можна умовно класифікувати за групами в залежності від джерел його виникнення. Зазвичай, шум виникає під час таких операцій:

- Здійснення зліту чи посадки повітряних суден.
- Пересування транспортних засобів по аеродрому і робота їхніх авіадвигунів.
- Випробування авіадвигунів в робочому режимі.
- Робота станцій випробування авіадвигунів.
- Експлуатація ремонтного та технічного обладнання на підприємствах з ремонту та обслуговування цивільної авіації.

Робочі, які проводять ремонтні роботи на двигунах повітряних суден під час їхньої роботи, часто висловлюють скарги на головні болі та втрату рівноваги. В широкому аудіорозмаїтті шумів, викликаних роботою повітряних суден з газотурбінними двигунами, рівень шуму зазвичай вищий, ніж у випадку поршневих двигунів. Особливо великий вплив на чіткість мови виявляється високим рівнем шуму від повітряних суден з газотурбінними двигунами в частотному діапазоні 300-3000 Гц.

Особи, які перебувають близько до працюючих реактивних або турбогвинтових установок, відчують вплив шуму, який значно перевищує допустимі норми.

Для отримання уявлення про рівні шуму в непосредній близькості від повітряних суден з реактивними двигунами, можна навести такі дані. Максимальні пікові значення акустичного тиску (у режимі зльоту), виміряні біля границі газового струменя на відповідних відстанях від сопла, складають: для авіадвигунів НК-8 - 157 дБ на відстані 8 м; Д-30 - 156 дБ на відстані 2-8,4 м; Д-200П - 152 дБ на відстані 1-5 м.

При досягненні рівня інтенсивності шуму на рівні 160 дБ може відбутися

пошкодження барабанної перетинки вуха (існує ризик розриву). Значно вищі рівні шуму, навіть близько 180 дБ, можуть призводити до руйнування заклепкових і зварних швів на повітряних суднах.

Зі збільшенням відстані від реактивного сопла шумові навантаження зменшуються. Однак, навіть на відстані 30 метрів, рівень інтенсивності шуму від сучасного пасажирського літака з реактивними двигунами може досягати приблизно 125-135 дБ, а на відстані 100 метрів - 115-124 дБ. Вивчення впливу шуму, ультра- та інфразвуків на організм людини є важливим для забезпечення безпеки польотів. Наприклад, шум на виробництві може впливати на центральну нервову систему, що може призводити до зниження уваги та уповільнення реакцій. В процесі праці шум і вібрація також негативно впливають на когнітивні функції, такі як пам'ять і мислення. Деякі дослідники вказують на те, що шум може відвести увагу людини від виконання точних робіт [6].

#### **5.4. Іонізуючі випромінювання.**

##### ***5.4.1. Вплив іонізуючого випромінювання на організм людини***

Іонізуюче випромінювання може впливати на організм шляхом зовнішнього чи внутрішнього опромінювання (пенетрація всередину організму через їжу, дихання, тощо). Зовнішнє опромінювання виникає від джерел випромінювання, розташованих поза організмом. Внутрішнє опромінювання виникає через взаємодію з радіоактивними речовинами, які знаходяться всередині організму.

Під впливом іонізуючого випромінювання в організмі людини відбувається іонізація молекул тканини, що порушує хімічну структуру сполук. У результаті цього утворюються сполуки, які не є характерними для живих клітин, що може призвести до їхньої відмирання. Зміни в фізичних і біологічних процесах в організмі залежать від дози опромінювання. Це може призводити як до повного відновлення функцій окремих органів, так і до функціональних порушень організму, що в результаті може викликати променеві захворювання.

Променеві ураження може викликати гостру або хронічну форми променевого захворювання. Гостра форма розвивається при великих дозах опромінювання протягом короткого часу, тоді як хронічна форма може розвиватися при тривалому впливі малих доз опромінювання ззовні або при внутрішньому опромінюванні через приймання радіоактивних речовин з їжею, диханням тощо. Гострі променеві хвороби супроводжуються анемією, слабкістю і підвищеною схильністю до інфекційних захворювань.

Радіоактивне випромінювання може спричиняти такі проблеми, як захворювання шкіри, розвиток злоякісних пухлин, катаракта, сухість шкіри, ламкість нігтів та випадіння волосся. Небезпечність впливу радіоактивних випромінювань посилюється тим, що людина не відчуває їхнього впливу за допомогою органів чуття, доки не виникнуть які-небудь зміни в організмі [6].

#### **5.4.2. Захист від іонізуючих випромінювань**

Головна мета забезпечення радіаційної безпеки полягає в уникненні перевищення допустимих рівнів випромінювання. Це досягається за допомогою комплексу організаційних і технічних заходів, які враховують захист від радіації, включаючи обмеження часу впливу, відстань до джерела, використання екранів і контроль за кількістю випромінювальних джерел. Доза випромінювання точкового джерела  $D = jv(At/l^2)$ , де  $jv$  – іонізована постійна даного ізотопу;  $A$  – радіоактивність, мКм,  $t$  – час опромінювання, год;  $l$  – відстань від джерела, см. З цієї формули можна зрозуміти, що доза опромінювання буде меншою, якщо час контакту, відомий як "захист часом", буде скорочений, і відстань до джерела, відома як "захист відстанню", буде збільшена.

"Захист часом" досягається завдяки належній підготовці та організації робіт, складанню та дотриманню графіків, за яких час взаємодії з джерелами випромінювання мінімізується, а продуктивність роботи залишається на високому рівні.

"Захист відстанню" під час роботи з речовинами з низькою активністю

передбачає використання ручних захватів для маніпуляцій та дистанційних універсальних маніпуляторів. Ручні захвати передають рух та зусилля рук оператора на відстань з відповідним збільшенням цих рухів та зусиль. Дистанційні універсальні маніпулятори дозволяють виконувати різноманітні операції із захоплення та переміщення предметів, орієнтації їх під будь-яким кутом і т.д. Для обробки радіоактивних речовин високої активності використовується автоматизоване обладнання та системи дистанційного керування. Спеціальне екранування є найефективнішим засобом захисту, оскільки воно дозволяє знизити рівень опромінювання на робочому місці до максимально допустимого рівня. При проектуванні захисних екранів враховують товщину та матеріал екрану, залежно від характеру випромінюваної енергії. Для усунення можливості потрапляння світлих сумішей, які можуть викликати внутрішнє опромінювання, в організм, зараз їх застосовують на приладах і ручках керування лише в виняткових випадках. Це досягається дотриманням правил особистої гігієни, таких як миття рук теплою водою з милом перед їжею, палінням і так далі. Також важливо уникати розпилення світлих сумішей і потрапляння їх у повітря виробничих приміщень.

Будь-які роботи з радіоактивними ізотопами, а також технічне обслуговування приладів і установок, де використовують ізотопи, повинні виконуватися в спеціально обладнаних окремих приміщеннях з санітарно-технічним устаткуванням і системою вентиляції. Роботу на установках з радіоактивними ізотопами повинні виконувати особи, які досягли 18 років, пройшли спеціальне навчання, включаючи безпечні методи роботи на даній установці. Усі працівники повинні знаходитися під постійним медичним наглядом, регламентується тривалість робочого дня, виділяється спецодяг і забезпечується індивідуальними дозиметричними засобами контролю. Для захисту дихальних органів використовують різні типи респіраторів. При виконанні робіт в зоні обслуговування, інспекції та відкриття боксів та іншого технологічного обладнання, яке може бути забруднене радіоактивними речовинами, використовують пневмошоломи з індивідуальною подачею повітря [6].

## 5.5. Електромагнітні поля радіочастот.

### 5.5.1. Вплив електромагнітних полів на організм людини

Вплив електромагнітних полів (ЕМП) на людський організм залежить в основному від інтенсивності поля, його характеристик, частотного діапазону і тривалості перебування в області його впливу (опромінювання). ЕМП характеризуються довжиною хвилі:

$\lambda = cT = c/f$ , де  $c$  – швидкість поширення радіохвиль, яка дорівнює швидкості поширення світла – 300000 км/ч;  $T$  – період коливання, с;  $f$  – частота коливання, Гц. Небезпека впливу електромагнітних полів зумовлена їхньою невидимістю, а також тим, що їхній вплив не відчувається органами чуття. Наприклад, тепловий ефект внаслідок дії радіохвиль залежить від довжини хвилі, і чим вона довша, тим більший тепловий ефект виникає. Це пов'язано з глибиною проникнення хвилі в організм людини. Досліджено, що енергія проникає в організм на глибину  $0,1 X$ , де  $X$  – довжина хвилі. Наприклад, при  $X = 3$  см (діапазон високочастотних хвиль) проникнення енергії відбувається на глибину 3 мм. Такий поверхневий нагрів не викликає активації захисного механізму людини, такого як терморегуляція. Для упередження професійних захворювань встановлюються нормативи допустимого опромінювання на робочих місцях, проводяться регулярні та попередні медичні огляди осіб, які працюють з генераторами електромагнітних полів (ЕМП) радіочастот.

В джерелі електромагнітного випромінювання, на відстані приблизно  $1/6$  довжини хвилі, переважають поля індукції, і цю область вважають зоною індукції, за її межами переважають поля випромінювання. Цей простір розглядається як зона опромінювання. Коли робоче місце розташоване в зоні індукції, працівник впливається електричним і магнітними полями, які періодично змінюються, і їх інтенсивність визначається значеннями  $E$  і  $H$ . У зоні індукції може існувати різне співвідношення між  $E$  і  $H$ , залежно від характеру електромагнітного випромінювання. Під час індукційних процесів, таких як нагрівання та гартування, переважає магнітна

складова, в той час як в установках діелектричного нагріву, наприклад, при плавленні пластмас чи зварюванні пластиків, переважає електрична складова електромагнітного поля.

При потраплянні особи в зону впливу опромінення, енергія електромагнітного поля (ЕМП) частково поглинається її організмом. Під впливом високочастотних полів у тканинах тіла виникають струми, що призводять до теплового ефекту. Продовжений вплив електромагнітних полів може спричинити підвищену втомлюваність, роздратування, головний біль, порушення сну, зниження кров'яного тиску, зміну температури тіла та інші явища, пов'язані з розладом центральної нервової і серцево-судинної систем. Поля високочастотних хвиль, особливо у сантиметровому і міліметровому діапазонах, також можуть викликати зміни у крові, катаракту, порушення нюху, а в окремих випадках спостерігається випадання волосся, ламкість нігтів та інші негативні прояви.

Максимально допустимі значення напруженості та густини потоку енергії ЕМП радіочастот визначаються відповідно до ГОСТ 12.1.006-84 "Електромагнітні поля радіочастот. Допустимі рівні на робочих місцях і вимоги до проведення контролю" [6].

### ***5.5.2. Захист від впливу електромагнітних полів***

Засоби захисту повинні відповідати наступним критеріям: не спотворювати істотно електромагнітне поле, не впливати на якість технічного обслуговування і ремонту, а також не зменшувати продуктивність праці.

Ефективним заходом для захисту обслуговуючого персоналу, який здійснює регулювання, налаштування і тестування передавачів РЛС і генераторів НВЧ, є зменшення густини потоку енергії неподалік від джерела випромінювання. Для цього, замість антени, встановлюється узгоджене з вихідним каскадом передавача навантаження, яке є еквівалентом антени, відоме як поглинач потужності. У цьому еквіваленті антени потужність, що генерується, повністю поглинається, не порушуючи режим роботи НВЧ генератора.

Для захисту покриття використовують гумові килимки з конічними шипами та магнітоелектричні пластини, які виготовлені з пінополіуретану і здатні поглиблювати електромагнітну енергію в діапазоні від 0,8 до 10,6 см та інші подібні матеріали. Для усунення можливості опромінення інженерно-технічного персоналу, який знаходиться поблизу літака у зоні стоянки або в ангарі, застосовують ряд профілактичних заходів. Серед них - орієнтація вісі літака і антени РЛС в напрямку, де відсутні люди, виведення інженерно-технічного персоналу із зони можливого опромінення, тимчасове вмикання високої напруги, та встановлення екрануючого кожуха антени з поглинальним покриттям.

Для зниження густини потоку енергії НВЧ випромінювання на 20-30 дБ (в 100-1000 разів) використовують сітчасті металеві екрани.

Захист від ЕМП НВЧ реалізується за допомогою спеціального одягу, такого як комбінезони та халати [6].

## **5.6. Вплив авіаційного транспорту на природне середовище.**

Транспорт повітряного сполучення відзначається значним впливом на склад атмосфери Землі. Авіаційні газотурбінні двигуни, які працюють на авіакеросині, використовують паливо із складом, що трохи відрізняється від бензину і дизельного палива, маючи вищу якість із меншим вмістом сірки та механічних домішок. Проте основна частина відпрацьованих газів випускається в атмосферу повітряними суднами на великій висоті, в умовах великої швидкості та турбулентності, і лише невелика частка викидається поблизу аеропортів та населених пунктів. Основними забруднюючими компонентами є окис вуглецю, неспалені вуглеводні, оксиди азоту та сажа. Під час руху по землі та при посадці збільшується вміст окису вуглецю та вуглеводнів у відпрацьованих газах, але зменшується кількість оксидів азоту. Особливо небезпечним є потрапляння цих речовин у стратосферу, що може призвести до руйнування озонового шару.

Вплив повітряного транспорту на навколишнє середовище характеризується



значним рівнем шуму та викидами забруднюючих речовин. Джерелами шуму є авіаційні двигуни, допоміжні силові установки, спецавтотранспорт, транспортні засоби з тепловими та вітровими установками, а також обладнання для технічного обслуговування та ремонту. Рівні шуму можуть сягати до 100 дБ на аеропортових перонах, 90-95 дБ у диспетчерських приміщеннях та 75 дБ всередині будівель аеровокзалів.

Крім шуму, авіація призводить до електромагнітного забруднення. Це викликано випромінюванням електромагнітної енергії від радіолокаційної та радіонавігаційної техніки аеропортів і літальних апаратів, необхідної для моніторингу польотів. Ці засоби можуть створювати електромагнітні поля великої напруги, що представляють потенційну загрозу для здоров'я людей [8].

#### ***5.6.1. Зменшення викидів, які завдають шкоди навколишньому середовищу***

З метою зменшення викидів токсичних речовин у відпрацьованих газах та удосконалення роботи газотурбінних двигунів розробляються нові конструкції, охоплюючи камери згоряння, системи вприску паливно-повітряної суміші, компресори з оптимальним співвідношенням паливо-повітря, поліпшений розпил і перемішування паливно-повітряної суміші, плазмені системи запалювання та більш ефективно згоряння. Розробляються двозонні камери, де горіння палива відбувається в два етапи в різних ділянках камери. Одна зона оптимізована для ефективного згоряння при низьких навантаженнях, в той час як інша зона співпрацює з першою для оптимізації горіння при зльоті, наборі висоти і сталому польоті, зменшуючи викиди оксидів азоту завдяки нижчій температурі горіння.

Значні покращення у зменшенні викидів пов'язані з удосконаленням аеродинамічних характеристик та оптимізацією вагової віддачі корпусів повітряних суден. Розробка нових конструкцій крил, таких як надкритичні профілі, дозволяє суттєво знизити опір повітря під час польоту. Використання потужних систем механізації крила, таких як складні закрилки та передкрилки, допомагає зменшити витрати палива при зльоті. Також проводяться дослідження та розробки для

вдосконалення всіх елементів фюзеляжу з метою зменшення аеродинамічного опору.

Додаткове зниження витрат палива пов'язане із застосуванням турбовентиляторних двигунів, де тяга генерується великим багатолопатеvim гвинтом з високими обертами з відносно невеликим діаметром. Дослідження нових, більш екологічно чистих видів палив призводить до висновку, що найбільш перспективним може бути використання водню та кріогенних палив. Незважаючи на обмеження використання водню в транспорті, пов'язані з низькою щільністю та низькою температурою його кипіння (20 К), його розглядають як більш перспективний вибір для авіаційного транспорту порівняно з іншими секторами [8].

## **ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 5**

В розділі було виявлено важливі аспекти, пов'язані з класифікацією шкідливих речовин, впливом токсичних речовин, шуму, іонізуючого випромінювання та електромагнітних полів на організм людини, а також впливом авіаційного транспорту на природне середовище.

Розуміння цих аспектів є ключовим для розробки ефективних заходів захисту довкілля та здоров'я населення. Зменшення викидів та впровадження інноваційних технологій визначають шлях до сталого розвитку, забезпечуючи баланс між технічним прогресом і збереженням природи. Розділ підкреслює важливість глобальної співпраці у здійсненні заходів, спрямованих на збереження навколишнього середовища для майбутніх поколінь.

## ВИСНОВКИ

В результаті проведення кваліфікаційної роботи було досліджено перспективи використання супутникових систем CNS/ATM після відкриття повітряного простору України.

Для досягнення поставленої мети вирішуються такі наукові завдання.

1. Аналіз супутникових систем CNS/ATM.
2. Дослідження перспектив використання супутникових систем CNS/ATM після відкриття повітряного простору України.
3. Енергетика перспективних супутникових ліній зв'язку CNS/ATM.

Досліджено та розглянуто різні аспекти супутникової радіонавігації, зосереджуючись на її використанні в глобальних системах CNS/ATM. Аналіз закриття повітряного простору України внаслідок військового конфлікту вказує на важливість дотримання нормативно-правових вимог для забезпечення безпеки авіаційної системи. Детально розглянуті енергетичні параметри апаратури та їх техніко-економічне обґрунтування вказують на важливість врахування цих аспектів для ефективного функціонування радіоканалів і мереж.

Окремий аспект досліджень стосується безпеки та здоров'я працівників, де враховуються різні аспекти робочого середовища, профілактика впливу навколишнього середовища на здоров'я та заходи забезпечення безпеки працівників. Завершальний аспект аналізу виявив важливість класифікації та вивчення впливу різних факторів, таких як токсичні речовини, шум, іонізуюче випромінювання та інші, на здоров'я людини та природне середовище.

Загалом, ці дослідження підкреслюють комплексний підхід до забезпечення безпеки та надійності в авіаційних, технічних та організаційних аспектах, а також важливість відповідності встановленим стандартам та нормативам для забезпечення ефективного та безпечного функціонування систем.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бабак В. П., Конін В. В., Харченко В. П. / Супутникова радіонавігація. - К.: Техніка, 2004. - 328 с.; іл. - Бібліогр.: с. 320-325.
2. В.П. Харченко, С.М. Паук, Л.М. Нестерова, Є.А. Знаковська / Супутникові системи авіаційного зв'язку. – К.: НАУ, 2003. - 188 с
3. Державне підприємство обслуговування повітряного руху України - <https://uksatse.ua/index.php?act=Part&CODE=247&id=772>
4. Повітряний кодекс України - <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3393-17#Text>
5. Положення про використання повітряного простору України - <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/954-2017-%D0%BF#Text>
6. Буріченко Л.А., Гулевець В.Д. / Охорона праці в авіації.
7. Державний комітет України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду - <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0026-09#Text>
8. <https://referatss.com.ua/work/vpliv-povitrjanogo-transportu-na-navkolishnie-seredovishhe/>