

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ АЕРОНАВІГАЦІЇ, ЕЛЕКТРОНІКИ ТА
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОНІКИ, РОБОТОТЕХНІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
МОНІТОРИНГУ ТА ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ**

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач випускової кафедри

_____ Шутко В.М.

“ _____ ” _____ 2020 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

**ЗДОБУВАЧА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА
ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ 171 «ЕЛЕКТРОНІКА»
ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЇ ПРОГРАМИ
«ЕЛЕКТРОННІ ПРИЛАДИ ТА ПРИСТРОЇ»**

Тема: «_ADS-B_ технологія для безпілотних авіаційних комплексів»_____

Виконавець: _____ Гикава А.С.

Керівник: _____ Задорожній Р.О.

Консультант розділу «Охорона праці» _____ Козлітін О.О.

**Консультант розділу «Охорона
навколишнього середовища» _____ Маджд С.М.**

Нормоконтролер: _____ Сініцин Р.Б.

Київ 2020

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально-науковий інститут аеронавігації, електроніки та телекомунікацій
Кафедра електроніки робототехніки і технологій моніторингу та інтернету речей
Освітньо-професійна програма «Електронні пристрої та пристрої»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Шутко В.М.

« _____ » _____ 2010 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи (проекту)

Гикава Анжеліка Сергіївна

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

1. Тема дипломної роботи (проекту): «ADS-B технологія для безпілотних авіаційних комплексів»

Затверджена наказом ректора від 02.10.2020 р.

2. Термін виконання роботи (проекту): з 05.10.2020 по 27.12.2020

3. Вихідні дані до роботи (проекту):

Координати БПС.

Функції для перетворення.

Координати точки прийняті за початок прямокутної системи.

Дані ADS-B.

4. Зміст пояснювальної записки: огляд областей застосування безпілотних авіаційних комплексів; аналіз застосування автоматичного залежного спостереження для БЛА; детальний опис теоретичних засад побудови приймача та антени; моделювання руху БЛА; визначення бічного відхилення від заданої траєкторії.

5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: таблиці, рисунки, графіки.

6. Календарний план-графік

№ пор.	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1	Аналітичний огляд літературних джерел з тематики диплому	15.10-20.10	Виконано
2	Аналіз застосування автоматичного залежного спостереження	20.10-30.10	Виконано
3	Теоретичні засади технології ADS-B для БАК	30.10-10.11	Виконано
4	Моделювання руху БПС по заданій траєкторії	10.11-15.11	Виконано
5	Охорона праці	15.11-20.11	Виконано
6	Охорона навколишнього середовища	20.11-30.11	Виконано
7	Висновки	30.11-05.12	Виконано
8	Оформлення пояснювальної записки	05.12-15.12.2020	Виконано

7. Консультація з окремих розділів

Назва розділу	Консультант (посада, П.І.Б.)	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці			
Охорона навколишнього середовища			

8. Дата видачі завдання: “_02.10.2020_”

Керівник дипломної роботи (проекту) _____

Задорожній Р.О.
(підпис керівника) (П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання _____

Гикава А.С.
(підпис випускника) (П.І.Б.)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проекту «ADS-B технологія для безпілотних авіаційних комплексів» : сторінок –79 , рисунків –34 , таблиць –3, джерел посилань – 22.

Об'єкт дослідження: Процес моделювання руху безпілотного повітряного судна за допомогою технології ADS-B.

Мета роботи: розглянути технологію автоматичного залежного спостереження та застосування даних ADS-B в системах керування безпілотними комплексами. Розроблена програма контролю відхилення безпілотного літака від маршруту за даними ADS-B .

Проведена робота по визначенню бічного відхилення від заданої траєкторії.

Мета роботи: розглянути технологію автоматичного залежного спостереження та застосування даних ADS-B в системах керування безпілотними комплексами. Розроблена програма контролю відхилення безпілотного літака від маршруту за даними ADS-B .

Ключові слова: автоматичне залежне спостереження в режимі радіомовлення, безпілотні авіаційні комплекси, безпілотне авіаційне судно, траєкторія заданого шляху, бічне відхилення.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	6
ВСТУП.....	8
1. АВТОМАТИЧНЕ ЗАЛЕЖНЕ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЯК ТЕХНОЛОГІЯ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ДЛЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ	10
1.1 Застосування автоматичного залежного спостереження (ADS- В).....	10
1.2 Безпілотні авіаційні системи	15
1.3 Технологія ADS-В (трансивери / приймачі) та транспондери для відстеження дронів.....	20
2. СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ПОВІТРЯНИМ РУХОМ ЗА ДОПОМОГОЮ ADS- В ДЛЯ БАК	27
2.1. Обробка отриманих даних БЛ систем	27
2.2 Технічні реалізації системи організації мало висотного руху БАС для забезпечення ПР	30
2.3 Системи ідентифікації та реєстрації БЛА	34
3. ПРОГРАМА КОНТРОЛЮ ВІДХИЛЕННЯ БПС ВІД МАРШРУТУ ПОЛЬОТУ ЗА ДАНИМИ ADS-В	38
3.1 Розробка ADS-В приймача та антени	38
3.2 Знаходження координат безпілотного літального апарата за допомогою ADSB	43
3.3 Контроль відхилення безпілотного літака від заданої траєкторії шляху за даними ADS-В.....	48
4. ОХОРОНА ПРАЦІ	54
4.1 Вступ	54
4.2 Аналіз умов праці в науково-дослідницькій лабораторії	54
4.3 Розробка заходів з охорони праці	62
4.4 Пожежна безпека	64
5. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	66
5.1 Види електромагнітного забруднення та їх вплив на навколишнє середовище	66
5.2 Вплив електромагнітного випромінювання на організм людини.....	70
5.3 Оцінка небезпечних чинників для даної антенної, яка використовується в приймачі	72
5.4 Заходи щодо зменшення впливу на навколишнє середовище	73
ВИСНОВКИ	77
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	78

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

БПС	-	Безпілотне повітряне судно
КПР	-	Керування повітряним рухом
ADS	-	Automatic Dependent Surveillance
ADS-B	-	Automatic Dependent Surveillance -Broadcast
РЛК	-	Радіолокатор
АЗС	-	Автоматичне залежне спостереження
ADS-R	-	Automatic Dependent Surveillance-Rebroadcast
TIS-B	-	Traffic Information Service-Broadcast
FIS-B	-	Flight Information Service-Broadcast
ACAS	-	Airborne Collision Avoidance System
БПЛА	-	Безпілотний літальний апарат
ЛТХ	-	Льотно-технічні характеристики
ПЗ	-	Програмне забезпечення
АС	-	Автоматична система
АЗС-К	-	Автоматичне залежне спостереження-контрактне
РЛС	-	Радіолокаційна станція
ПП	-	Повітряний простір
ОПР	-	Організація повітряного руху
GPS	-	Global Positioning System
UAT	-	Universal Access Transceiver
FAA	-	Federal Aviation Administration
FOM	-	Flight Operations Manual
WGS-84	-	World Geodetic System 1984
ICAO	-	International Civil Aviation Organization
ID	-	Identity document
ЕОМ	-	Електронно-обчислювальна машина

- SPI - Special position indicator
- CTII - Cabin Traffic Information Indicator
- IDENT - Identification
- IAS - Indicated Airspeed
- ADS-C - Contract automatic dependent Surveillance
- ATN - Aviation telecommunication network
- БЛК - Безпілотний літальний комплекс

ВСТУП

Огляд недавніх міжнародних авіаційних салонів переконливо свідчить, що безпілотні літальні апарати (БПЛА) з кожним роком займають все більше місце як у військовій, так і в цивільній сфері. На думку багатьох експертів, дивлячись на велику кількість демонстрованих у світі зразків БПЛА, починає складатися враження, що безпілотна авіація скоро почне домінувати над пілотованою, особливо у військовій сфері. БПЛА мають явні переваги перед пілотованими апаратами – немає необхідності в оснащенні їх системами життєзабезпечення.

Новатори з Центру льотних досліджень Армстронга НАСА розробили інтегровану систему зв'язку і управління для безпілотних авіаційних систем (БПЛА), в якій використовується технологія автоматичного залежного спостереження (ADS-B). Основна мета цієї системи - вирішити проблеми безпеки, пов'язані зі спільним використанням БАС повітряного простору з традиційними повітряними судами.

Ця сучасна система здатна в реальному часі оновлювати інформацію про дорожній рух і погоду по тривимірних (3-D) траєкторіях і може бути модернізована для конкретних завдань і програм, надаючи користувачу індивідуальний підхід. Здатність технології інтегрувати кожен компонент для поліпшених комунікацій, командування і управління, а ефективні можливості виявлення і уникнення усувають багато технічних перешкод, пов'язані з безпекою і експлуатацією безпілотних авіаційних систем в Національній системі повітряного простору (NAS). Ця технологія була признана видатною технологією, яка була розроблена Федеральним лабораторним консорціумом для передачі технологій в Далекосхідному регіоні.

За допомогою ADS-B бортове обладнання визначає місцеположення повітряного судна за допомогою супутникової навігації, і кожні пів секунди передає цю GPS-інформацію разом з іншими даними, включаючи висоту, швидкість і курс, а також ідентифікаційний код. Це називається «ADS-B Out».

Зліт або посадка можуть бути визначені на підставі швидкості, висоти і розташування.

Революційний елемент ADS-B полягає в тому, що сигнали можуть бути отримані за допомогою обладнання, вартість якого складає всього 100 доларів США (набагато дешевше, ніж установка радара). Незашифровані сигнали, що передаються з частотою 1090 МГц, можна приймати в радіусі близько 200 миль. В даний час існують десятки тисяч таких приймачів, в основному експлуатують авіа любителі.

Використання власного обладнання може добре працювати локально. Шляхом зіставлення цих локальних точок з іншими даними можна створити всеосяжну картину польотів.

ADS-B трансформує всі сегменти авіації. Точність в реальному часі, загальна ситуаційна обізнаність, передові програми для пілотів і диспетчерів - ось відмінні риси системи спостереження ADS-B NextGen.

ADS-B підвищує безпеку і ефективність в повітрі і на злітно-посадочних смугах, знижує витрати і знижує шкідливий вплив на навколишнє середовище.

Метою практичної роботи є дослідження технології для безпілотних авіаційних комплексів, розробка програми контролю відхилення літака від маршруту польоту за даними ADS-B та визначити, які саме технології використовуються для впровадження АЗС в систему керування повітряним рухом.

1. АВТОМАТИЧНЕ ЗАЛЕЖНЕ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЯК ТЕХНОЛОГІЯ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ДЛЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИК КОМПЛЕКСІВ

1.1. Застосування автоматичного залежного спостереження (ADS)

ADS – це скорочення від Automatic Dependent Surveillance (в перекладі звучить так: Автоматичне залежне спостереження).

Automatic – не вимагає втручання пілота або зовнішнього запиту.

Dependen – залежить від точних даних про стан і швидкість від навігаційної системи літака (наприклад, GPS).

Surveillance – надає положення повітряного судна, висоту, швидкість і інші дані спостереження службам, яким потрібна ця інформація.

Тобто, ADS – метод спостереження при якому повітряне судно (або інший об'єкт) автоматично з певним періодом передає іншим користувачам свої координати та іншу інформацію від своїх бортових систем.

Застосування ADS:

- TIS-B (Traffic information service-broadcast)-передача на борт даних про повітряну обстановку, отриманих органами КПП від інших систем. Обладнання ADS-B In, коли повітряне судно бачить як обладнані так і не обладнані повітряні судна;

- FIS-B (Flight Information Service-Broadcast)-передача на борт інформації про погоду та аеронавігацію в текстовому та в графічному вигляді;

- A-SMGCS. Передача на борт інформації про рух повітряного судна та інших транспортних засобів на аеродромі;

- DGNSS. Прийом від наземної станції ADS-B сигналу достовірності супутникового сигналу та диференціальних поправок для забезпечення точності навігації;

- Реалізацію каналу зв'язку пілот-диспетчер (CPDLC), а також пілот-авіакомпанія;

- Забезпечення пошуково-рятувальних операцій;

- Вирішення проблеми вихрової безпеки.

Види АЗС:

- АЗС-А. Адресне (контрактне) АЗС між пілотом та диспетчером, при якому автоматична передача повідомлень починається після здійснення за ініціативою повітряного судна з'єднання з органом УПР;

- АЗС-Р. АЗС в режимі радіомовлення, при якому здійснюється періодична (один раз в секунду) передача власних координат та інших даних з повітряного судна по принципу «Все для всіх», в радіомовному режимі будь-яким зацікавленим наземним або бортовим користувачам, які мають відповідне обладнання ADS-B (рис. 1.1.).

Основа системи: обладнаний ADS-B літак приблизно кожену секунду передає по радіоканалу свою точну позицію протягом усього польоту.

Також періодично, за запитом з наземних радарів, передаються швидкість, висота, курс, вертикальна швидкість літака. В системі ADS-B також передбачена передача погоди в реальному часі.

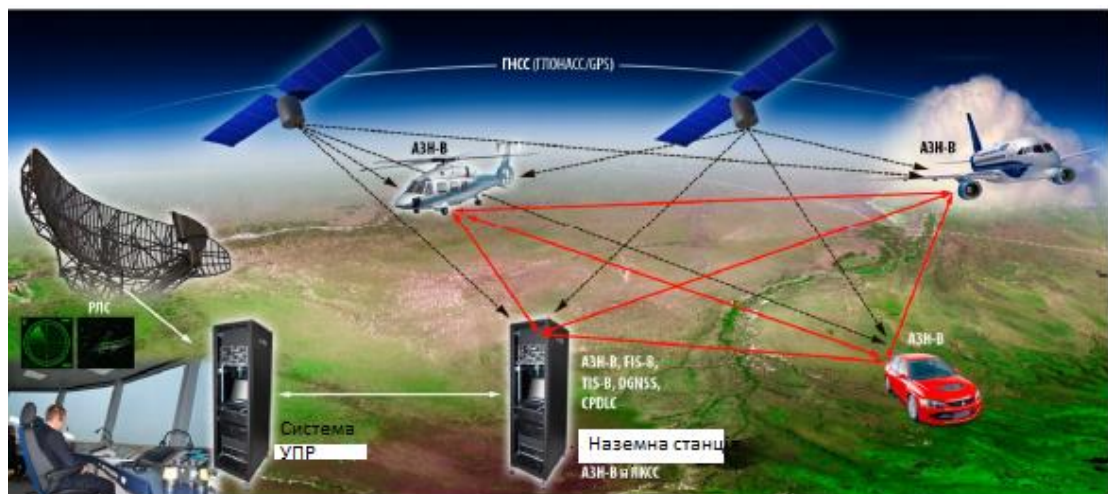


Рисунок 1.1. Автоматичне залежне спостереження в режимі радіомовлення

ADS-B – це технологія відстеження пілотованих і безпілотованих літальних апаратів, яка була введена як потенційна заміна вторинного радіолокаційного спостереження в системі управління повітряним рухом, а також як спосіб інтеграції БПЛА у пілотований повітряний простір та компонент систем UTM (безпілотний трафік). Автоматичне залежне спостереження являється основою майбутньої системи організації повітряного руху, який будується на принципах

CNS/ATM з широким використанням технологій супутникової навігації цифрового зв'язку та спостереження.

ADS-B, який складається з двох різних служб:

-ADS-B In. Може замінити радар як основний метод спостереження для управління літаками у всьому світі. Є невід'ємним компонентом національної стратегії повітряного простору NextGen для модернізації та поліпшення авіаційної інфраструктури та операцій. Також у межах система ADS-B може надавати графічну інформацію про погоду, створену трафіком та урядом, за допомогою програм TIS-B та FIS-B. ADS-B підвищує безпеку, роблячи видимим літак в режимі реального часу для управління повітряним рухом(ATC) та іншим належним чином обладнаним літаком ADS-B із даними про положення та швидкість, що передаються щосекунди. Дані ADS-B можна записувати та завантажувати для польового аналізу. ADS-B також забезпечує інфраструктуру даних для недорогого відстеження, планування та відправлення польотів;

-ADS-B Out. Використовуючи "ADS-B Out", кожен літальний апарат періодично передає інформацію про себе, таку як ідентифікацію, поточне положення, висоту та швидкість, через бортовий передавач. ADS-B Out надає диспетчерам повітряного руху інформацію в реальному часі про місце розташування, яка, в більшості випадків, є більш точною, ніж інформація, доступна в сучасних радіолокаційних системах. Отримавши більш точну інформацію, УПР зможе розташувати та відокремлювати літаки з поліпшеною точністю та термінами.

Для ADS-B Out необхідно:

- точне джерело GPS даних;
- радіопередавач (ADS-B Mode-S 1090MHz транспондер або UAT ADS-B data radio 978MHz);
- проста система управління для введення squawk коду і перевірки працездатності системи.

Передавачі ADS-B можуть транслювати позицію безпілотного літального апарата та іншу інформацію, виконуючи таким чином вимоги ADS-B Out, тоді

як приймачі ADS-B можуть отримувати цю інформацію від інших літальних апаратів як частина ADS-B In.

ADS-B Out використовується в безпілотних літальних апаратах. Приклади ADS-B Out обладнання представлені на рис. 1.2.



Рисунок 1.2. ADS-B Out обладнання

ADS-B In - це прийом повітряними суднами даних FIS-B та TIS-B та інших даних ADS-B, таких як прямий зв'язок із сусіднім літаком. Дані трансляції наземної станції, як правило, надаються лише в присутності літака мовлення ADS-B Out, обмежуючи корисність суто пристроїв ADS-B In.

Система спирається на два компоненти авіоніки на борту кожного літака: джерело супутникової навігації з високою цілісністю (наприклад, GPS або інший сертифікований приймач GNSS) та датчик (блок ADS-B). Існує кілька типів сертифікованих каналів передачі даних ADS-B, але найпоширеніші працюють на частоті 1090 МГц, по суті, модифікованому транспондері Mode S або на частоті 978 МГц. FAA хотіла б бачити, щоб літаки, які працюють виключно нижче 18000 футів (5500 м), використовували лінію зв'язку 978 МГц, оскільки це полегшить перевантаження частоти 1090 МГц.

Щоб отримати можливість виходу ADS-B на частоті 1090 МГц, користувачі-оператори можуть встановити новий транспондер або змінити існуючий, якщо виробник пропонує оновлення ADS-B (плюс встановити сертифіковане джерело позиції GNSS, якщо такого ще немає).

ADS-B забезпечує багато переваг як для пілотів, так і для управління повітряним рухом, що покращує як безпеку, так і ефективність польоту.

Переваги Автоматичного Залежного Спостереження:

-Дорожній рух. При використанні системи ADS-B In пілот може переглядати інформацію про дорожній рух навколишнього повітряного судна, якщо ці літальні апарати оснащені ADS-B. Ця інформація включає висоту, напрямок руху, швидкість та відстань до літака. На додаток до отримання звітів про позицію від вихідних учасників ADS-B, TIS-B може надавати звіти про місцезнаходження не оснащених літаками ADS-B, якщо існує відповідне наземне обладнання та наземний радар. ADS-R повторно передає звіти про положення ADS-B між діапазонами частот UAT та 1090 МГц;

-Погода. Літаки, обладнані трансивером універсального доступу (UAT) ADS-B In, зможуть отримувати звіти про погоду та метеорологічний радар через службу польотної інформаційної служби (FIS-B);

-Інформація про рейс. Служба польотної інформаційної служби (FIS-B) також передає читабельну інформацію про рейс, таку як тимчасові обмеження польоту (TFR) та NOTAM, для літаків, обладнаних UAT;

-Витрати. Наземні станції ADS-B значно дешевші у встановленні та експлуатації порівняно з первинними та вторинними радіолокаційними системами, що використовуються УПП для відділення та управління літаками.

Крім перерахованих вище можливостей, технологія ADS-B дозволяє забезпечити зону покриття в місцях, не охоплених радарними спостереженнями в силу тих чи інших причин. Таке покриття дозволить запобігти можливим повітряним зіткненням суден, які хоча і мають систему попередження небезпечних зближень, проте вона не завжди здатна запобігти зіткненню.

1.2. Безпілотні авіаційні системи

Безпілотні авіаційні системи - це сегмент світового ринку, який бурхливо розвивається. В даний час безпілотні літальні апарати стають невід'ємною частиною сучасних високотехнологічних галузей.

Компетенція містить в собі управління, експлуатацію, обслуговування і поточний ремонт безпіотної авіаційної системи, технічні засоби та обладнання, які використовуються для управління польотом БПЛА. Сфера застосування безпілотних ПС - моніторинг, сільське господарство, будівництво, картографія, доставка вантажів, відео-зйомка. Зі збільшенням завдань, які виконуються безпілотними ПС, актуальним є питання підготовки кваліфікованих кадрів.

Експлуатація безпілотних авіаційних систем - це точка росту і розвитку фахівця, вона допомагає зробити перший крок до спільноти професіоналів, які створюють і розвивають безпілотні авіаційні системи в світі.

Швидкий розвиток авіаційних технологій протягом більше 50-ти років змінило повітряний простір. Маса апаратів з фіксованим крилом і несучим гвинтом різних масо габаритних характеристик, що мають різні швидкісні і операційні характеристики, виконують польоти в метрополіях і віддалених районах на різних висотах і з різною швидкістю. Особливий інтерес до БПАС останнім часом викликаний тим, що безпілотні ПС можуть бути використані як з метою ведення розвідки, так і нанесення ударів, рятування та наукових досліджень. В останні роки застосування БПАС різко зростає як в розвинених, так і країнах, що розвиваються. Більшість БПАС застосовуються військовими для ведення розвідки і нанесення ударів. Основні напрямки розвитку БПАС полягають в поєднанні виробництва дорогих апаратів і просування їх на експорт дружнім режимам.

Польоти БПАС можуть виконуватися тільки в спеціально виділеному повітряному просторі за допомогою встановлення тимчасового і місцевого режимів а також короточасних обмежень. Приступати до здійснення діяльності, пов'язаної з використанням повітряного простору, для забезпечення

якої встановлено такий режим, без отримання підтвердження від відповідних оперативних органів Єдиної системи про готовність до їх забезпечення не допускається. Це створює додаткові складності при організації виконання підрозділами невідкладних завдань.

БПС МЧС і ряду інших відомств (будь-якого класу) повинні мати право виконувати польоти без отримання дозволу далеко від аеродромів та посадкових майданчиків в межах візуальної видимості (не більше 5 км) до висоти 60-90 м від поверхні землі (варіант: не вище 50 м над перешкодами на ній). Витримання такої висоти дозволить знизити ймовірність інцидентів, пов'язаних з ПС пілотованої авіації загального призначення, які за правилами не повинні знижуватися нижче 100 м над перешкодами (рис. 1.3.).

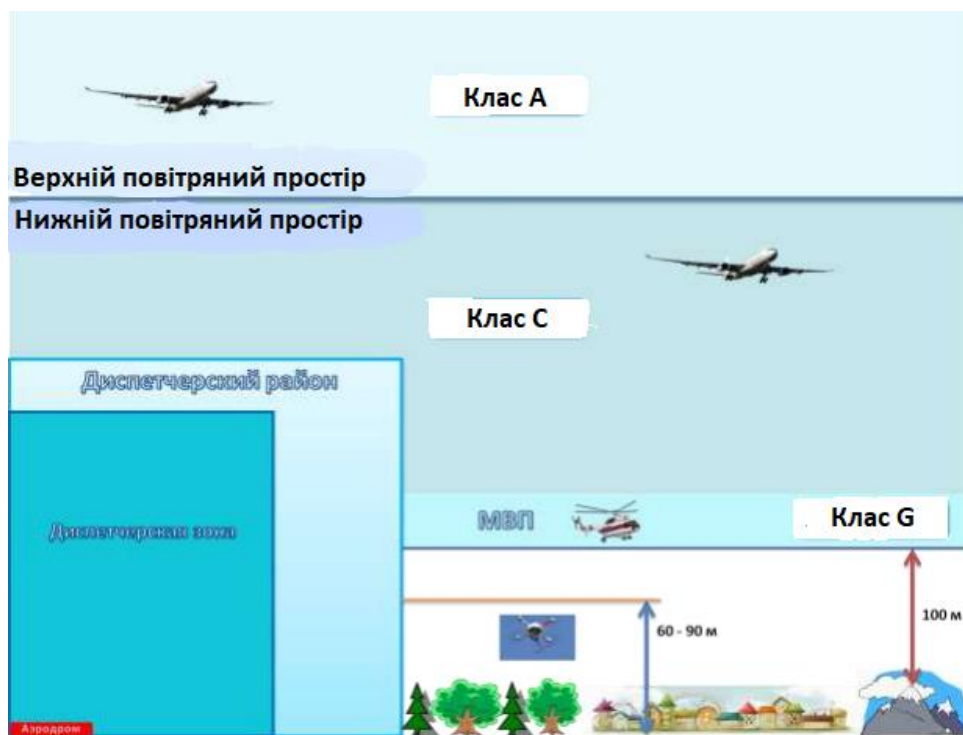


Рисунок 1.3. Використання повітряного простору БПС та ПС

Безпілотні повітряні судна прийнято ділити по таким взаємопов'язаним параметрам, як маса, час, дальність і висота польоту. Залежно від маси виділяють такі класи апаратів:

- мікро БПС - злітною масою до 250 г, часом польоту близько 1 год і висотою до 100 м;

- міні БПС - злітною масою від 250 г до 5 кг, часом польоту близько 1 год і висотою до 250 м;

- малі БПС - злітною масою від 5 кг до 30, часом польоту до 2 год і висотою до 300 м;

- легкі БПС - злітною масою від 30 кг до 200, часом польоту 3-6 год і висотою до 3 км;

- середні БПС - злітною масою від 200 кг до 500 кг, часом польоту 5-10 год і висотою до 10 км;

- важкі БПС - злітною масою понад 500 кг, часом польоту більше 10 год і висотою більше 10 км.

Зробити дрони видимими пілотам літаків і диспетчерам - головне завдання на сьогодні. Для її вирішення існує відразу кілька потенційно застосовних технологій. У цьому матеріалі досліджується автоматичне залежне спостереження в режимі радіомовлення (АЗС-Р), адже саме воно є міжнародним авіаційним стандартом, застосовуваним для спостереження в цивільній авіації (ЦА).

Уже не перший рік АЗС-Р тестують для БПЛА. Проте, навіть в рамках цього напрямку існує відразу кілька різних точок зору.

Історично в світі було розроблено всього три лінії передачі даних: 1090ES, UAT і VDL-4. На сьогоднішній момент тільки дві з них використовують в авіації - 1090ES і UAT, їх можна порівняти. UAT застосовується виключно в США для авіації загального призначення (АОН). 1090ES - в усьому іншому світі, а також в США для комерційної авіації. Якщо в ЗМІ зустрічається згадка про АЗС-Р, то з високою часткою ймовірності можна сказати, що мова йде або про 1090ES, або про UAT. Однак у світі ситуація дещо інша, тут ведуться роботи з АЗС-Р 1090ES, а також є деякі розробки на базі створеної в Швеції VDL-4.

За допомогою мобільних відповідачів АЗС-Р 1090ES безпілотні літальні апарати ставали видимими пілотам літаків, а також наземним службам. UAT обладнання часто набагато дорожче ніж для 1090 ES, тому що сумісність

1090 ES ADS-B обладнання забезпечуватися багатьма існуючими транспондерами АТС, а рішення на основі UAT це ще і окремий радіопередавач даних.

Ключова відмінність UAT і 1090 - це велика пропускна здатність за даними у UAT, в той час як у 1090 ES є ємність тільки для даних ADS-B.

У таблиці 1.1 Наведені порівняння 1090ES та 978 ES.

Таблиця 1.1. Порівняння 1090ES та 978 ES

№	1090ES	978 ES
1.	Необхідний вище 18000 футів	Дуже дружня існуючим транспондерам
2.	Об'єднаний з Mode-S ES транспондером	Недорога
3.	Вбудований ADS-B транспондер і система управління	Хороше рішення для легких літаків
4.	Старі повітряні судна повинні оновити свій транспондер або модернізувати встановлене обладнання	Обмежена в США нижче 18000 футів

Як відзначають експерти, головна перевага використання технології АЗС-Р для дронів полягає саме в її сумісності з авіацією. Обладнавши БПЛА мобільними передавачами, сумісними з тими, що вже є на літаках, ви разом можете зробити їх видимими пілотам. І навпаки, якщо БПЛА буде оснащений приймачем АЗС-Р 1090ES, то він зможе «бачити» навколишні його літаки, як показано на рис. 1.3. При цьому не доведеться переоснащувати весь авіапарк новим обладнанням. Передавачі ADS-B можуть транслювати позицію безпілотного літального апарата та іншу інформацію, виконуючи таким чином вимоги ADS-B Out, тоді як приймачі ADS-B можуть отримувати цю інформацію від інших літальних апаратів як частина ADS-B In.

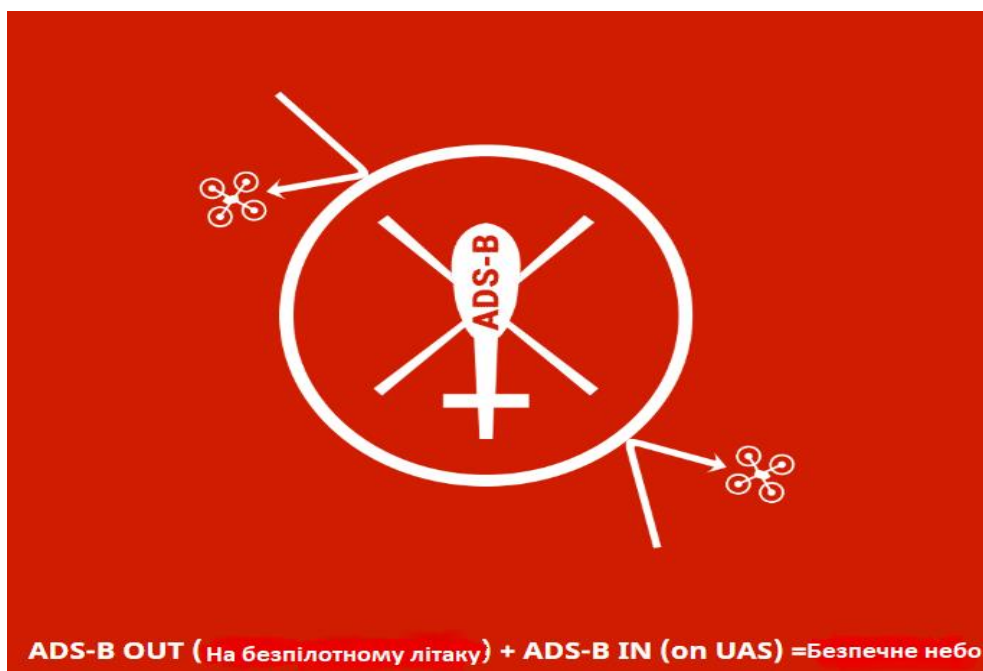


Рисунок 1.3. БПЛА оснащений приймачем АЗС-Р

Багато маленьких безпілотних літальних апаратів, які оснащені функціоналом ADS-B, оснащені лише ADS-B In, що дозволяє їм отримувати інформацію в режимі реального часу про сусідні безпілотні ЛА та інші літаки та діяти на цій інформації як частина стратегії розумного та уникненого .

Приймачі-передавачі ADS-B одночасно передають і приймають, таким чином забезпечуючи безпілотний ЛА як з функціями ADS-B In, так і з ADS-B Out, за допомогою цього є зв'язок між БПС та базовими станціями (рис. 1.4.).

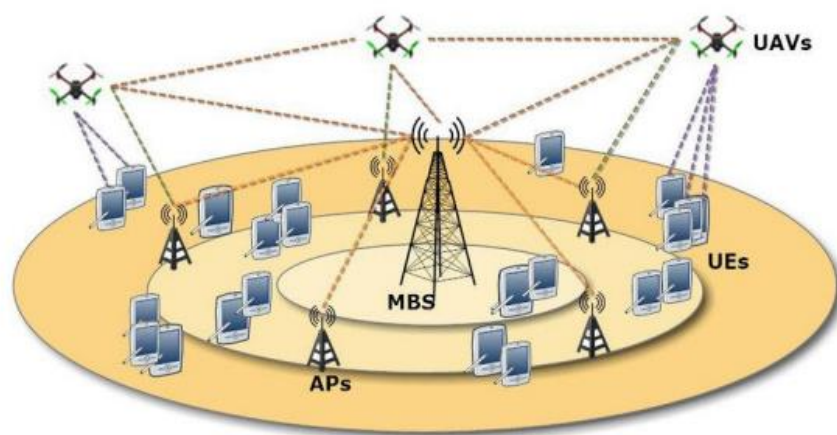


Рисунок 1.4. Зв'язок між БПС та БС

Для бездротового зв'язку з точки зору перспективи, дві основні ролі включають в себе: антену базової станції (БС) та користувацьке обладнання.

Завдяки своїй гнучкості та притаманній здатності до лінійного зв'язку (LoS), дрони–БС можуть надавати широкосмугові, широкомасштабні та надійні бездротові підключення під час стихійних лих і тимчасових подій. Крім того, дрон–БС пропонує перспективне рішення для ультра–гнучкого розгортання та економічно ефективної бездротової послуги без надмірних витрат наземних БС. Тим часом безпілотні системи також можуть виконувати функції UE (тобто 10 стільникових дронів–UE), які повинні з'єднуватися для роботи в бездротовій мережі.

Транспондери дронів ADS-B (рис. 1.5.) також передають і приймають, але вихідний сигнал автоматично видається лише у відповідь на вхідний сигнал допиту, що робить його по суті автоматизованим приймачем.



Рисунок 1.5. Транспондери, приймачі, трансивери ADS-B для БЛА

1.3 Технологія ADS-B (трансивери / приймачі) та транспондери для відстеження дронів.

Транспондери дронів ADS-B також передають і приймають, але вихідний сигнал автоматично видається лише у відповідь на вхідний сигнал допиту, що робить його по суті автоматизованим приймачем.

Для забезпечення моніторингу за БЛА, які виконують польоти в необладнаних областях необхідно їх оснащення бортовими супутниковими трекерами.

На сьогоднішній день єдиним сертифікованим бортовим супутниковим трекером є БМСТ «Спектр-ГЛОНАС». Бортовий малогабаритний супутниковий трекер БМСТ «Спектр-ГЛОНАС» (Сертифікат придатності комплектуючого виробу № ФАОТ-стки-БМСТКНТА.466539.023-01) призначений для визначення місця розташування, курсу, швидкості і висоти польоту повітряного судна і передачі цих параметрів і інших повідомлень будь-якого іншого споживача, через супутникову мережу «Iridium».

БМСТ «Спектр-ГЛОНАС» має можливість видачі мітки часу PPS і координат розташування ПС зовнішньому споживачеві на борту ПС, а також має кнопку штатного виключення трекера, кнопку «Аварія», індикатор «Готовність» і функцію передачі сигналу «обтиснення шасі». БМСТ «Спектр-ГЛОНАС» (опціонально) також забезпечує двосторонній голосовий зв'язок передачу даних в умовах відсутності живлення від бортової електромережі. Виріб діє в будь-якій точці земної кулі, на будь-якій висоті в зоні роботи глобальної мережі супутникового зв'язку «Iridium».

БМСТ (рис 1.6.) встановлюється на літаки, вертольоти та інші літальні апарати в якості штатного та / або швидкоз'ємного обладнання.



Рисунок 1.6. Бортовий малогабаритний супутниковий трекер БМСТ «СпектрГЛОНАС»

Вбудований бортовий без корпусний навігаційний супутниковий трекер призначений для установки на борту безпілотних літальних апаратів (БПЛА) для визначення місця розташування та інших навігаційних параметрів з використанням сигналів навігаційних супутникових систем ГЛОНАСС і GPS і доставки даних на сервер з використанням технології коротких повідомлень (SBD) супутникової системи Iridium і технології мобільного зв'язку GSM / GPRS.

Трекери обладнані послідовним портом для управління підключеним до нього зовнішнім обладнанням по командам, що відправляються з телематичного сервера, а також мають вхід зовнішнього живлення для роботи від бортової мережі БПЛА. Трекер застосовується для віддаленого моніторингу місця розташування БПЛА в якості кінцевого (бортового) обладнання в складі інформаційних телематичних систем.

Робочі умови застосування:

- температура навколишнього повітря від мінус 20 до плюс 55 ° С; (Короткочасно, не більше 10 хвилин, від мінус 40 до плюс 65 ° С);
- відносна вологість повітря не більше 95% при плюс 25 ° С;
- атмосферний тиск від 86,6 до 106,7 кПа (від 650 до 800 мм рт.ст.);
- електричний струм напругою від 6,5 до 32 В і постійним струмом не менше 0,5 А;
- маса не більше 90 м;

На сьогоднішній момент немає інформації про наявність для даного трекера (рис 1.7.) сертифіката придатності комплектуючого виробу.

За своєю суттю трансивер є пристроєм прийому-передачі різних сигналів між об'єктами, що знаходяться на певній відстані один від одного. Сам термін з'явився в результаті симбіозу двох англійських слів: transmitter і receiver, передавач і приймач відповідно.

Сам по собі процес роботи трансивера зовсім не складний і будь-який радіоаматор знає його досить добре.

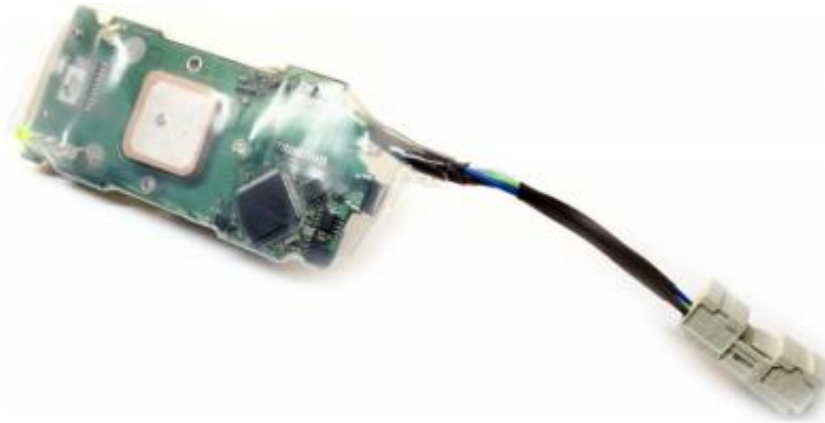


Рисунок 1.7. Вбудований бортовий бескорпусний навігаційний супутниковий трекер

Схематично це виглядає так: антена приймального елемента ловить надходять електромагнітні сигнали, які відразу передаються на джерело змінного струму і там проходять первинну обробку від шумів. Після цієї процедури сигнал проходить подальше очищення за допомогою спеціальних фільтрів, підсилювачів та інше. На даному етапі відбувається виокремлення та посилення необхідної інформації. Далі в роботу вступають генератори і синтезатори частот, саме вони забезпечують рух сигналу і, в залежності від необхідності, змінюють довжину хвилі, виконують перетворення частот і тд. В кінцевому підсумку модифікований сигнал надходить на передавач.

Крім двох основних елементів, в трансивері знаходиться ще ряд функціональних вузлів, які проводять усі внутрішні операції з сигналами:

- Генератор. З його допомогою трансивер підсилює слабкі сигнали і поліпшує якість хвиль;
- Частотний синтезатор. Він генерує високоточні сигнали для їх поширення на більшій території;
- Частотний конвертор. Головним завданням даного вузла є перетворення частот, якщо того вимагає обставини. Наприклад, при передачі хвиль на пристрої з іншої частотної сіткою;

Розглянемо декілька трансиверів та приймачів, які використовуються для безпілотних ЛА;

1. Мініатюрний трансивер ADS-B наступного покоління з інтегрованою GNSS.

TR-1A - Приймач, що виявляє та уникає дрони. TR-1A другого покоління мініатюрний ADS-B, трансивер для цивільної та комерційної UAS, зображений на рис 1.8. Він важить всього 14 грам і включає високоякісний приймач GNSS та барометричний датчик висоти, він не вимагає зовнішнього обладнання та ідеально підходить для реалізації алгоритмів виявлення та уникання БПС.



Рис 1.8. Трансивер ADS-B TR-1A

Модуль забезпечує трансляцію позицій у реальному часі та відстеження літаків на частоті 1090 МГц з визначеними рівнями вихідної потужності 0,25, 0,5 або 1 Вт.

TR-1A розроблений навколо нашої запатентованої технології FPGA-In-The-Loop і здатний приймати тисячі кадрів в секунду із вбудованою підтримкою протоколів зв'язку MAVLink та AERO. Модуль укладений у міцний алюмінієвий корпус із захистом від електростатичних розрядів, що забезпечує надійну роботу навіть у складних умовах.

2. Трансивер ADS-B та FLARM з інтегрованою GNSS.

TR-1F - виявлення та уникання трансивера для БАС. Мініатюрний трансивер (Рис 1.9.), що підтримує як ADS-B, так і FLARM, що забезпечує можливості DAA / SAA для цивільних та комерційних БПЛА та відкриває шлях для безпечної інтеграції БПС у несегрегований повітряний простір.

Модуль працює як на частотах 1090 МГц, так і на 868 МГц, а також дозволяє передавати та приймати дані ADS-B та FLARM із визначеною вихідною потужністю 0,25, 0,5 або 1 Вт для ADSB та 0,025 Вт для FLARM.



Рис 1.9. Трансивер ADS-B та FLARM TR-1F

Розроблений навколо нашої запатентованої технології FPGA-In-The-Loop і здатний приймати тисячі кадрів в секунду, TR-1F оснащений вбудованим приймачем і датчиком тиску з декількома GNSS і не вимагає зовнішнього обладнання. Міцний алюмінієвий корпус та захист від електростатичних розрядів роблять пристрій ідеальним для роботи в складних умовах.

3. Мініатюрний приймач ADS-B з інтегрованою GNSS.

TR-1W - малопотужний трансивер ADS-B. TR-1W є легкий Мініатюрний все в одному ADS-B Приймач (Рис 1.10.) розроблений спеціально для цивільних і комерційних безпілотних авіаційних систем. Працюючи в діапазоні 1090 МГц, він одночасно приймає і передає дані ADS-B з вихідною потужністю 1 Вт.

З міцним алюмінієвим корпусом та надійним захистом від електростатичних розрядів, модуль включає приймач із декількома GNSS та барометричний датчик висоти. Завдяки запатентованій технології FPGA-In-The-Loop, яка може приймати тисячі кадрів в секунду, TR-1W забезпечує відстеження літаків у реальному часі та трансляцію позицій. TR-1W ідеально підходить для програм інтеграції повітряного простору безпілотних літальних апаратів, включаючи впровадження систем виявлення, уникнення та моніторингу повітряного руху на борту для ЛА та безпілотного літального апарата.



Рис 1.10. 2TR-1W - малопотужний трансивер ADS-B

4. Транспондер відстеження UAS з модемом LTE та FLARM. Hook-On-Device - відстеження дронів для UTM. Hook-On-Device - це компактний та легкий



Рис 1.11. Транспондер відстеження Hook-On-Device

транспондер UAS із вбудованим модемом LTE та SIM-карткою, який передає свою поточну позицію GNSS через FLARM до провідної системи управління безпілотним рухом (UTM), розробленої DFS. Високоінтегрований багатосмуговий приймач-передавач (Рис 1.11.) забезпечує всебічне рішення UTM та U-Space для відстеження, віддаленого ідентифікатора та запобігання зіткненням. Модуль також може приймати передачі FLARM та ADS-B від навколишнього повітряного руху, а також може додавати ці дані до даних про місцезнаходження, що передаються до системи UTM. Веб-інтерфейс

UTM дозволяє пілотам-безпілотного літального апарата та диспетчерам повітряного руху легко переглядати позиції БЛА та інших літальних апаратів поблизу

2. СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ПОВІТРЯНИМ РУХОМ ЗА ДОПОМОГОЮ ADS-B ДЛЯ БЛК

2.1. Обробка отриманих даних БЛА

Архітектура трансивера базується на механізмі множинного доступу з розподілом часу (TDMA). Усі літаки-учасники матимуть прийомо-передавач для ADS-B OUT, включаючи БПЛА та пілотовані літаки. Пілотований літальний апарат матиме можливість Quasi-ADS-B IN плюс дисплей інформування про ситуацію.

І Quasi-ADS-B OUT, і IN розроблені в одній апаратній системі. Цю систему слід завантажувати перед кожним рейсом для запуску ініціалізації системи та блокування GPS. Після завершення ініціалізації системи вона починає надсилати Quasi-ADS-B OUT раз на секунду і прослуховує будь-які дані Quasi-ADS-B IN.

Цикл виведення даних трансивера Quasi-ADS-B OUT становить одну секунду. Цей цикл можна розділити на дві великі секції: секцію сортування слотів та цикл передачі.

Основною метою секції сортування слотів є організація номера трансмісійного слота кожного літака. Механізм TDMA у цій системі дозволяє до 10 слотів (або 10 ідентифікаторів), але з міркувань безпеки в повітряний простір одночасно буде використано максимум 8 ідентифікаторів. Секція сортування слотів буде розділена на три підрозділи. Кожен підрозділ складається з 10 слотів. Кожен літальний апарат у випадковий час надішле повідомлення про слот у кожному з 3 підрозділів. Він виконує загальну передачу трьох повідомлень про слоти в розділі сортування слотів. Метою відправки трьох повідомлень одночасно кожного підрозділу є забезпечення того, щоб кожен прийомо-передавач отримував повідомлення без нерегулярного забивання даних або втрати. Повідомлення про слот включає ідентифікаційний номер повітряного судна та номер слота. Пріоритет ідентифікатора призначається наземною станцією управління. БПЛА завжди отримує вищий пріоритет, ніж пілотовані літаки.

Номер слота, що міститься в кожному повідомленні, декларує порядок цього літака та час, коли він надішле своє повідомлення про передачу. Якщо будь-який трансивер отримує конфліктні дані з однаковим номером слота, буде активовано механізм автоматичної зміни слота з перевіркою пріоритету ідентифікатора. Усі приймачі-передавачі, що беруть участь, будуть перепризначені їх ідентифікаторами з пріоритетом.

Після перевірки пріоритету ідентифікатора трансивер з ідентифікатором нижчого пріоритету буде призначений у невикористаний слот для трансляції своїх даних. Після того, як послідовність сортування слотів закінчиться з позначкою 300 мс, номер слота літака буде відсортовано, розпочнеться наступний етап циклу виведення даних Quasi-ADS-B OUT. Псевдокод трансивера показаний рисунку 2.1.

```
Initialization /* System initialized and GPS lock */  
REPEAT every second  
    OUTPUT ID + Slot number  
        IF ownership slot number = intruder slot number  
            IF ownership ID priority > intruder ID priority  
                Ownership slot number remains  
            ELSE  
                Ownership slot number shifts to an unused slot  
            ENDIF  
        ENDIF  
    OUTPUT GPS data  
    INPUT GPS data of all aircraft  
UNTIL shutdown
```

Рисунок 2.1. Псевдокод трансивера

Цикл передачі обмінюється даними між кожним літаком у районі. Цей розділ містить 10 слотів. Кожен літак виконує свою процедуру OUT даних у призначений час слота, щоб забезпечити відсутність заклинювання даних.

У цій роботі, враховуючи місії з порятунку внаслідок стихійних лих, передбачається розумна кількість літаків у повітряному просторі спостереження. Можливо, це кілька рятувальних вертольотів, які співпрацюють з кількома

БПЛА. На рисунку 2.2. наведено приклад часової діаграми зв'язку для 8 різних літальних апаратів, що експлуатуються в одному і тому ж малому повітряному просторі. Часова діаграма розділу сортування слотів становить 0 ~ 300 мс, тоді як остання частина 300 ~ 800 мс передає дані БПЛА / CD & R як Квазі-ADS-B OUT. 800 мс ~ 1000 мс - це резервні слоти для аварійних слотів або майбутні запасні для розширення системи.

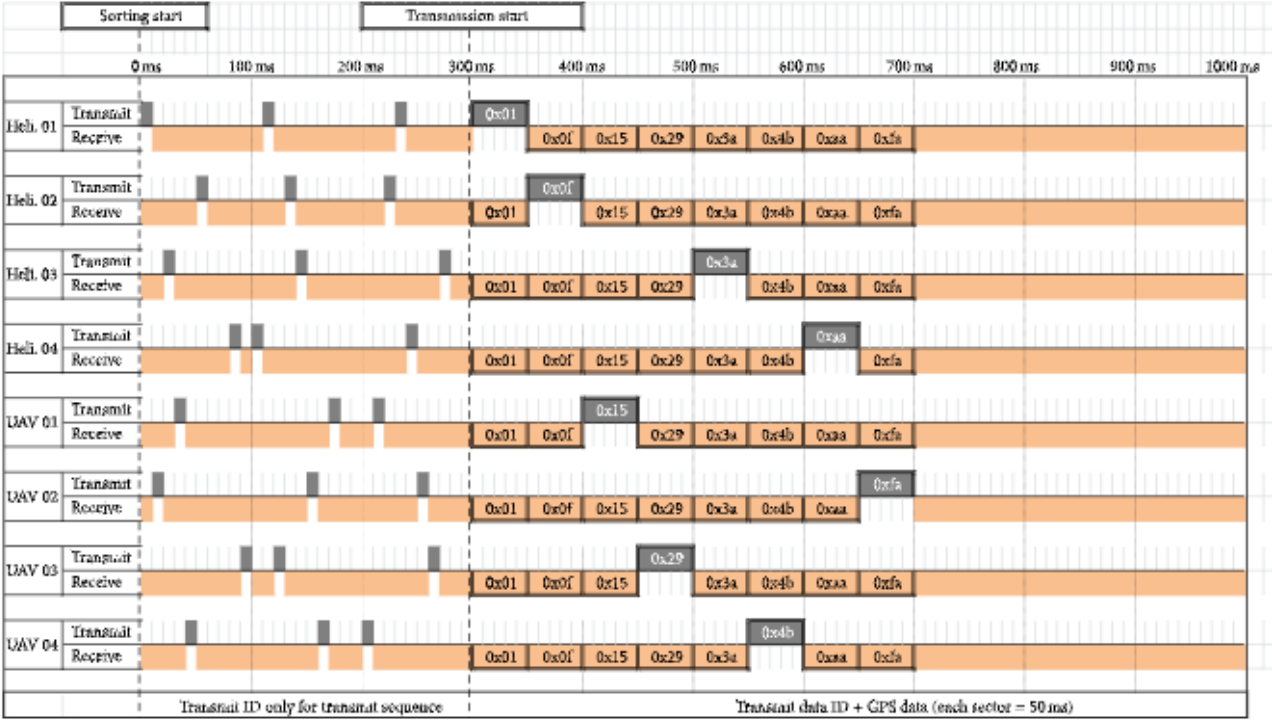


Рисунок 2.2. Приклад часового графіку передачі 8 літаків

Трансмісії синхронізуються з годинником GPS щосекунди. Передача послідовності сортування слотів - це 11-байтові дані, що складаються з стартового біта (2 байти), БПЛА (4 байти), номера слота (1 байт), контрольної суми (2 байти) та кінцевого біта (2 байти). Оскільки дані сортування слотів передачі Quasi-ADS-B OUT займають менше 10 мс, тимчасовий інтервал у цьому розділі призначається 10 мс. Щоб забезпечити прийом даних за допомогою Quasi-ADS-B IN, кожен літальний апарат надсилає три набори даних послідовності сортування протягом 300 мс. Потужність запропонованої системи обмежена 10 літаками.

Передача даних здійснюється від 300 мс до 800 мс. Оскільки UBLOX

розшифровує дані GPS за 280 мс, передача даних затримує 300 мс для синхронізації. Дані, що передаються для БПЛА в цьому розділі, включають координати поточного положення та наступної маршрутної точки. Для вертольота передані дані будуть поточним положенням і пунктом призначення. Ці дані кодуються CPR. Кожен літальний апарат транслює свої два пакети даних у слоті 50 мс за послідовністю ідентифікаційного номера із розділу сортування, тобто першого слота на 300 мс ~ 350 мс, до місця 8 на 650 мс ~ 700 мс.

CPR перетворює дані у 35 бітів замість 45 бітів, зберігаючи 10 бітів за повідомлення про позицію. Він не передає біти вищого порядку протягом усього періоду польоту. Як парний, так і непарний формат передаються спочатку, щоб однозначно визначити місце розташування літака. Після того, як цей процес був проведений, і біти вищого порядку відомі, можна вибрати лише один вид формату для визначення положення літака.

З цією концепцією усі повітряно-десантні літаки будуть знати становище інших у цьому повітряному просторі для досягнення спільних місій. Після встановлення розподілу позиції запропонований алгоритм виявлення конфліктів та запобігання зіткненням допомагає забезпечити безпечне відокремлення та уникнення пілотованого літака від зловмисників.

2.2. Технічні реалізації системи організації мало висотного руху БАС для забезпечення ПР

Найважливішим компонентом майбутньої інфраструктури досвідченого району стане система організації мало висотного руху БАС. Реалізація проекту створення системи організації мало висотного руху БАС в Томській області дозволить удосконалювати надання польотно-інформаційного обслуговування експлуатантам БАС і безпечно інтегрувати польоти БПС в повітряний рух спільно з пілотованою авіацією.

Система організації мало висотного руху БАС повинна надавати польотно-інформаційне обслуговування для експлуатантів БАС і відповідати наступним тактико-технічним вимогам:

- електронна реєстрація;

- перевірка і обробка плану польоту в органах КПП;
- відправка зовнішньому пілоту (експлуатанту) БАС підтвердження про прийомі плану польоту БАС;
- розсилка плану польоту всім зацікавленим органам, включаючи зовнішнім пілотам (експлуатантам) БАС з метою завантаження маршруту в автопілот БАС;
- забезпечення БАС аеронавігаційною інформацією та даними, включаючи стратегічний геофенсінг;
- взаємодія з органами КПД;
- забезпечення БАС метеорологічною інформацією;
- забезпечення БАС даними про рельєф місцевості і перешкоди, включаючи тимчасові;
- підготовка та оптимізація плану польоту;
- перед тактичний і тактичний геофенсінг;
- стратегічне вирішення конфліктів;
- зв'язок мовний та цифровий;
- навігація, для маловисотних БАС, в тому числі в міському середовищі;
- трекінг;
- моніторинг (спостереження);
- надання інформації про рух;
- аварійне оповіщення;
- документування інформації та даних;
- динамічне управління пропускною спроможністю.

Приклад технічної реалізації Системи організації мало висотного руху БАС для забезпечення ПР наведено на рис. 2.3, 2.4, 2.5 та 2.6.

Надання метеоданих для виконання польоту безпілотних авіаційних систем як зазначалося буде складатися з інформації, вже доступною авіаційним споживачам і надається ФГУП «Держкорпорація з ОКПР», а також власними метео джерелами.



Рисунок 2.3. Склад технічних засобів Системи організації
Мало висотного руху БАС



Рисунок 2.4. Склад технічних засобів Системи організації мало висотного руху
БАС

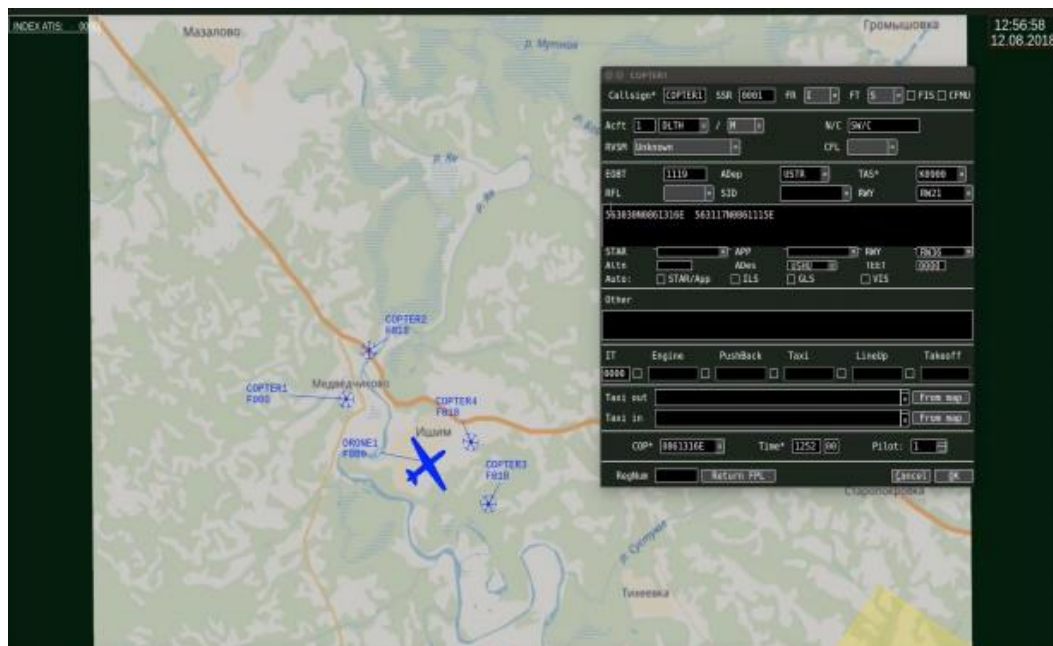


Рисунок 2.5. Приклади відображення інформації про повітряну обстановку

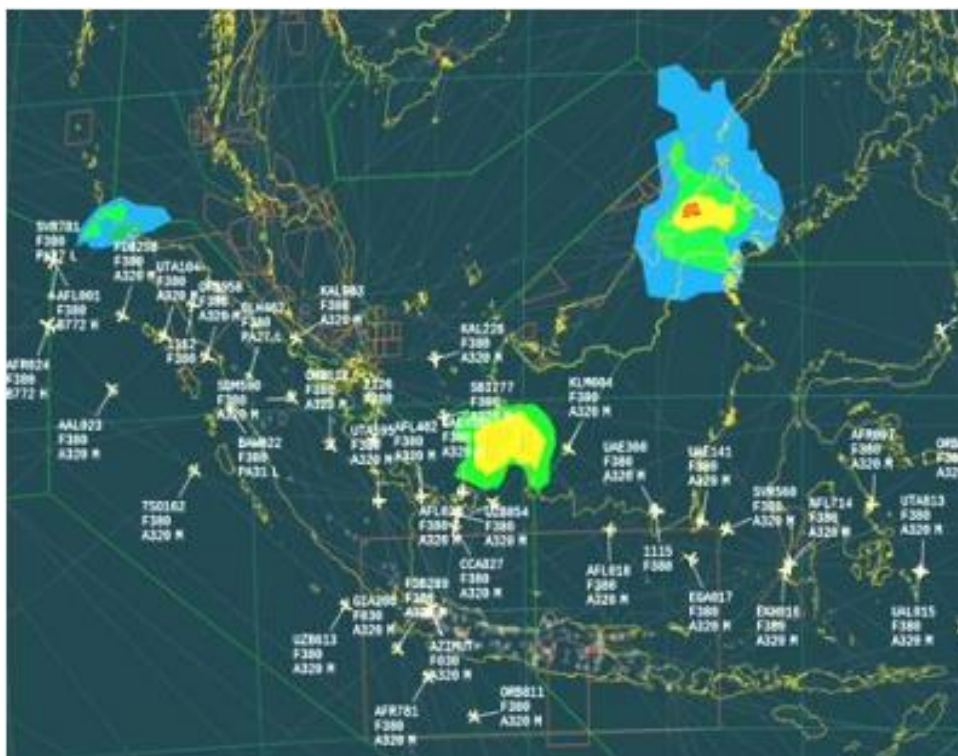


Рисунок 2.6. Приклади відображення інформації про повітряну обстановку

Метеорологічна інформація повинна включати в себе:

- фактичну інформацію з автоматичних метеорологічних станцій;
- інформацію про просторовий розподіл хмарності та пов'язаних з нею явищ погоди за інформацією метеорологічного радіолокатора, доповненої супутниковою інформацією;
- прогноз погоди для місць установки автоматичних метеостанцій;

- прогноз явищ погоди для будь-якої географічної точки або траєкторії в межах заданого регіону;
- добовий прогноз погоди по заданому регіону, сформований на підставі даних Світового центру зональних прогнозів погоди;
- іншу метеорологічну інформацію, затребувану користувачами.

Особливо важливими Метеоданими є швидкість і напрям вітру в межах міста з прив'язкою до карти міських районів, де аеродинаміка будівель збільшує швидкість вітру.

Власні джерела метеорологічної інформації будуть розміщені в районах, які не забезпечені ОКПД. Інформація від всіх джерел буде надходити в систему організації руху БАС, а з неї в режимі єдиного вікна надаватиметься зацікавленим споживачам. системою організації мало висотного руху інформація буде використовуватися для забезпечення безпечного руху, в тому числі перевірки плану польоту. Для отримання прогнозів погоди експлуатанти / зовнішні пілоти БАС зможуть використовувати станції зовнішнього пілота і інші засоби, що дозволяють здійснити авторизований доступ до метеоресурсів, в тому числі, з використанням Інтернету. Метеоінформація для експлуатантів / зовнішніх пілотів БАС може також поширюватися через метеослужби. Метеослужби будуть здійснювати для експлуатантів / зовнішніх пілотів БАС добірку інформації з різних джерел.

2.3. Системи ідентифікації та реєстрації БЛА

Основною вимогою до виробників дронів при сертифікації буде обов'язкова наявність GPS-трекера зі слотом під SIM-карту. Карта буде видаватися при реєстрації ЛА, незалежно від його типу.

Введення на законодавчому рівні системи реєстрації та ідентифікації ЛА, за допомогою розміщення на ньому передавального обладнання GSM зв'язку, дозволить вирішити багато питань з контролю використання малих ПС і БПЛА, а робота обладнання - зняти навантаження на диспетчерський склад органів КІПР.

Це зажадає проведення відповідних заходів нормативно-правового, науково-технічного, організаційного характеру. Створення даної системи, по ряду причин, має відбуватися в кілька етапів, основними з яких можуть бути наступні.

Перший етап.

Ухвалення на урядовому рівні програми введення організації та контролю повітряного руху малої авіації і БПЛА на основі мереж мобільного зв'язку. У програмі повинні бути передбачені наступні позиції:

- ініціалізація створення законодавчої і нормативної бази реєстрації, обліку і контролю руху всіх ЛА малої авіації, включаючи БПЛА, з використанням обладнання мобільного зв'язку мереж GSM (або інших стандартів);

- введення обов'язкової сертифікації виробників ЛА малої авіації і БПЛА і ліцензування торгівлі ними на предмет наявності технічного обладнання GPS / ГЛОНАС приймально-передавачів (трекерів), що встановлюють координати місця розташування ЛА і передавального ці дані по GSM-мереж;

- проведення науково-дослідних робіт по вдосконаленню структури органів КПП, в частині місцевих диспетчерських пунктів, дообладнання спеціальними серверами і іншими необхідними технічними засобами для переходу на систему контролю повітряного руху на основі GSM-мереж.

Другий етап.

- Сертифікація і введення реєстрації та обліку ЛА малої авіації і БПЛА на основі встановлення обладнання, індивідуальних сім-карт і випромінюваних сигналів.

- Введення системи обов'язкового ліцензування експлуатантів ЛА малої авіації і БПЛА на право виконання польотів та використання повітряного простору.

- Організація і проведення робіт зі створення в системі КПП на базі місцевих диспетчерських пунктів (МДП) технічно обладнаних робочих місць (серверів, терміналів) контролю використання ВП по сигналах, що передаються по GSM-мереж.

Третій етап.

- Перехід на повний контроль органами КТР використання ПП С і G класів на основі сигналів GPS / ГЛОНАС трекерів, переданих по GSM-мереж.

- Проведення науково-технічних робіт з вишукування можливостей, із застосуванням більш досконалих технологій швидкодії мереж передачі поточкових сигналів, переходу на безперервний контроль руху малих ЛА і БПЛА в режимі реального часу.

- Удосконалення структури ПП С і G класів і правил виконання польотів для досягнення безконфліктності руху малих ЛА і БПЛА в єдиних зонах виконання польотів.

Четвертий етап.

Розробка системи автоматичного управління рухом БПЛА в єдиному ПП для пілотованих пасажирських, комерційних, загального призначення, індивідуальних та інших видів авіаперевезень.

Запропоноване рішення для такої технологічно складної галузі, якою є авіація, з величезними ризиками і високими стандартами регулювання повітряного руху, є досить амбітним і технічно проблемним. Вимоги до надійності і точності роботи устаткування в авіації одні з найвищих. Але та інтенсивність повітряного руху, яка лавиною збільшиться, коли злетять тисячі БПЛА і міні-дронів, вимагає технічного втручання в роботу диспетчера з подальшим рухом до автоматизації.

Запропоноване рішення можливо до реалізації при наявності, принаймні, двох умов:

- система ідентифікації і контролю на основі мобільного зв'язку повинна використовуватися і розвиватися в якості доповнення до інших використовуваних радіотехнічних засобів контролю, аеронавігації та літаководіння;

- розробка і впровадження такої масштабної і технічно не стандартизованої до авіації технології можлива тільки на міжнародному рівні, зі схвалення

авіаційним співтовариством експлуатантів і наукових експертів.

Сама по собі віддалена ідентифікація, як зазначається в опублікованому FAA документі, не дозволяє виконувати рутинні розширені операції, такі як операції над людьми або поза зоною прямої видимості, але здатність ідентифікувати і визначати місцезнаходження БАС надає важливу інформацію правоохоронним органам та іншим посадовим особам, відповідальним за забезпечення громадської безпеки.

На елементи повідомлення віддаленої ідентифікації покладається ряд функцій, зокрема:

- Ідентифікація БАС за серійним номером БПС і наземної станції;
- Ідентифікація сесії зв'язку;
- Встановлення відповідності між серійним номером і ідентифікатором сесії;
- Вказівка координат наземного поста управління;
- Індикація барометричної висоти наземного поста управління;
- Вказівка координат БПС;
- Індикація барометричної висоти БПС мітка часу;
- Індикація аварійних станів БАС;

Важливо відзначити включення до складу повідомлення саме барометричної висоти.

Відомо, що багатопозиційні системи спостереження (МПСН) вимірюють висоту геометричну. Для отримання на землі вимірюваної на борту барометричної висоти необхідно повністю розшифрувати повідомлення АЗС-Р 1090.

3. ПРОГРАМА КОНТРОЛЮ ВІДХИЛЕННЯ БПС ВІД МАРШРУТУ ПОЛЬОТУ ЗА ДАНИМИ ADS-B

3.1. Розробка ADS-B приймача та антени

Потрібен маршрутизатор з підтримкою OpenWRT. Використано TP-LINK TL-MR3220 v.2.0. Його вартість майже така ж як і у широко відомого TP-LINK TL-MR3020, але MR 3220 має додатково купу LAN портів і роз'єм для підключення зовнішньої антени.



Рисунок 3.1. TP-LINK TL-MR3220 v.2.0

Потрібно зібрати мінімалістичну прошивку для TP-LINK TL-MR3220 v.2.0, в яку потрібно включити `rtl_sdr` і `dump1090`. Прошивати можна або через web-інтерфейс TP-LINK (при першій перепрошивці), або `mtd` методом під `openwrt`. DVB-T донгл (рис. 3.2.) - дешевий широкосмуговий приймач, побудований за SDR-технології. Спочатку він був задуманий як приймач для прийому цифрового телебачення в форматі DVB-T. Але розумні люди з OsmocomSDR трохи по експериментували і таки розкрили його недокументовані можливості на повну. Вартість пристрою у китайських продавців - від 10 \$. Цей екземпляр побудований на прогресивному чіпсеті Rafael Micro R820T. Всередині на антенний вхід встановлені зустрічно-паралельні діоди для захисту входу приймача від небезпечних перенапруг (статика, близькі грозові розряди), правда не всі вірять в такий захист.



Рисунок 3.2. DVB-T донгл

Потрібно підключити донгл до маршрутизатора та перевірити як він визначається в системі (рис 3.3.).



Рисунок 3.3-. підключений донгл до маршрутизатора

До складу безпілотного комплексу входить антенне обладнання, яке призначене для прийому-передачі цифрового відеосигналу, телеметрії і сигналу управління БПС.

Антенно-фідерний пристрій додатково дублює канал управління, що підвищує стійкість системи.

Антенне обладнання також дозволяє транслювати ці дані в мережу. Антенне обладнання гарантує впевнений прийом і передачу сигналу на відстань, вказане в описі на безпілотний комплекс.

Герметичне та ударостійке виконання гарантує стабільну роботу безпілотного комплексу навіть при несприятливих погодних умовах.

Антенно-фідерний пристрій дальнього радіусу дії на двох-осьовому поворотному пристрої збільшує дальність прийому сигналу до 100+ км.

Для того щоб зібрати систему (рис. 3.4.), в якості прийомної антени використовується дискоконус, розрахований на 1090 МГц.

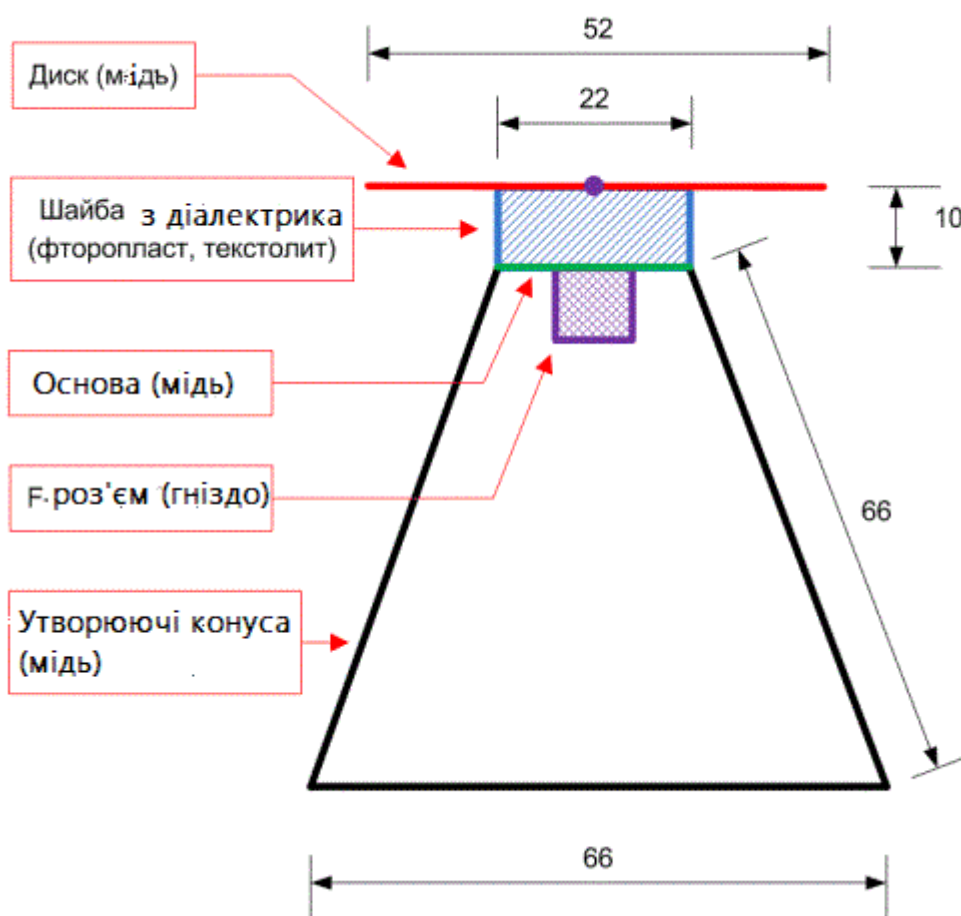


Рисунок 3.4. Розробка прийомної антени

Жирною крапкою по центру диска (рис. 3.5.) позначено місце припайки центрального виведення F-роз'єму до диска. Утворюють конуса виготовлені з мідного дроту діаметром 2 міліметри.



Рисунок 3.5. Виготовлення антени

Далі потрібно все підключити і на виході отримаємо приймальний комплекс в зборі (рис 3.6.).

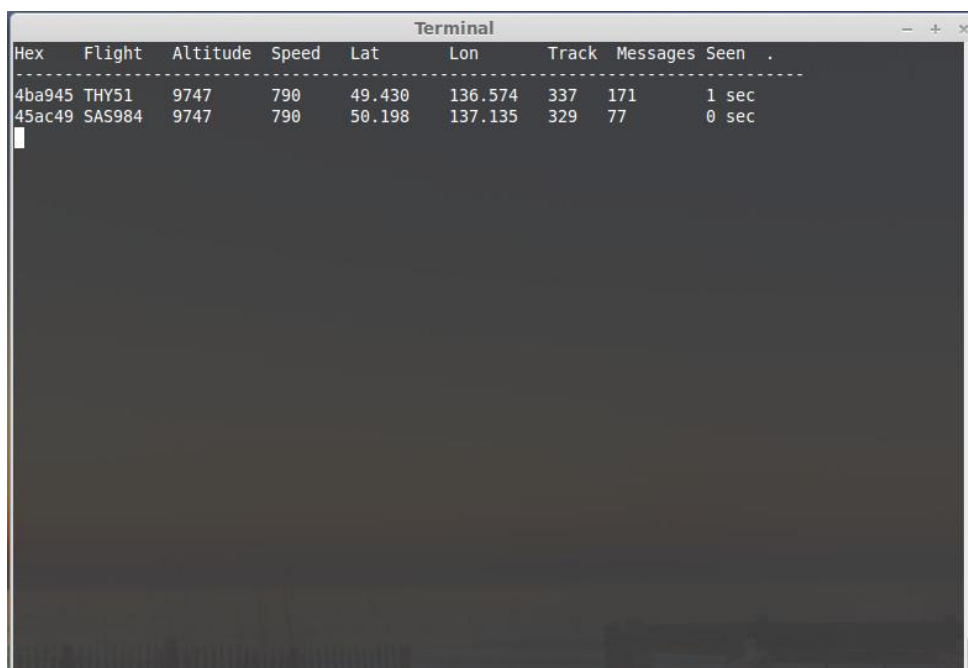


Рисунок 3.6. Приймальний комплекс в зборі

Тепер можна запускати dump1090.

```
root @ OpenWrt: ~ # dump1090 --interactive --metric.
```

З'являється таблиця з прийнятими в даний час бортами (рис.3.7.).



Hex	Flight	Altitude	Speed	Lat	Lon	Track	Messages	Seen
4ba945	THY51	9747	790	49.430	136.574	337	171	1 sec
45ac49	SAS984	9747	790	50.198	137.135	329	77	0 sec

Рисунок 3.7. Прийняті борти в даний час

Щоб бачити літаки в табличному вигляді і одночасно передавати дані по мережі, потрібно виконати команду:

```
root @ OpenWrt: ~ # dump1090 --interactive --metric --net
```

Як програма-клієнта можна використовувати Virtual Radar Server. Підключається без проблем, видаючи всю інформацію про пролітаючі літаки. В кінцевому вигляді отримуємо такі дані, які можуть бачити всі.



Рисунок 3.8. Відображення інформації про місцезнаходження ПС

3.2. Знаходження координат безпілотного літального апарата за допомогою ADSB

КПР оброблює інформацію про місцезнаходження безпілотного літака в прямокутній системі координат, а БПС відправляє інформацію в геодезичній системі, саме через це, потрібно виконати ряд перетворень координат з однієї системи в іншу.

Загальноприйняті геоцентричні системи координат відтворюються мережею супутникових перманентних станцій. Для вирішення проблем геодезії та геодинаміки береться умовна земна система CTS — це геоцентрична просторова ортогональна система координат. Початок координат знаходиться в центрі мас Землі Оскільки положення осі обертання неперервно змінюється за рахунок різних геофізичних явищ, то за вісь Z приймається вісь, орієнтована вздовж середньої осі обертання Землі за певний період часу. Відповідне положення полюса Землі називається міжнародним умовним початком СЮ. Відповідно СЮ визначає миттєве положення полюсу Землі, яке публікується у бюлетені Міжнародної служби обертання Землі (IERS). Вісь X співпадає з лінією, яка утворюється перетином середнього екватора Землі та середнього Грінвіцького меридіану. Вісь Y знаходиться у площині середнього екватора, перпендикулярна до осей X і Z і утворює з ними ортогональну систему координат.

Спочатку потрібно обчислити дані супутникової орбіти для отримання координат БПС. Для цього перераховуємо координати в геоцентричну систему (Рис. 3.9.).

Вісь X вказує на Головний меридіан, вісь Y вказує напрямом 90 градусів від головного меридіана в площині екватора (за годинниковою стрілкою при вигляді з точки Південного полюса), і вісь Z вказує напрямом на Північний полюс.

Перетворення можна виконати за формулами:

$$x = r \sin \beta \cos \delta, \quad (3.1)$$

$$y = r \sin \beta \sin \delta, \quad (3.2)$$

$$z = r \cos \beta. \quad (3.3)$$

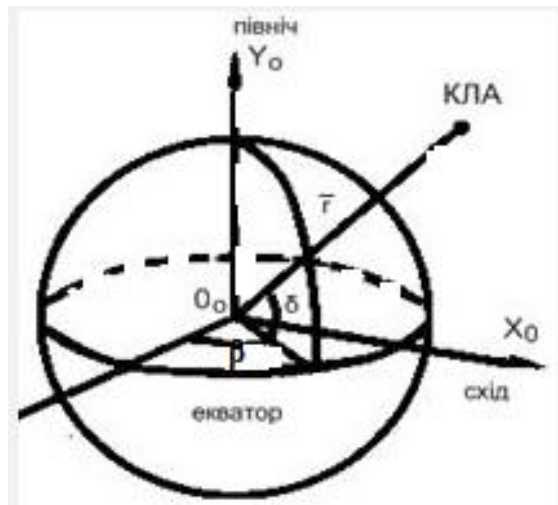


Рисунок 3.9. Геоцентрична система координат

Потрібно обчислити координати X, Y, Z для того щоб перетворити систему координат з геодезичної в геоцентричну.

Функція має вигляд:

$[X, Y, Z] = \text{enu2ecef}(x_{\text{East}}, y_{\text{North}}, z_{\text{Up}}, \text{lat0}, \text{lon0}, h0, \text{referenceEllipsoid})$.

Де E_{nu} – East, North, Up координати;

E_{cef} – Earth Centered, Earth Fixed;

$\text{Lat0}, \text{Lon0}, H0$ – геодезичні координати (довгота, широта, висота)

точки прийняті за початок прямокутної системи;

$\text{referenceEllipsoid}$ – земний еліпсоїд.

В сучасних ПС обробка інформації та її видача на багатофункціональні індикаторні прилади здійснюється в глобальній геодезичній системі координат (Рис 3.10.). У ній координатами ПС є геодезична широта і геодезична довгота, а також висота над поверхнею еліпсоїда.

Використання даної системи координат дозволяє вирішувати завдання аеронавігації з високою точністю незалежно від відстані, на які переміщається ПС.

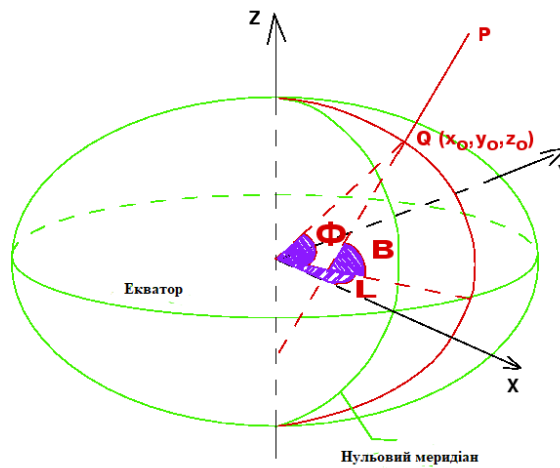


Рисунок 3.10. Геодезична система координат

Для перерахування координат в геодезичну систему, використовуємо формули:

$$tgL = (1 - \Phi)tgB, \quad (3.4)$$

$$tgB = \frac{z + e^2 b \sin^3 L}{p - e^2 a \cos^3 L}, \quad (3.5)$$

$$\Phi = \frac{z}{\sin B} - N(1 - e^2). \quad (3.6)$$

Ці формули замінимо функцією $lla = ecef2lla(p)$, яка знайде геодезичні координати масиву lla , що складає:

lat – довгота;

lon – широта;

h – висота.

Перед тим як перейти до перерахування в прямокутну систему координат, потрібно перевірити результати перетворень. Для цього, зробимо перерахування у зворотній бік і якщо дані будуть співпадати, тоді все вірно.

Використаємо такі функції:

$-p = lla2ecef(lla)$ – Для зворотного перетворення в геоцентричну систему та для знаходження координат $xEast$, $yNorth$ і zUp .

$-[xEast, yNorth, zUp] = ecef2enu(X, Y, Z, lat0, lon0, h0, referenceEllipsoid)$ – Для зворотного перетворення координат в декартову систему координат та обчислення координат X та Y .

Відображення повітряної обстановки, елементів наземної обстановки та координат ПС в центрі КПП проводиться в прямокутній системі координат (рис. 3.11.), початок якої поєднується з точкою місцезнаходження центру КПП. Ось Y знаходиться в площині меридіана, що проходить через точку місцезнаходження центру управління, спрямована на північ і стосується точки стояння центру КПП. Ось X перпендикулярна осі Y , спрямована на схід, стосується паралелі в точці розташування центру КПП. Таким чином площина системи координат центру КПП нормальна до радіусу-вектору, спрямованому з центру Землі в точку розташування центру КПП.

Прямокутна система координат-система, яка дозволяє однозначним чином визначити кожну точку на площині за допомогою пари числових координат, які задають знакові відстані до точки відносно двох визначених перпендикулярно спрямованих прямих, що задано в однакових одиницях довжини.

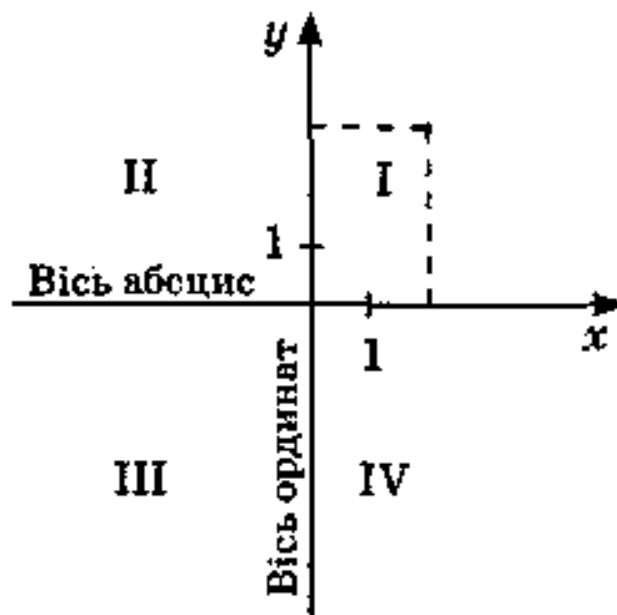


Рисунок 3.11. Прямокутна система координат

Кожна така пряма, від якої відкладається відстань, називається віссю координат або просто віссю системи, а точка, де вони перетинаються, називається початком координат, що має впорядковану пару координат $(0, 0)$.

Координати також можна визначати як положення ортогональних проєкцій точки на ці дві осі, що задаються як знакові відстані від початку координат.

Для виконання необхідних перерахунків координат, а також відображення результатів імітації в єдиній системі координат X, Y слід скористатися відповідними формулами перерахунку.

Для перетворення координат в єдину прямокутну систему X, Y використовуються вирази.

$$x = s * \sin(\gamma) + z * \cos(\gamma) + x_0, \quad (3.7)$$

$$y = s * \cos(\gamma) - z * \sin(\gamma) + y_0. \quad (3.8)$$

Після цих перетворень, можна зробити висновок, що дані які отримують за допомогою ADS-B співпадають і помилки не мають.

Ортодромічна система координат. Система (рис. 3.12.) в якій вісь X поєднується з умовним екватором і орієнтується в напрямку польоту, а вісь Z - з умовним початковим меридіаном і орієнтується так, щоб ухилення вправо від осі польоту було позитивним. Тоді координата X буде грати роль умовної довготи, координата Z - роль умовної широти.

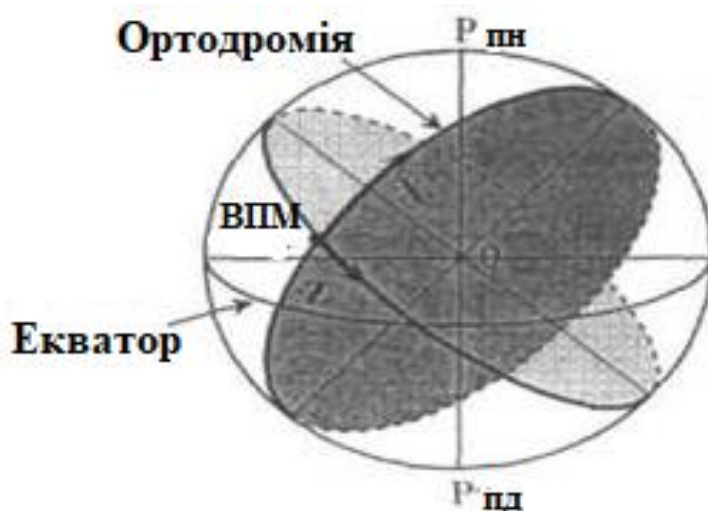


Рисунок 3.12. Ортодромічна система координат

Особливістю системи є те, що поблизу умовного екватора умовні меридіани і паралелі утворюють практично прямокутну сітку, що дозволяє при

незначних відхиленнях від ортодромії не враховувати сферичність Землі і від вирішення завдань на сфері переходити до вирішення завдань на площині.

Важливою перевагою цієї системи є можливість її застосування в будь-яких районах земної кулі. Ортодромічна система координат найбільш повно відповідає умовам застосування гіроскопічних курсових приладів, що забезпечують політ по ортодромічній лінії шляху;

3.3. Визначення бічного відхилення від лінії заданого шляху.

Постійний контроль відхилення повітряних суден від заздалегідь визначеного положення та оцінки ризику конфлікту є основою автоматичного моніторингу повітряного руху в системі КПР.

Якщо з будь-якої причини літак відхиляється від запланованого режиму польоту (рис. 3.13.), система повинна виявити цю подію, і якщо це відхилення перевищує певний поріг у системі, диспетчер і пілот повинні отримати відповідне попередження і повинен бути початковий пошук конфлікту.

Для сучасних літальних апаратів характерним є високий ступінь автоматизації процесу польоту. У загальному випадку траєкторне керування різноманітне на різних ділянках польоту. Однак основні закони управління, що реалізуються в конкретних бортових системах, є відомі.

Опис руху ПС розглянемо в прямокутній частково-ортодромічній системі координат S, Z .



Рисунок 3.13. Контроль відхилень від маршруту польоту

Підставою для цього є те, що саме в цій системі координат здійснюється літаководіння, навігаційний контроль і контроль з боку служби КТР.

Як для КТР, так і для літаководіння важливе значення має керування бічним рухом літака (за координатою z), яке дозволяє витримувати заданий напрямок польоту. Забезпечується стабілізація літака відносно лінії заданого шляху з деякою характерною випадковою похибкою для ПС.

Прямолінійний рух ПС з постійною швидкістю і постійним курсом в системі координат S, Z можна описати рівнянням .

$$\begin{bmatrix} s \\ \bar{s} \\ z \\ \bar{z} \end{bmatrix}_{i+1} = \begin{bmatrix} 1 & T & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & T \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s \\ \bar{s} \\ z \\ \bar{z} \end{bmatrix} . \quad (3.9)$$

Де $s=Ts=V*\cos(\omega)$;

$Z=Ts=V*\sin(\omega)$

T-крок дискретизації .

При наявності помилки в завданні курсу ПС буде віддалятися від ЛЗШ з курсом в ту або іншу сторону в залежності від знаку помилки курсу.

Для того щоб визначити бічне відхилення від лінії заданого шляху потрібно врахувати розташування радіолокатора відносно ПС та використати формули для перетворення координат з єдиної прямокутної системи координат X,Y в ортодромічну систему S, Z . Використовується вираз.

$$s = (y + y_0) * \cos(\theta) + (x + x_0) * \sin(\theta) , \quad (3.10)$$

$$z = (x + x_0) * \cos(\theta) - (y + y_0) * \sin(\theta) . \quad (3.11)$$

3.3. Контроль відхилення безпілотного літака від заданої траєкторії шляху за даними ADS-B

Основною частиною в створенні програми контролю відхилення безпілотного літака від маршруту за даними ADS-B є здійснення комп'ютерного моделювання польоту ПС. Моделювання руху ПС проводиться в ортодромічній системі координат S, Z. Тому перед тим як розпочати моделювання руху ПС , переведемо координати за допомогою формули (3.7) та (3.8).

Процедура починається з визначення складових швидкості безпілотною літака за допомогою рівняння

$$\begin{cases} Tz = V * \sin(\omega) \\ Ts = V * \cos(\omega) \end{cases} \quad (3.12)$$

Де ω – ортодромічний курс.

Швидкість по осі s буде дорівнювати добутку швидкості та синуса кута курсу ПС. Швидкість по осі z буде дорівнювати добутку швидкості та косинуса кута курсу БПС.

Після цього кроку, можна переходити до моделювання руху БПС, спочатку задамо: швидкість V , довжину лінії заданого шляху SL , заданий шляховий кут, початок маршрута БПС x_0, y_0 . Почнемо моделювання БПС за допомогою цих даних та формули :

$$\begin{cases} s(i) = s(i - 1) + Ts * T \\ z(i) = z(i - 1) + Tz * T \end{cases} \quad (3.13)$$

Це все відбувається в циклі в якому перемножується час на швидкість літака по осях s та z та додаються по черзі координати x та y в кожній точці польоту по черзі.

Наступним кроком буде визначення місцезнаходження БПС за допомогою функцій перетворення координат з геодезичної системи в прямокутну за допомогою формул (3.1)-(3.8) та обов'язкова перевірка на відповідність результату вимогам, тобто координати безпілотною літака, що були на початку та координати після перерахування в зворотній бік повинні бути однакові.

Результатом циклу буде графік (рис. 3.14.), на якому імітуються дані ADS-B та зображено рух БПС по заданій траєкторії, не відхиляючись. Якщо натиснути на точки польоту літака, то система покаже його координати X та Y .

В автоматизованих системах керування повітряним рухом використовується система моніторингу повітряного руху для контролю відхилень від заданого плану польоту.

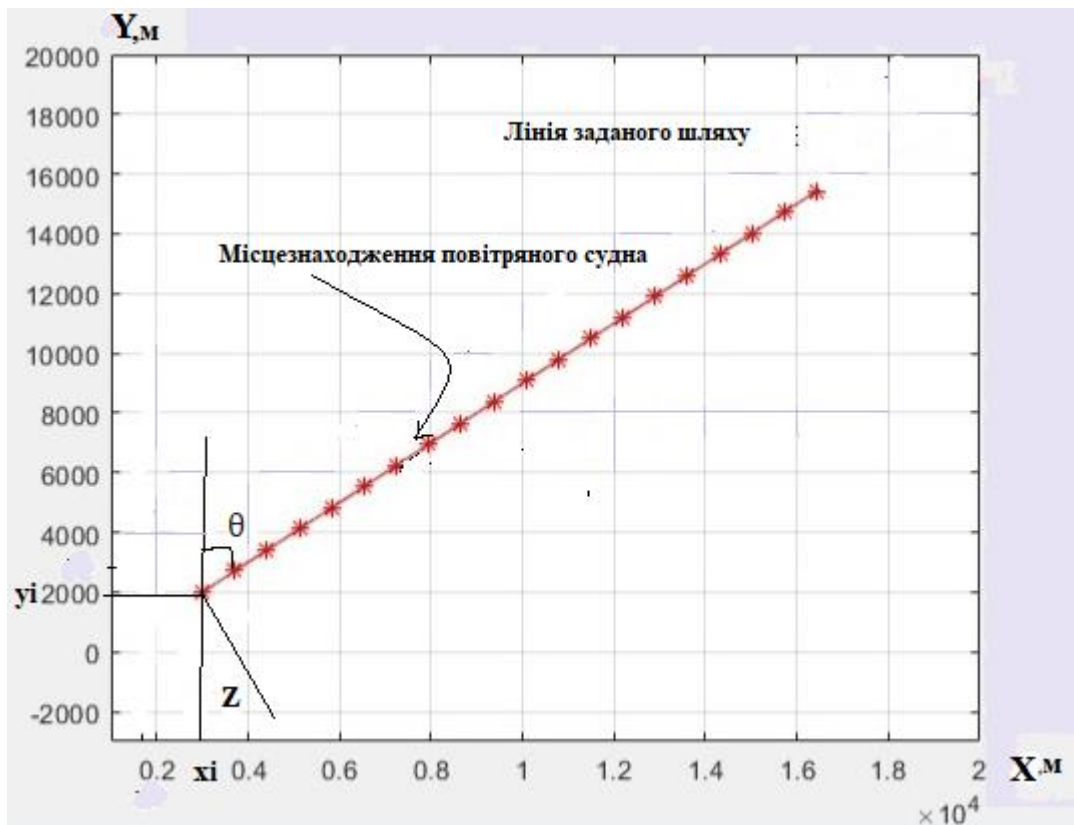


Рисунок 3.14. Рух БПС по заданій траєкторії шляху

В автоматизованих системах керування повітряним рухом використовується система моніторингу повітряного руху для контролю відхилень від заданого плану польоту.

Для контролю бічного відхилення безпілотного літака використаєм цикл, в якому буде вказано допустимі відхилення від заданої траєкторії (рис. 3.15).

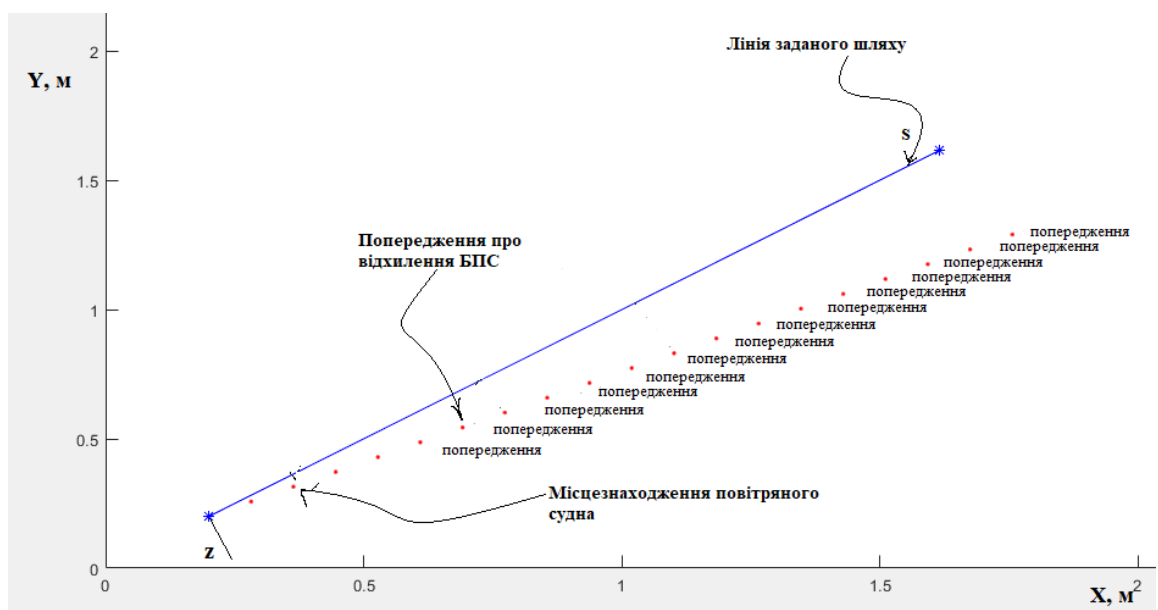


Рисунок 3.15. Попередження системи про бічне відхилення БПС

Якщо $z(i)$ буде більше оптимального відхилення тоді повітряне судно буде відхилятися на незначну відстань і система буде видавати диспетчеру попередження «попередження».

Якщо БПС все ж таки відхилилось за межі допустимого значення, тобто $z(i) > Z_{\text{доп}}$, тоді система буде видавати тривогу - «тривога» (рис. 3.16.).

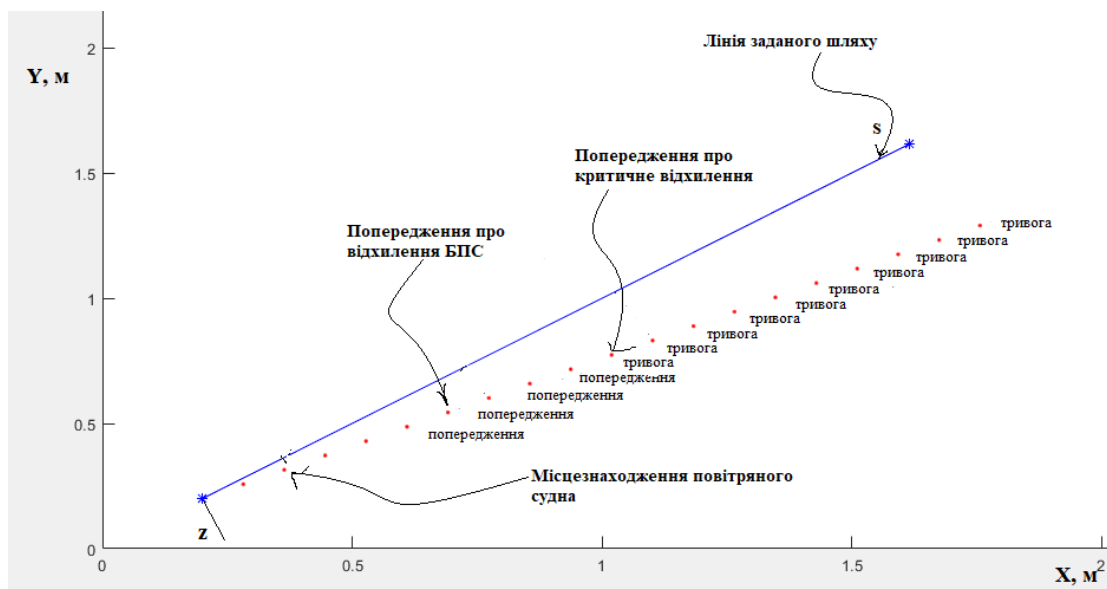


Рисунок 3.16. Попередження системи про критичне відхилення БПС

Для того, щоб не допустити критичного відхилення від запланованої траєкторії, система повинна виконувати такі функції:

- вчасне здійснення аналізу поточної траєкторії польоту і інформування диспетчера про можливе або фактичне відхилення від запланованої траєкторії;
- створення різного виду повідомлення та попередження для виконання диспетчером необхідних дій при обслуговуванні повітряного руху;

Алгоритм моделювання польоту ПС зображений на рис. 3.17.

Можна побачити всі дії, які виконувалися впродовж дипломної роботи в практичній частині. Спочатку задаємо в програмі початкові дані: швидкість, довжину лінії заданого шляху, шляховий кут, початок та маршруту. Далі визначаємо координати кінцевої точки шляху і розраховуємо складові швидкості за допомогою рівнянь. Перераховуємо координати з однієї системи в іншу та визначаємо бічне відхилення.

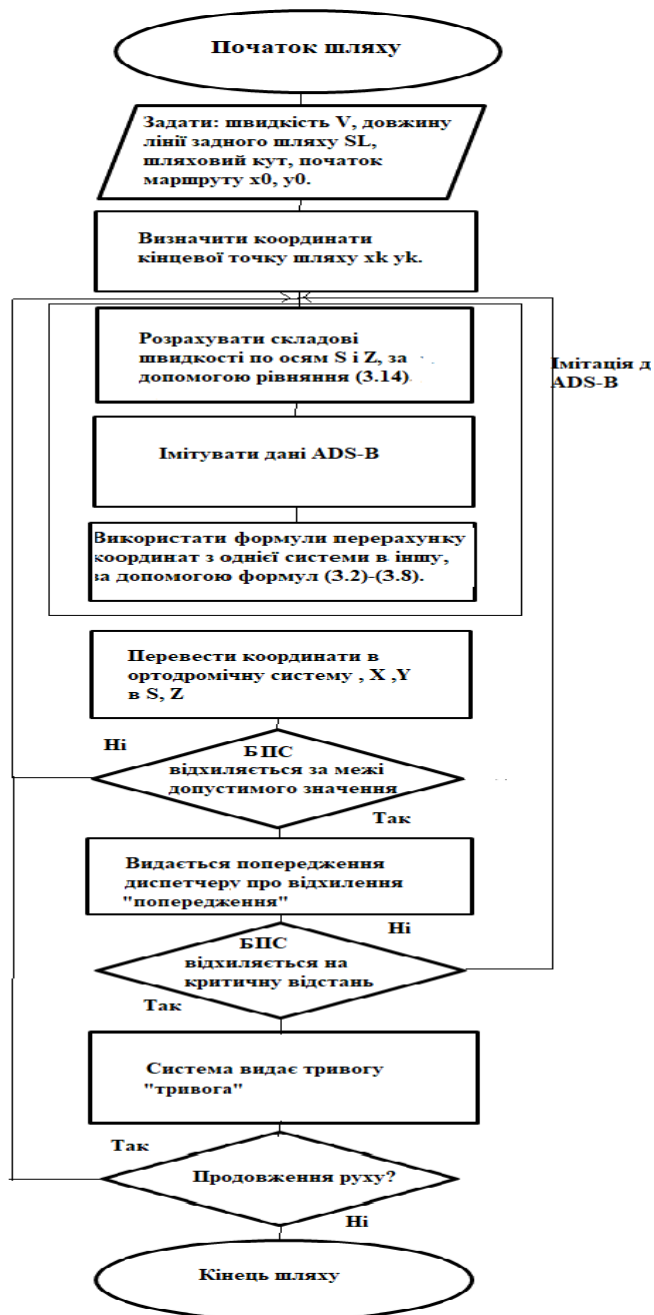


Рисунок 3.17. Алгоритм моделювання польоту

2. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Вступ

В роботі виконано моделювання руху БПС по заданій траєкторії шляху та дослідження складу приймача та антени ADSB. Головним суб'єктом, який досягає результативності моделювання виступає інженер-дослідник. Визначення координат БПС може призвести до викиду великої кількості електромагнітного випромінювання через використання антенних пристроїв. До цього може призвести навіть зміна мікроклімату приміщення, або неправильно сплановані заходи з пожежної безпеки. Тому, щоб забезпечити безпечні умови праці для виконання досліджень слід розробити та детально розглянути розділ «Охорона праці».

Безпека праці забезпечується відповідністю закону України «Про охорону праці», кодексу законів про охорону праці України, закону України «Основи законодавства України про охорону здоров'я», ГН 3.3.5-8-6.6.1-2002 «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу»

4.2 Аналіз умов праці в науково-дослідницькій лабораторії

4.2.1 Організація робочого місця інженера-дослідника

Основними задачами, які покладаються на інженера-дослідника є: моделювання руху БПЛА по заданій траєкторії шляху та дослідження роботи приймача ADS-B та антени; вимірювання та порівняння результатів. Робоче місце інженера-дослідника повинне бути обладнане необхідними засобами вимірювання (осцилограф та синтезатор частот), комп'ютерами оснащеними спеціальним програмним забезпеченням, столом (на якому будуть розміщені засоби моделювання та вимірювання) та місце для сидіння інженера-дослідника. Фактичним значенням та нормою для одного працівника є площа не менша за 6 м^2 , та об'єм приміщення не менше 20 м^3 . Розмір приміщення повинен бути: $A = 8 \text{ м}$; $B = 5 \text{ м}$; $H = 3,7 \text{ м}$.

Джерелами шкідливих та небезпечних чинників є : розетки, до яких під'єднані комп'ютерні та вимірювальні засоби; комп'ютерні засоби; вимірювальні засоби.

4.2.2 Перелік шкідливих та небезпечних виробничих чинників

Існує певна сукупність санітарно – гігієнічних норм і вимог, що забезпечують комфортні умови праці і високу працездатність оператора ЕОМ.

Щоб запобігти несприятливому впливу на людину шкідливих факторів, які супроводжують роботу з відео–дисплейними терміналами та персональними електронно–обчислювальними машинами, був розроблений ряд санітарно–гігієнічних вимог.

Заходи з виробничої санітарії і гігієни праці спрямовані на запобігання або на скорочення впливу на персонал шкідливих виробничих факторів. Вони створюють на робочих місцях нормальні умови повітряного середовища, необхідну освітленість, прибирають впливу шуму, випромінювання та інших шкідливих виробничих факторів. Офісні приміщення, межі яких (включаючи площу і обсяг) повинні відповідати кількості працюючих і встановленому в них комплекту технічних приладів.

Обсяг і площа виробничого приміщення на кожного працюючого за санітарними нормами, повинні бути не менш ніж 20 м та 6 м, відповідно. У приміщеннях розраховуються показники температури, чистоти повітря, забезпечення ізоляції і шумів. Санітарні норми повинні відповідати стандартам СН 245–71 (ДНАОП 0.03–3.01–71). Стіни і стелі повинні бути виконані з мало теплопровідних матеріалів, що не затримують осадження пилу. Підлоги повинні бути теплими, еластичними, рівними і не слизькими. Освітленість робочого місця є одним з основних факторів, що впливають на стомлюваність і працездатність. Негативні наслідки може мати як недостатнє, так і занадто сильне освітлення. Прийнято для забезпечення сприятливих умов роботи, нормувати мінімальну освітленість на робочому місці (освітленість на найбільш темній ділянці робочої поверхні). Норми освітленості визначаються

призначенням приміщення і характером виконуваних в ньому робіт. У приміщенні, де працює програміст застосовується бічне природне освітлення з доповненням додаткового штучного освітлення. В офісах освітлення здійснюється системою загального рівномірного освітлення. У приміщеннях, де здійснюється робота з документами застосовується система комбінованого освітлення.

На робочому столі освітленість повинна складати 300–500 лк. Можлива установка світильників місцевого освітлення. Місцеве освітлення не призводить до відблисків на поверхні екрану і не збільшує освітленість на ньому більше ніж на 300 лк.

Природне освітлення позитивно впливає не тільки на зір, але також тонізує організм людини в цілому і надає сприятливий психологічний вплив. У зв'язку з цим все приміщення відповідно до санітарних норм і правил повинні мати природне освітлення.

Кольорове рішення виробничих приміщень направлено на збільшення якості санітарно–гігієнічних умов праці і сприяє збільшенню продуктивності праці та безпеки. Колір впливає на нервову систему людини, на його настрій і, отже, на продуктивність праці. Основний колір для робочого приміщення повинен бути нейтральним і легким. Грамотно спланований колір допомагає зберегти працездатність протягом усього робочого дня.

Гігієнічні дослідження дозволяють встановити, що шум і вібрації погіршують умови праці, роблячи шкідливий вплив на організм людини. При тривалому впливі шуму на організм людини відбуваються небажані явища: знижується гострота зору, слуху, підвищується кров'яний тиск, знижується увага.

Рівень шуму в приміщенні програмістів обчислювальних машин не повинен перевищувати 50 дБ. Середньоквадратичне значення коливальної швидкості для вібрацій з частотами, близькими до 5 Гц, не повинна перевищувати на робочому місці значення 5 мм / с або 10д

Для зниження рівня шуму застосовують наступні заходи:

- облицювання стелі та стін робочого приміщення звукопоглинальним покриттям;
- створення звукопоглинальних перешкод між джерелом шуму і людиною;
- забезпечення персоналу засобами захисту від шуму.

Тому зменшення шуму на робочому місці внутрішніми і зовнішніми джерелами є важливим завданням. Еластичні прокладки між підставою машини приладу і опорною поверхнею забезпечують зниження шуму. Прокладки можуть бути з гуми, пробки і амортизатори різних конструкцій. Можливе застосування синтетичних килимків зі спеціальних матеріалів під настільні шумливі апарати. Також під ніжки столів на яких встановлено обладнання потрібно підкладати підстилки з повсті або м'якої гуми товщиною до 8 мм. Підстилки повинні бути закріплені за допомогою склеювання з опорними частинами. Вимоги захисту людини від рівня звукової потужності шуму встановлює ГОСТ 26329–84.

Згідно з ГН 3.3.5-8-6.6.1-2002 «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» небезпечними та шкідливими факторами, характерними для антенної решітки при її монтажі, налаштуванні та експлуатації є:

1. неіонізуючі електромагнітні поля та випромінювання;
2. виробничий шум, ультразвук та інфразвук;
3. електробезпека;
4. вібрація (локальна, загальна);
5. недостатня освітленість робочої зони.

4.2.3 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих чинників, що діють на робочому місці

4.2.3.1 Неіонізуючі електромагнітні поля і випромінювання

Стандартом «ДСанПіН 3.3.6.096-2002 Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів» встановлені допустимі рівні

впливу електромагнітного поля радіочастот.

Визначимо допустимий рівень впливу електромагнітного поля. Для робочого діапазону антенної решітки інтенсивність електромагнітного поля характеризується поверхневою щільністю потоку енергії, максимальне значення якої в усіх випадках не повинне перевищувати значення 10 Вт/м², енергетичне навантаження являє собою добуток щільності потоку енергії поля на час його впливу $E_{пшп} = ПШП * T$.

Гранично допустиме значення поверхневої щільності потоку електромагнітного поля в заданому діапазоні для антенної решітки слід визначати із допустимого неенергетичного навантаження та часу впливу за формулою

$$E_{пшп} = K \frac{E_{пшп\ гд}}{T} \quad (4.1)$$

де, $ПШП_{гд}$ – гранично допустиме значення щільності потоку енергії, Вт/м², $E_{пшп\ гд}$ – гранично допустима величина енергетичного навантаження, яка дорівнює 2 Вт·ч/м², K – коефіцієнт послаблення біологічної активності, T – час перебування в зоні опромінення за робочу зміну, год.

$K = 1$ для усіх випадків впливу, виключаючи опромінювання від антен, що обертаються. Тоді, при середній тривалості робочого дня 8 год, гранично допустиме значення щільності потоку енергії буду дорівнювати

$$E_{пшп} = \frac{1 \cdot 2}{8} = 0,25 \text{ Вт/м}^2$$

Основними шляхами при розробці засобів захисту від впливу ВЧ та НВЧ полів є: 1) зменшення густини потоку енергії (ГПЕ) випромінювання від самого джерела; 2) зменшення інтенсивності ГПЕ у робочій зоні НВЧ може здійснюватись шляхом екранування джерел випромінювання.

Генератори НВЧ можуть екрануватись цілком (замкнутий екран) чи частково (незамкнутий екран). Якщо біля джерела випромінювання є ненаправлене паразитне випромінювання невеликої інтенсивності, инаприклад,

витік через нещільності фланцевих сполук хвильоводних трактів, то екранують джерело випромінювання цілком.

Розрахунок товщини металевго екрана для щілинної антенної решітки в зоні випромінювання, тобто при випромінювання НВЧ енергії, виконується в такий спосіб :

1) розраховують ГПЕ передавального пристрою і зоні діаграми спрямованості на відстані R від випромінювача до робочого місця;

2) визначають відповідно до санітарних норм ступінь ослаблення N ЕМП:

$$\frac{1}{N} = \frac{\text{ГПЕ}_R}{\text{ГПЕ}_{\text{гдр}}} \quad (4.2)$$

Де, ГПЕ_R – ГПЕ на відстані R у метрах, мкВт/см²; $\text{ГПЕ}_{\text{гдр}}$ – граничнодопустима ГПЕ, мкВт/см².

Визначають мінімальну товщину захисного екрана

$$t = \frac{\ln N}{\sqrt{\frac{\omega \gamma \mu}{2}}} \quad (4.3)$$

Де, ω – кутова частота $\omega = 2\pi f$; f – частота НВЧ генератора, Гц;

γ – питома електрична провідність матеріалу, Ом⁻¹м⁻¹; μ – магнітна проникність матеріалу екрана, Гн/м.

$P_{\text{пер}} = 5$ Вт; коефіцієнт підсилення антени $G_{\text{ант}} = 14$; $R = 5$ м; екран з алюмінію $\gamma = 3,54 \cdot 10^3$ Ом⁻¹м⁻¹; $\mu = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м; $\lambda = 3$ см; $f = 1 \cdot 10^{10}$ Гц.

Знаходимо ПЕ на відстані $R = 5$ м від антенної решітки:

$$\text{ГПЕ}_R = \frac{P_{\text{пер}} G_{\text{ант}}}{4\pi R^2} = \frac{200 \cdot 10^6 \cdot 14}{4 \cdot 3,14 \cdot 4} = 1393000 \text{ мкВт/см}^2$$

Приймаємо $\text{ГПЕ}_{\text{гдр}} = 1000$ мкВт/см² і потім розраховуємо необхідну кратність ослаблення :

$$1/N = \frac{\text{ГПЕ}_R}{\text{ГПЕ}_{\text{гдр}}} = \frac{1393000}{1000} = 1393, \text{ тоді } N = 0,0007$$

Визначаємо товщину захисного екрану із співвідношення :

$$T = -\ln \frac{N}{\sqrt{\frac{\omega \mu}{2}}} = \frac{\ln 0,0007}{\sqrt{\frac{2\pi * 1 * 10^{10} * 3,54 * 10^{-3} * 10^2 * 4\pi * 10^{-7} * 10^{-2}}{2}}} = 0,61 \text{ мс}$$

4.2.3.2 Виробничий шум, ультразвук, вібрації

Шумом прийнято вважати усіякий небажаний для людини звук. Таким чином звукові хвилі можуть нести як корисну для оператора інформацію, наприклад, про хід технологічного процесу, так негативний вплив. Коливання середовища сприймаються як звук тільки в визначеній області частот (16 Гц – 20 кГц) та при звуковому тиску, який перевищує слух людини. Частоти коливання середовища, які лежать нижче або вище діапазону слуху людини, називають відповідно інфразвуковими та ультразвуковими. Вони не мають відношення до слуховий відчуттів людини та сприймаються як фізичний вплив середовища.

Поріг слуху молоді людини в діапазоні частот від 1 до 4 кГц відповідає тиску $2 * 10^{-5}$ Па. Найбільше значення звукового тиску, яке викликає больові відчуття, називається порогом больового відчуття і складає $2 * 10^2$ Па. Між цими значеннями лежить область слухового сприйняття. Інтенсивність впливу шуму на людину оцінюється рівнем звукового тиску, який визначається як логарифм відношення ефективного значення звукового тиску до порогового значення. Одиниця вимірювання – децибел, дБ.

На порозі слуху при середньо геометричній частоті 1 кГц рівень звукового тиску дорівнює нулю, а на порозі больового відчуття складає 120-130 дБ.

Для даної дипломної роботи слід розглянути електромагнітні шуми, які виникають в різних технічних виробках на основі ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Їх причиною є взаємодія феромагнітних мас під впливом змінних в часі та просторі магнітних полів. Електричні машини створюють шуми з різноманітними рівнями звуку від 20 дБ (мікро машини) до 110 дБ (великі швидкоходні машини).

Джерелами шуму в науково-дослідній лабораторії є комп'ютери, кондиціонери та пристрої вимірювання. Якщо поруч знаходиться постійне джерело електромагнітного випромінювання, яке працює на аналогічній частоті,

людського органу, то наслідком цього можуть бути головний біль, порушення сну, перевтома, навіть загроза виникнення стенокардії. Найбільше небезпечним випромінювання є тоді, коли людина спить. Вимірний рівень шуму в науково-дослідній лабораторії складає близько 60 дБ

Таблиця 4.1 Рівні звукового тиску в дБ

Приміщення та робочі місця	Октавні смуги з середньо геометричними частотами, Гц								Еквівалентні рівні звуку, дБа
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Конструкторські бюро, лабораторії	71	61	54	49	45	42	40	38	50

4.2.3.3 Електробезпека

Відповідно до «Правила улаштування електроустановок» всі електроустановки поділяються на два класи: з напругою до 1000 В та з напругою вище 1000 В.

Заходи щодо забезпечення електробезпеки розробляються, у першу чергу, виходячи з того, до якого з цих класів належить проєктована електроустановка.

Для електроустановок до 1000 В маємо $I_{кз}$ (струм короткого замикання):

Для електроустановок до 1000 В маємо $I_{кз}$ (струм короткого замикання):

$$I_{кз} = \frac{125}{R_3} = \frac{125}{2.9} = 43,1\text{А} \quad (4.1)$$

$t_{сп} = 0,1\text{с}$ – час спрацювання захисту

Безпека персоналу забезпечується виконанням наступних заходів:

- дотримання відповідних відстаней до струмоведучих частин;
- застосування блокування апаратів і захисних пристроїв для запобігання помилкових операцій і доступу до струмоведучих частин;
- застосування попереджувальної сигналізації, плакатів і написів;

– застосування пристроїв для зниження напруженості електричних і магнітних полів до допустимих значень.

Електроустановки повинні знаходитися в технічно справному стані, що забезпечує безпечні умови праці.

ГОСТ 12.2.003–74 "Виробниче обладнання. Загальні вимоги безпеки" визначає заходи безпеки при експлуатації електроустановок. Для попередження про небезпеку наближення до струмоведучих частин обладнання використовуються спеціальні попереджувальні, забороняючі і вказівні плакати. До даних плакатів відноситься «Не включати: працюють люди!». Вони вивішуються на ключах керування і приводах рубильників, на вимикачах, а також підставах запобіжників, за допомогою яких може бути подана напруга до робочого місця. У деяких випадках, коли на лінії проводиться робота, на привід рубильника або вимикача вивішується плакат «Не включати: працюють люди!».

Для того щоб захистити працівників від ураження електричним струмом в разі помилкової подачі напруги, на всіх фазах виключеної установки використовується захисне заземлення з усіх боків, звідки може бути подана напруга (в тому числі і шляхом зворотної трансформації через зварювальні трансформатори, трансформатори місцевого освітлення і т. п.).

4.3 Розробка заходів з охорони праці

4.3.1. Захист від електромагнітних полів та випромінювань

Одним, з найбільш розповсюджених способів захисту від впливу електромагнітного поля для робітників є стаціонарні екрани (різноманітні заземлені металічні конструкції – щитки, навіси) а також екрани, які можна знімати.

В якості індивідуального захисту від електромагнітного поля виробничої частоти служать індивідуальні екрановані комплекти. Захист від дії електромагнітних полів радіочастот (ЕМВ РЧ) здійснюється шляхом проведення організаційних та інженерно-технічних, лікувально-профілактичних заходів

а також використання засобів індивідуального захисту.

До організаційних заходів належать: вибір раціональних режимів роботи обладнання; обмеження місця і часу перебування персоналу в зоні впливу ЕМВ РЧ (захист відстанню і часом) і т. п.

Інженерно-технічні заходи включають: раціональне розміщення обладнання; використання засобів, які обмежують надходження електромагнітної енергії на робочі місця персоналу (поглиначі потужності, екранування, використання мінімальної потужності генератора); позначення і огороження зон з підвищеним рівнем ЕМВ РЧ.

Лікувально-профілактичні заходи здійснюються з метою попередження, ранньої діагностики і лікування порушень у стані здоров'я працівника, пов'язаних з впливом ЕМВ РЧ, і включають попередні (при вступі на роботу) і періодичні медичні огляди.

В залежності від умов опромінення, характеру та місця знаходження джерел ЕМВ РЧ можуть бути застосовані різні засоби і методи захисту від опромінення: захист часом, захист відстанню; екранування джерела випромінювання; зменшення випромінювання безпосередньо в самому джерелі випромінювання; екранування робочих місць; засоби індивідуального захисту; виділення зон випромінювання.

Захист часом передбачає обмеження часу перебування людини в електромагнітному полі і застосовується, коли немає можливості знизити інтенсивність випромінювання до допустимих значень.

4.3.2. Захист від робочого шуму та вібрацій

Джерелами електромагнітного шуму є механічні коливання електромагнітних пристроїв, які збуджуються змінними магнітними та електричними полями. До методів боротьби з цим шумом відносять застосування феромагнітних матеріалів з малою магнітострикцією; зменшення щільності магнітних потоків у електричних машинах за рахунок належного вибору їх параметрів; надійне затягнення пакетів пластин у осердях трансформаторів, дроселів, якорів тощо.

4.3.3. Захист від ураження електричним струмом

В лабораторіях та кабінетах по периметру кімнати прокладають заземлювальну лінію (сталевий прут діаметром 7 мм) і з'єднують її шляхом зварювання з нульовим провідником, природним чи штучним заземлювачем Від утвореного контуру зварюванням або жорстким болтовим з'єднанням виконують металеві відводи до каркасу електророзподільного щита, до корпусів електродвигунів.

Заземлення електроустановок необхідно виконувати у всіх випадках при напругах 500 В і вище, при напругах вище 42 В змінного струму і 110 В постійного струму - в приміщеннях з підвищеною небезпекою, особливо небезпечних і в зовнішніх електроустановках Профілактичний огляд заземлених пристроїв виконують не рідше 1 разу в рік При цьому перевіряють стан заземлювального пристрою, наявність кола між контуром заземлення і заземлювальними пристроями.

4.4. Пожежна безпека

Приміщення, в якому працює оператор ЕОМ належить до приміщень підвищеної небезпеки (категорія В). До таких приміщень відносяться приміщення, у яких містяться речовини, здатні тільки горіти, але не вибухати при контакті з повітрям, водою чи один з одним.

Під пожежною безпекою розуміється стан об'єкта, за якого з встановленою імовірністю виключається можливість виникнення і розвитку пожежі й впливу на людей небезпечних факторів пожежі, а також забезпечується зберігання матеріальних цінностей. А під вибухобезпекою – стан виробничого процесу, за якого виключається можливість вибуху або у випадку його виникнення запобігається вплив на людей і забезпечується зберігання матеріальних цінностей.

Відповідно до вимог і норм пожежної безпеки (НАПБ А.01.001-2004) виробничі приміщення обладнуються засобами автоматичної системи пожежної сигналізації, первинними засобами пожежогасіння, вогнегасниками ОУ-5,

ящиками з піском, установками пожежогасіння, автоматикою для виявлення і запобігання пожеж.

Слід встановити димові датчики, які фіксують наявність диму в приміщенні і передають сигнал про пожежу на приймально-контрольний пульт. Димові пожежні сповіщувачі це основа пожежної системи, так як вони дозволяють оперативно зреагувати на виникнення пожежі та врятувати об'єкт і його майно. Також потрібно встановити автоматичну спринклерну водяну систему пожежогасіння з двома датчиками в лабораторії, двома датчиками в туалеті та одним датчиком в приміщенні для прибиральниці.

Висновки до розділу

В результаті розроблення даного розділу, було визначено суб'єкта: інженером-дослідником, місце його роботи : науково-дослідну лабораторію для моделювання руху БПЛА за допомогою приймача та антени. Було визначено шкідливі та небезпечні чинники, а також проведений їх аналіз, також розроблено заходи щодо зменшення впливу шкідливих та небезпечних чинників. Дані розділи є важливою частиною розробки дипломного проекту, адже це дає змогу надавати безпечні умови праці для суб'єкта.

5. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1 Види електромагнітного забруднення та їх вплив на навколишнє середовище

У новому звіті, заснованому на академічних дослідженнях, стверджується, що потенційна економія глобальних авіаційних викидів вуглецю за рахунок використання космічної технології автоматичного залежного спостереження-мовлення (ADS-B) в віддаленому і океанічному повітряному просторі є значною.

У звіті вказується, що ця технологія може запропонувати переваги, що запобігають викид приблизно 14,3 мільйона метричних тон діоксиду вуглецю (CO₂) атмосфери в період з 2020 по 2030 рік - це еквівалентно видаленню понад 300 000 автомобілів в кожен з цих років без внесення змін у конструкцію літаків або паливо.

Згідно з оцінками Міжнародної організації цивільної авіації (ІКАО) за 2015 рік, на частку комерційної авіації припадає близько 2 відсотків світових антропогенних викидів CO₂ щороку. Істотний внесок в це вносять маршрути в океанічному і віддаленому повітряному просторі, які не мають радіолокаційного покриття і діють відповідно до окремих процедурами в порівнянні з повітряним простором, контрольованим радіолокаторами. Ця різниця супроводжується значним штрафом за викиди. Через відсутність спостереження в реальному часі в цих регіонах служба управління повітряним рухом розділяє повітряні судна «процедурно» приблизно на 50 морських миль.

Хоча процедурне повітряний простір допомагає управляти ризиками для безпеки польотів, воно також може бути неефективним. Було виявлено, що ADS-B космічного базування є короткострокове рішення для авіаційної галузі щодо обмеження викидів палива за рахунок поліпшення операцій і підвищення ефективності в віддаленому і океанічному повітряному просторі. Це досягається за рахунок використання більш точних можливостей визначення місця розташування і забезпечення оптимальних значень висоти, швидкості і маршрутів.

«При вирішенні проблеми викидів в авіації у галузі є три варіанти. Розробка і виробництво більш ефективних двигунів і планерів, розробка екологічно безпечних альтернативних видів палива та більш ефективний політ літаків з пункту А в пункт Б », Єдине, що може надати найбезпосередніший вплив в найближчому майбутньому, - це підвищити ефективність польотів літаків, і для цього необхідні нові технології, такі як ADS-B космічного базування. Ця технологія пропонує авіакомпаніям як негайну економію витрат, так і довгострокову екологічну вигоду для суспільства - безпрограшна комбінація.

Крім того, авіакомпанії отримують значні переваги крім зниження викидів. У звіті цитується аналіз, проведений NAV CANADA за 2016 рік у відношенні великого авіаперевізника США, який показує, що поліпшення маршрутизації, доступ до більш високих висот у міру спалювання палива і зміна швидкості польоту можуть привести до щорічної економії приблизно 18,25 мільйона доларів, або 475 доларів на рейс.

У звіті робиться висновок про те, що ADS-B космічного базування може активно сприяти зниженню вкладу авіації в зміні клімату сьогодні і виконувати поточні і майбутні зобов'язання щодо скорочення викидів CO₂ та міжнародні угоди, які розглядаються.

Це включає в себе такі ініціативи, як Схема компенсації і скорочення викидів вуглецю для міжнародної авіації.

В результаті роботи джерел електромагнітного випромінювання з'являється електромагнітне поле. Воно утворюється при взаємодії багатопольових і дипольних тіл з електричним зарядом. В результаті в просторі утворюються хвилі, такі як радіохвилі - електромагнітні хвилі з довжиною хвилі > 500 мкм (частотою 6×10^{12} Гц). Вони мають багатофункціональне застосування: радіомовлення, радіотелефонний зв'язок, телебачення, радіолокація, радіо metrologia ін. У всіх перерахованих випадках радіохвилі є

засобом передачі на відстань без проводів тієї чи іншої інформації: мови, телеграфних сигналів, зображення;

Електромагнітне поле характеризується випромінюванням та довжиною хвилі. Чим далі від джерела випромінювання, тим випромінювання сильніше згасає. В будь-якому випадку забруднення розповсюджується на велику територію.

Електромагнітний фон завжди існував на планеті. Він сприяє розвитку життя, але, надає природнього впливу, що не завдає шкоди екології. Так, люди могли піддаватися дії електромагнітного випромінювання, використовуючи у своїй діяльності дорогоцінні й напівкоштовні камені.

При експлуатації ВЧ-, ДВЧ-, УВЧ передавачів на радіо та телецентрах джерелами електромагнітного випромінювання є високочастотні генератори, антенні комутатори, пристрої складання потужностей електромагнітного поля, комунікації (від генератора до антенного пристрою), антени. Ступінь опромінення працюючих залежить від кількості розміщуваних у приміщенні передавачів (в окремих зонах, на радіо та телецентрах їх може бути до 20), їх потужності, ступеня екранування, розміщення окремих блоків всередині приміщення і поза його межами. Для всіх видів зв'язку джерелом електромагнітного випромінювання є радіолокаційні станції, зокрема генератори, фідерні лінії, антени, окремі блоки енергії електромагнітного поля ЗВЧ- та НВЧ діапазонів.

Впливу енергії НВЧ діапазону працівники зазнають при регулюванні, налаштуванні та випробовуванні радіолокаційних станцій, у цехах заводів і ремонтних майстерень. Основним джерелом випромінювання в цехах заводу є відкриті антенні системи. Під час випробовування СБСЗ на полігонах або їх експлуатації в цивільній авіації умови праці операторів сприятливіші, оскільки більшу частину робочого часу вони перебувають в екранованих кабінах.

Після того, як в промисловому житті стали використовуватися прилади, що працюють від електроенергії, а в побутовому житті - електротехніка, інтенсивність випромінювання підвищилася.

Таблиця 5.1. Деякі діапазони радіочастот

Номер діапазону	Назва частот	Скорочена назва частот	Границі діапазону за частотою	Назва радіохвиль (рівнобіжний термін)	Границі діапазонів за довжинами хвиль
5	Низькі	НЧ	30...300 кГц	Кілометрові	10...1 км
6	Середні	СЧ	0,3...3 МГц	Гектометрові	1...0,1 км
7	Високі	ВЧ	3...30 МГц	Декаметрові	100...10м
8	Дуже високі	ДВЧ	30...300МГц	Метрові	10...1 м
9	Ультрависокі	УВЧ	0,3...3 ГГц	Дециметрові	1...0,1м
10	Надвисокі	НВЧ	3...30 ГГц	Сантиметрові	10...1 см
11	Край високі	КВЧ	30...300 ГГц	Міліметрові	10...1 мм

Це призвело до появи хвиль такої довжини, яких раніше в природі не існувало. В результаті будь-який прилад, який працює на електроенергії, є джерелом електромагнітного забруднення.

З появою джерел забруднення антропогенного характеру, електромагнітні поля стали чинити негативний вплив і на здоров'я людей, і на природу в цілому. Так з'явилося явище електромагнітного смогу. Він буває як на відкритих просторах, в місті і за його межами, так і в приміщеннях.

Санітарно-гігієнічні чинники небезпеки виникають при підвищеному вмісті в повітрі робочих зон шкідливих речовин, недостатньому чи нерациональному освітленні, підвищеному рівні шуму, вібрації, незадовільних мікрокліматичних умовах, наявності різноманітних випромінювань вище допустимих значень, порушенні правил особистої гігієни та ін.

Організаційні чинники небезпеки характеризують структуру виробничих взаємозв'язків, систему правил, норм, інструкцій, стандартів стосовно виконання робіт, планово-попереджувального ремонту устаткування, організацію нагляду за небезпечними, роботами, використанням устаткування, механізмів та інструменту за призначенням тощо.

5.2 Вплив електромагнітного випромінювання на організм людини

Електричні пристрої та бездротовий зв'язок є не відмінними рисами сучасного життя. Розповсюдження цих технологій за останні роки різко збільшило вплив електромагнітного випромінювання (ЕМР) або електромагнітних полів (ЕМП). Незважаючи на те, що наука про вплив цього виду випромінювання на здоров'я людини є незрозумілою, а саме, як довготривалий вплив надмірного електромагнітного випромінювання може вплинути на здоров'я людини та природу.

Всесвітня організація охорони здоров'я стверджує, що "ніяких негативних наслідків для здоров'я не очікується". Проте Міжнародна агенція з дослідження раку (IARC) класифікувала надзвичайно низькочастотну ЕМР(електромагнітну радіацію), пов'язану з лініями електропередачі, та радіочастоту ЕМР із використанням мобільних телефонів як можливих канцерогенів людини. Порівняно з мобільними телефонами, радіочастотний ефект ЕМР від інших бездротових пристроїв нижчий - оскільки інші пристрої, як правило, розташовані далі від тіла, - а в деяких випадках – під постійним впливом. Інші бездротові пристрої, такі як розумні лічильники, випромінюють лише періодично. IARC не зробила ніяких висновків про зв'язок між раком та радіочастотною ЕМР з джерел, відмінних від стільникових телефонів.

Низькочастотні електромагнітні поля.

Сильні електромагнітні поля (ЕМП) низької частоти від 50 до 60 циклів в секунду (герц або Гц) та пов'язане з цим електромагнітне випромінювання

ЕМР) є шкідливими. Легко захистити будинок від електричного поля, створеного поблизу електричних ліній, але важко забезпечити захист від магнітного поля, яке вони генерують. Можна запобігти дії магнітного поля за рахунок замикання ліній електропередачі, але вартість дуже висока.

Довготривалий вплив низькочастотних ЕМП може посилити будь-які існуючі проблеми зі здоров'ям або захворювання, і це може викликати або посилювати особливості втоми, дратівливості, агресії, гіперактивності, порушень сну та емоційної нестабільності.

Збільшується кількість людей, які є надмірно чутливими до електромагнітного випромінювання. Електромагнітна радіація існує навколо ліній електропередачі пристроями, під час використання, що простягається на кілька метрів навколо пристрою. Близькі струми та випромінювальні поля все ще можуть вивільнюватися з електричних проводів, навіть якщо прилади вимикаються. Електричні поля змінного струму не зникають, коли прилад вимикається, зникають тільки магнітні поля змінного струму.

Високочастотні електромагнітні поля.

Високочастотне електромагнітне поле в основному виникає від стільникових телефонів та антен. Високочастотні електронні електромагнітні джерела пов'язані з енергією радіочастот у діапазоні частот LF, MF, HF, VHF, UHF або мікрохвиль та часто називають радіоенергією. Термін "енергія РЧ" використовується для всіх частот від 30 кГц до 300 ГГц. Нижче наведені біологічні ефекти енергії РЧ:

- біологічний ефект енергії радіочастоти залежить від швидкості поглинання енергії;
- предмети можуть пошкоджуватися, якщо вони піддаються високому рівню енергії радіочастот, тому що предмети не здатні розсіювати велику кількість тепла. Це може спричинити опіки шкіри, глибокі опіки та теплові удари;
- очі найбільше страждають від радіочастотної енергії. Відсутність руху крові для охолодження рогівки може призвести до катаракти.
- Мобільні телефони використовують бездротові технології, які працюють шляхом радіочастотного випромінювання, яке передається через антену в телефоні. Розмовляючи по мобільному телефону, антена знаходиться дуже близько біля голови, дозволяючи випромінюванню легко впливати на мозок.

Шведські вчені виявили, що бездротові телефони підвищують ризик розвитку раку. Дослідники вивчали використання злоякісних пухлин головного мозку з використанням стільникових телефонів.

Особливо небезпечні ЕМП можуть бути для дітей, вагітних (ембріон), людей із захворюваннями центральної нервової, гормональної, серцево-судинної системи, алергіків, людей з ослабленим імунітетом.

По тяжкості впливу електромагнітне випромінювання може не сприйматися людиною взагалі або ж привести до повного виснаження з функціональною зміною діяльності мозку і смертельного результату. Дослідження показали, що тривалий вплив електромагнітного випромінювання, навіть відносно слабкого рівня, може викликати ракові захворювання, втрату пам'яті, хвороби Паркінсона і Альцгеймера, імпотенцію і навіть підвищити схильність до самогубства. Особливо небезпечні поля для дітей і вагітних жінок.

5.3 Оцінка небезпечних чинників для даної антени, яка використовується в приймачі

Слід наголосити, що розробка розділу з «Охорони навколишнього середовища» є досить важливою частиною дипломної роботи, особливо для технічних розробок. Такі розробки так чи інакше спричиняють вплив на навколишнє середовище. Щоб зрозуміти на скільки великим буде вплив, слід чітко визначити чинники впливу.

Потрібно розглянути чинники, які під час використання та ремонту несприятливо впливають на стан навколишнього середовища, і причини їх появи. Під час проектування антени використовується програмне забезпечення та вимірювальні прилади(осцилограф та синтезатор частот), а також сам проєктований пристрій, тобто щілинна антенна решітка. Всі перелічені засоби є джерелами електромагнітного забруднення з середньою частотою 10 ГГц. Ця частота є надвисокою і є джерелом випромінювання великої потужності.

Використання та ремонт антенної решітки впливає на навколишнє середовище на її робочій частоті, під час вимірювань та призводить до електромагнітного забруднення.

Потрібно детальніше розглянути як антена спричиняє забруднення під час випробувальних робіт(моделювання, вимірювання та порівняння параметрів).

По-перше для генерування частоти використовують генератор частот, який частіше працює в діапазоні від низьких до високих частот. Якщо синтезатор частоти (який буде використовувати для дослідження електромагнітної енергії) буде генерувати частоту вищу за гранично допустиму, це призведе до електромагнітного забруднення (опромінення інженера-дослідника). Тому слід дотримуватись правил застосування генераторів під час вимірювань.

По-друге для подальшого порівняння результатів потрібно знімати характеристики сигналу за допомогою осцилографа, який на сьогоднішній день не несе небезпеки для навколишнього середовища (якщо використовувати сучасні осцилографи), тому що вони не містять шкідливих речовин для вимірювань частоти. Зараз застосовують досить безпечні речовини (люмінофор), які витіснили небезпечні (фосфор). Отже слід зробити висновок, що такий засіб вимірювання не є небезпечним для навколишнього середовища.

По-третє ми використовуємо антенну решітку, яка є джерелом випромінювання досить високої частоти, якщо не дотримуватися правил експлуатація в поєднанні із засобами вимірювання та спеціальними закритими екранованими камерами, тоді негативні наслідки для навколишнього середовища зводяться до мінімуму.

Така щілинна антенна решітка зазвичай використовується в області радіоелектроніки для НВЧ пристроїв, наприклад в якості бортової антени літака. Якщо її застосувати в авіації, слід забезпечити електромагнітну сумісність для великої кількості інших випромінювачів, щоб вони всі не заважали один одному та спричиняли мінімальний вплив на навколишнє середовище.

5.4 Заходи щодо зменшення впливу на навколишнє середовище

В процесі виготовлення антени необхідно дотримуватися таких правил, задля зменшення електромагнітного забруднення :

- контролювати рівень електромагнітного випромінювання на робочому місці;
- використання екранованих камер;

- робити періодичну перевірку здоров'я працівників і за допомогою досліджень виявляти причину негативного впливу;
- встановлення еквівалентного навантаження поблизу передавача, це дозволить поглинати велику кількість електромагнітного випромінювання;
- віддалення робочого місця від джерела випромінювання;
- дотримуватись гранично допустимих значень електромагнітного поля;
- екранувати захисне робоче місце для вимірювань;
- при обробці надвисокочастотної частини, слід застосувати різні типи поглиначів потужності;
- використовувати імітатори випромінювання при перевірці індикаторних, прийомних, обчислювальних, керуючих систем, коли немає необхідності вмикати генератори та випромінювачі високочастотних сигналів;
- використовувати хвилеводні відгалужувачі, дільники потужності, послаблювачі, при роботі ліній передачі енергії та антен;
- на всіх етапах дослідження з пристроєм НВЧ забезпечити відсутність витоку енергії в місцях зчленування елементів хвиле водного тракту.

Вихідні дані для розрахунку заземлюючого пристрою:

Тип ґрунту	Нап-а елек. мер.	Потуж- ь	Струм зам-ня	Дов-на електр ода	Глиб-а заклада ння	Діамет р елек- да	Відс-нь між елект- ми
Сугл ина	380В	430кВт	550А	2,5м	0,6м	0,045м	5м

Визначимо розрахунковий питомий опір землі $\rho_{р.з.} = \varphi \cdot \rho_{з.}$, де φ — коефіцієнт сезонності, який враховує можливі коливання питомого опору при зміні вологості ґрунту протягом року: $\varphi = 1,4$ (Україна лежить в II-III кліматичних районах, тому вибираємо середнє значення $\varphi \approx 1,4$); $\rho_{з.} = 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ — значення для ґрунту при вологості 10-20%;

$$\rho_{\rho_3} = 1,4 * 100 = 140 \text{ Ом} \cdot \text{м}; \quad (5.1)$$

Визначимо опір розтікання струму в землі одного вертикального заземлювача заглибленого на глибину h від поверхні землі, за формулою:

$$R_{\text{в}} = \frac{\rho_{\rho_3}}{2 \cdot \pi \cdot l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+1}{4t-1} \right) \quad (5.2)$$

де R — опір розтікання струму в землі вертикального заземлення;

ρ_{ρ_3} — розрахунковий питомий опір землі, Ом·м; l — довжина заземлювача,

м; d — діаметр заземлювача, м; t — віддаль від поверхні землі до середини заземлювача, м.

$$t = h + \frac{l}{2} = 0,6 + \frac{2,5}{2} = 1,85 \text{ м}; \quad (5.3)$$

$$R_{\text{в}} = \frac{140}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,5} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 2,5}{0,045} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 1,85 + 2,5}{4 \cdot 1,85 - 2,5} \right) = 45,1 \text{ Ом}; \quad (5.4)$$

Визначаємо орієнтовану кількість електродів n' :

$$n' = \frac{R_{\text{в}}}{R_{\text{з.норм.}}} = \frac{45,1}{4} = 11,28 \approx 12 \quad (5.5)$$

Визначимо дійсну кількість електродів n з урахуванням $\eta_{\text{в}}$ за формулою:

$$n = \frac{R_{\text{в}}}{R_{\text{з.норм.}} \cdot \eta_{\text{в}}} = \frac{45,1}{4 \cdot 0,72} = 15,66 \approx 16 \quad (5.6)$$

Знайдемо довжину горизонтального заземлювача L , який з'єднає вертикальні заземлювачі, які розташовані в ряд, за формулою:

$$n = \frac{R_{\text{в}}}{R_{\text{з.норм.}} \cdot \eta_{\text{в}}} = \frac{45,1}{4 \cdot 0,72} = 15,66 \approx 16 \quad (5.7)$$

Обчислимо загальний опір заземлюючого пристрою за формулою:

$$R_{\text{з}} = \frac{R_{\text{в}} \cdot R_{\text{г}}}{n \cdot R_{\text{г}} \cdot \eta_{\text{в}} + R_{\text{в}} \cdot \eta_{\text{г}}}; \quad (5.8)$$

де R_z — загальний опір заземлюючого пристрою, Ом; η — коефіцієнт використання горизонтального заземлювача, який визначаємо з таблиці:

$$R_z = \frac{45,1 \cdot 3,6}{16 \cdot 3,6 \cdot 0,72 + 45,1 \cdot 0,32} = 2,9 \text{ Ом.} \quad (5.9)$$

Було встановлено, що для зменшення напруги дотику в аварійному режимі на основі вихідних даних необхідно 16 заземлювачів, кожен довжиною 2,5м, діаметром 0,045м, забитих на глибині 0,6м, з'єднаних горизонтальною смугою довжиною 80м.

ВИСНОВКИ

В першій частині дипломної роботи було досліджено технологію спостереження за БПЛК за допомогою автоматичного залежного спостереження в режимі радіомовлення та правила користування повітряним простором. Розглянули здатність технології інтегрувати кожен компонент для поліпшених комунікацій, командування і управління.

В другій частині було розглянуто, як саме ОКПР контролюють БПЛА за допомогою ADS-B та організують маловисотний рух БАС для забезпечення ПР.

Третій розділ присвячено моделюванню траєкторії БПС. Спочатку було детально розглянуто розробку приймача та антени. Далі була розроблена програма контролю БПС від траєкторії польоту за даними ADS-B, за допомогою прикладних програм Matlab, для набуття практичних навичок в програмуванні.

Було детально розглянуто технологій КПП з використання ADS-B.

Знання та навички, які були набуті під час виконання дипломної роботи дозволять проводити експерименти з контролем бічного відхилення літака від заданої траєкторії шляху та ці дані можна використовувати для виконання курсових та експериментальних робіт.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Передатчики телевизионные маломощные. Основные параметры. Технические требования. Методы измерений. ГОСТ Р 50890 – 96. – М.: Издательство стандартов, 1996. – 36 с.
2. Костенко В.О. Принцип самоорганизующихся сетей при контроле потока мобильных станций / В.О. Костенко, И.Н. Сметанин // Материалы VIII Международной научно-практической конференции – Запорожье, 21 – 23 сентября 2016 г. – С. 186-189.
3. Катунин Г.П. Телекоммуникационные сети и системы. Учебное пособие Т 2. / Г.П. Катунин, Г.В. Малчев и др. – М., 2003. – 647 с.
4. Довідник з протиповітряної оборони / А.Я. Торопчин, І.О. Романенко, Ю.Г. Даник і др. – Київ: «Харків», 2003. – 368 с.
5. Noble, W.J., and Small, J.W., “Lightweight composite slotted-waveguide antenna and method of manufacture”, United States patent 4,255,752, March 10, 1981.
6. Josefsson, L.G., “Analysis of longitudinal slots in rectangular waveguides”, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. AP-35, no. 12, Dec. 1987, pp. 1351-1357.
7. Системы вторичной радиолокации для управления воздушным движением и государственного опознавания. Справочник / А.С. Маляренко. – Харьков: ХУВС, 2007. – 78 с.
8. Технические положения, касающиеся услуг режима S и расширенного сквиттера. – Международная организация гражданской авиации, 2012. – 352 с.
9. Батлук В.А. Гогіташвілі Г.Г., Уваров Р.В., Смердова Т.А. Охорона праці в галузі телекомунікацій. Навч. посібник – Львів: Афіша, 2003. – 320 с.
10. Л.Я. Ильницкий, В.А. Иванов, В.Ф. Павленко. Элементы и устройства сверхвысоких частот: Учебное пособие. – К.: КИИГА, 1984. – 80 с.
11. Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань. – К: МОЗ, 1996. – 27с.12. Mumford, W.W.

13. Житецький В.Ц. Основи охорони праці. Підручник. – Львів: Афіша, 2002. – 320 с.
14. Житецький В.Ц. Охорона праці користувачів комп'ютерів. – Львів: Афіша, 2000.-176с.
16. Ненашев А. П. Конструирование радиоэлектронных средств. Учебник. – М: Высш. шк. 1990. – 432 с.17.
18. J. Li, G. Wen, and F. Xiao, “Broadband transition between rectangular waveguide and substrate integrated waveguide,” *Electron. Lett.*, vol. 46, no. 3, pp. 223–224, Nov. 2010.
19. Zungeru A.M. Classical and swarm intelligence based routing protocols for wireless sensor networks: A survey and comparison / A.M. Zungeru, L.-M. Ang, K. Ph. Seng // *Journal of Network and Computer Application*, 2012. –P. 1508-1536.
20. Костенко В.О. Принцип самоорганизующихся сетей при контроле потока мобильных станций / В.О. Костенко, И.Н. Сметанин // *Материалы VIII Международной научно-практической конференции – Запорожье, 21 – 23 сентября 2016 г.* – С. 186-189.21.
22. R. Glogowski, J Zurcher, and C. Piexiero, and J.R. Mosig, “Double resonant transition from rectangular waveguide to substrate integrated waveguide,” in *Proc. 7th European Conference of Antennas and Propagation (EuCAP)*, 2013, pp. 3353–3354.