

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет комп'ютерних наук та технологій  
Кафедра Комп'ютерних інформаційних технологій

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Аліна САВЧЕНКО

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
(ДИПЛОМНА РОБОТА, ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ «МАГІСТР»  
ЗА ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЮ ПРОГРАМОЮ  
«ІНФОРМАЦІЙНІ УПРАВЛЯЮЧІ СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ»

**Тема:** «Система моніторингу нижнього повітряного простору»

**Виконавець:** \_\_\_\_\_ студент групи УС-212М Ткач Олександр Володимирович

**Керівник:** \_\_\_\_\_ к.т.н., доцент Холявкіна Тетяна Володимирівна

**Нормоконтролер:** \_\_\_\_\_ Ігор РАЙЧЕВ

**Київ 2023**

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Факультет комп'ютерних наук та технологій

Кафедра Комп'ютерних інформаційних технологій

Галузь знань, спеціальність, освітньо-професійна програма: 12 «Інформаційні технології», 122 «Комп'ютерні науки», «Інформаційні управляючі системи та технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач випускової кафедри  
\_\_\_\_\_ Аліна САВЧЕНКО  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на виконання кваліфікаційної роботи студента**

\_\_\_\_\_ Ткача Олександра Володимировича  
(прізвище, ім'я, по батькові)

- 1. Тема роботи:** «Система моніторингу нижнього повітряного простору» затверджена наказом ректора від «29» вересня 2023 р. за №1976/ст.
- 2. Термін виконання роботи:** 02.10.2023 – 31.12.2023р.
- 3. Вихідні дані до роботи:** система моніторингу нижнього повітряного простору.
- 4. Зміст пояснювальної записки:** вступ, ситуація в сфері використання повітряного простору, створення національної інформаційної системи авіації України, технічні підсистеми ЄСПС, реалізація системи моніторингу, висновки.
- 5. Перелік обов'язкового ілюстративного матеріалу:** кількість ПС АЗП на 1 млн. населення, парк ПС АЗП різних країн, схема передавання інформації в ЄСПС, цифровий канал зв'язку, структура центру моніторингу, базове радіолокаційне рівняння, потужність передавача, радіолокаційне рівняння.

## 6. Календарний план-графік

<b>№ п/п</b>	<b>Завдання</b>	<b>Термін виконання</b>	<b>Підпис керівника</b>
1.	Проаналізувати літературу та джерела за темою дипломної роботи	02.10.23 – 08.10.23р.	
2.	Розроблення та затвердження плану дипломної роботи	09.10.23 – 11.10.23р.	
3.	Привести консультації з науковим керівником щодо створення першого розділу	12.10.23 – 16.10.23р.	
4.	Розробка розділу 1	17.10.23 – 28.10.23р.	
5.	Розробка розділу 2	29.10.23 – 19.11.23р.	
6.	Розробка розділу 3	20.11.23 – 01.12.23р.	
8.	Висновки та оформлення пояснювальної записки дипломної роботи	02.12.23 – 13.12.23р.	
9.	Підписання необхідних документів у встановленому порядку	14.12.22 – 19.12.23р.	
10.	Підготовка до захисту та попередній захист дипломного проекту на випусковій кафедрі дипломної роботи	20.12.23 – 24.12.23р.	

7. Дата видачі завдання: «02» жовтня 2023 р.

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

Тетяна ХОЛЯВКІНА  
(П.І.Б.)

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

Олександр ТКАЧ  
(П.І.Б.)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи «Система моніторингу нижнього повітряного простору» містить 72 сторінки, 25 рисунків, 29 бібліографічних джерел.

**Об'єкт** – система моніторингу нижнього повітряного простору.

**Предмет дослідження** – технологія створення системи моніторингу засобами правил польотів у повітряному просторі України.

**Методи дослідження** включають у себе:

- методи аналізу, синтезу та порівняння статистичних даних;
- методи дослідження аналітичних систем моніторингу повітряного простору;
- методи проектування та створення система моніторингу нижнього повітряного простору;
- методи налаштування системи для її зручного використання.

**Метою дипломної роботи** є розробка системи моніторингу нижнього повітряного простору.

БЕЗПЛОТНІ ЛІТАЛЬНІ АПАРАТИ, БЕЗПЛОТНИЙ АВІАЦІЙНИЙ КОМПЛЕКС, АВІАЦІЯ ЗАГАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ .....	6
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. СИТУАЦІЯ У СФЕРІ ВИКОРИСТАННЯ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ 10	
1.1 Загальне визначення повітряного простору.....	10
1.2 Ситуація в сфері використання повітряного простору .....	15
1.3 Міжнародний досвід.....	21
ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 1 .....	24
РОЗДІЛ 2. СТВОРЕННЯ НАЦІОНАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ АВІАЦІЇ УКРАЇНИ.....	25
2.1. Аналіз і розробка інформаційної системи.....	25
2.2. Основні складові НІСАУ.....	36
2.3. Формування основних вимог. Очікувані результати і ризики системи моніторингу.....	44
2.3.1. Очікувані результати і ризики системи моніторингу.....	44
ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 2 .....	48
РОЗДІЛ 3 РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ .....	49
3.1 Реалізація системи моніторингу за допомогою радіолокаційних станцій та радіолокаційних рівнянь.....	49
3.2 Власники НІСАУ. Створення та утримання інформаційної системи.....	63
ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 3 .....	67
ВИСНОВКИ.....	68
СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ .....	70

## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ**

АЕС – атомна електростанція

АЗП – авіація загального призначення

АП – авіаційна подія

БАК(БпАК) – безпілотний авіаційний комплекс

БпЛА – безпілотні літальні апарати

БС – базова станція

ВМС – Військово-морські сили

ВПП – використання повітряного простору

ГЕС – гідроелектростанція

ДКР – дослідно-конструкторська робота

ДМХ – дециметрові хвилі

ДППС – дистанційно пілотоване повітряне судно

МВС – Міністерство внутрішніх справ

МНС – Міністерство надзвичайних ситуацій

НІСАУ – Національної інформаційної системи авіації України

ОПР – обслуговування повітряного руху

ОЦВС – об'єднана цивільно-військова система

ППО – протиповітряна оборона

ПС – повітряне судно

РЛІ – радіолокаційна інформація

РЛС – радіолокаційна станція

СБУ – Служба безпеки України

СКС – структурована кабельна система

ТЕЦ – теплоелектроцентрально

УКХ – ультракороткі хвилі

УПР – Управління повітряним рухом

ЄСПС – єдина система повітряного спостереження

ARTAS – Трекер і сервер спостереження для керування повітряним рухом

(ATM suRveillance Tracker And Server)

ATM – керування повітряним рухом (Air Traffic managment)

ICAO (ІКАО) – Міжнародна організація цивільної авіації (International Civil Aviation Organization)

RCS – Радіолокаційний поперечний переріз (Radar cross section)

WAN – Глобальна комп'ютерна мережа (Wide Area Network)

## ВСТУП

**Актуальність.** Серед важливих завдань, які вирішує цивільна авіація особливе місце займає забезпечення безпеки польотів. Треба зазначити, що з соціальної точки зору безпека польотів зачіпає перш за все право людини на безпеку. Запровадження в експлуатацію якісно нових дорогих повітряних суден великої пасажиромісткості значно загостило її як в економічному, так і в соціальному аспектах.

Проблема безпеки польотів, незважаючи на стрімкий науково-технічний прогрес у галузі авіаційної техніки, набула в наш час виключної соціальної гостроти. Безпека полетів – це основна цінність надійних повітряних перевезень, а міжнародна співпраця урядів та галузевих груп з питань авіаційної безпеки поряд з взаємодією Міжнародної організації цивільної авіації допомогла зробити комерційні літаки найбезпечнішим способом повітряних перевезень.

У більшості європейських країн існують моніторинг повітряного простору. Але на сьогодні практично немає суто українських аналітичних систем, тому існує необхідність розробки та впровадження такої системи.

Система моніторингу нижнього повітряного простору – це майбутнє в авіаційній сфері. Згодом буде стільки БПЛА, дронів, джетпаків та інших літальних апаратів, що про машину всі почнуть забувати. Багато переваг, економія часу, швидкість доставки – це все найближче майбутнє.

**Метою дипломної роботи** є розробка системи моніторингу нижнього повітряного простору.

Відповідно до поставленої мети, було поставлено наступні завдання:

- Система моніторингу повітряного простору.
- Аналіз предметної області.
- Аналіз існуючих рішень.
- Основні задачі, які вирішує моніторинг.
- Формування вимог щодо системи моніторингу.



Для розв'язання поставлених завдань і досягнення мети дослідження були застосовані такі методи дослідження:

- аналіз теоретичного матеріалу ситуації в сфері використання повітряного простору;
- аналіз та вибір методів і технологій розробки загальнонаціональної мережі контролю повітряного простору за низько літаючими та малорозмірними цілями.

**Об'єкт** – система моніторингу нижнього повітряного простору.

**Предмет дослідження** – технологія створення системи моніторингу засобами правил польотів у повітряному просторі України.

**Наукова новизна отриманих результатів** – система моніторингу нижнього повітряного простору для малогабаритних літальних апаратів, а саме БПЛА, дрони, джетпаки та ін.

**Практичне значення отриманих результатів** – створення системи моніторингу авіаційних подій та інцидентів.

# РОЗДІЛ 1

## СИТУАЦІЯ В СФЕРІ ВИКОРИСТАННЯ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ

### 1.1. Загальне визначення повітряного простору

Визначення, які пов'язані з нещасними випадками та надзвичайними ситуаціями в авіаційній галузі наведені в повітряному кодексі України. Слово «подія» використовується при тлумаченні термінів «інцидент», «нещасний випадок» або «аварія».

Таким чином, авіаційна подія – надзвичайна подія, що пов'язана з користуванням повітряного судна, що сталася з моменту між посадкою будь-якої особи в повітряне судно з ціллю польоту з пункту А до пункту Б, до моменту, коли всі особи, які знаходились на борту покинули повітряне судно (у разі використання пілотованого транспортного засобу) [1].

У разі використання безпілотного літального апарату авіа подією вважається випадок, який мав місце з моменту, коли повітряне судно було готове до зльоту і до моменту закінчення польоту та виключення головного силового агрегату.

Також до авіаційних подій відносяться випадки, під час яких:

1. будь-яка особа смертельно поранена або поранена внаслідок перебування в літаку, або прямого контакту з частиною повітряного судна, включаючи його відокремлену частину;

2. повітряним судном було отримано пошкодження або руйнування своєї конструкції, внаслідок чого порушилась міцність та погіршилися технічні характеристики літака і зазвичай потрібний капітальний ремонт або зміна компонента, що зазнав пошкоджень. Таким компонентом може виступати двигун, по-вітряні гвинти, закінцівки крила, антени, датчики, лопаті, шини, гальма, колеса,

Кафедра КІТ (47)				НАУ 23 37 64 000 ПЗ			
Виконав	Ткач О.В.			СИТУАЦІЯ В СФЕРІ ВИКОРИСТАННЯ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ	Літера	аркуш	аркушів
Керівник	Холявкіна Т.В.					10	15
Консульт.					УС-212 М 122		
Н. контроль	Райчев І.Е.						

обтічники, панелі, двері шасі, вітрове скло, обшивка літака, пошкодження шасі, лопаті несучого гвинта.

3. будь-яка особа смертельно поранена або поранена внаслідок прямого впливу випарів реактивного літака, за винятком випадків, коли травми спричинені природними причинами, заподіяні власними силами чи іншими особами, або коли травми спричинені безбілетними пасажирями, які ховаються за межами місць, зазвичай доступних для пасажирів і членів екіпажу;

4. повітряне судно зникає безвісти або опиняється в місці, де доступ до нього абсолютно неможливий;

5. повітряним судном було отримано пошкодження, спричинені градом або ударами птахів (включаючи пробоїни в обтічнику радара);

У разі аварії літака важливо провести комплексне розслідування, щоб повністю визначити основні причини та відповідальний орган. Розслідування проводить слідчий, тобто особа, на яку відповідно до її кваліфікації покладається ведення розслідування та керівництво розслідуванням. Слідчий призначається Акредитованим слідчим органом держави-члена ІСАО відповідно до Додатку 13 Конвенції про міжнародну цивільну авіацію.[2]

Основою класифікації авіаційних подій в Україні є повітряний кодекс. Державне регулювання діяльності в авіаційній галузі України та регулювання повітряного простору спрямоване на забезпечення безпеки повітряних польотів, забезпечення інтересів держави, національної безпеки та економічних потреб.

Авіаційні події поділяються на:

- інциденти;
- серйозні інциденти;
- аварії;
- катастрофи;
- надзвичайні події.

Авіаційні правила України «Правила використання повітряного простору України» (далі – Авіаційні правила) встановлюють вимоги щодо організації та порядку використання повітряного простору України і повітряного простору над

відкритим морем, де відповідальність за обслуговування повітряного руху міжнародними договорами України покладена на Україну (далі – повітряний простір), міністерствами, підприємствами, установами та організаціями, юридичними і фізичними особами – користувачами повітряного простору. [3]

Повітряний простір поділяється на верхній та нижній:

- верхній - ешелон польоту 275 (8400 м) і вище;
- нижній - нижче від ешелону польоту 275 (8400 м).

**Але в нашому випадку ми беремо граничну висоту до 1000 м.**

Дія цих Авіаційних правил поширюється на юридичних і фізичних осіб незалежно від форми власності та відомчої підпорядкованості, діяльність яких пов'язана з організацією використання повітряного простору та використанням повітряного простору України.[4]

Порушення вимог цих Авіаційних правил тягне за собою відповідальність, що встановлена чинним законодавством України.

Ці Авіаційні правила розроблено згідно з вимогами Повітряного кодексу України, Положення про використання повітряного простору України, стандартів та рекомендованої практики Міжнародної організації цивільної авіації, з урахуванням законодавства Європейського Союзу, документів Європейської організації з безпеки аеронавігації.

Польоти безпілотних ПС організуються та здійснюються встановленим порядком з дотриманням правил польотів у повітряному просторі України та цих Авіаційних правил. Відповідальність за організацію таких 15 польотів несуть керівники організацій або власники ПС, що планують або проваджують зазначену діяльність.

Польоти ДППС масою до 1 кг включно виконуються без подання заявок на ВПП, без отримання дозволів на ВПП, без інформування органів управління Повітряних Сил ЗС України та органів ОЦВС за дотримання наступних умов:

- польоти виконуються тільки вдень;

- польоти виконуються поза межами встановлених заборон та обмежень ВПП, крім випадків, установлених Положенням про використання повітряного простору України;

- польоти виконуються не ближче 5 км від зовнішніх меж злітно-посадкових смуг аеродромів;

- польоти не виконуються поблизу ПС;

- польоти не виконуються над: основними автомобільними та залізними дорогами, лініями електропередачі, електростанціями тощо, діючими промисловими зонами, місцями (районами) аварій та катастроф, зонами поліцейських операцій, тюрмами, іншими важливими державними та потенційно небезпечними об'єктами; які належать Міністерству оборони України, МВС України, СБУ та відносно яких здійснюється охорона;

- виконуються візуальні польоти ДППС в межах прямої видимості (VLOS), але не далі ніж 500 м від зовнішнього пілота;

- максимальна висота польоту ДППС – 50 м над рівнем земної (водної) поверхні тільки за умов візуальної видимості ДППС зовнішнім пілотом;

- зовнішній пілот не здійснює керування ДППС з ПС або з іншого транспортного засобу, які рухаються;

- польоти виконуються не ближче 50 м від груп людей до 12 осіб, які знаходяться поза межами приміщень, тварин, транспортних засобів, кораблів, човнів, об'єктів приватної власності;

- польоти виконуються не ближче 150 м від груп людей кількістю більше 12 осіб, які знаходяться поза межами приміщень, та від районів забудов багатопверховими житловими будинками, а також над зазначеними групами та районами. В інших випадках польоти ДППС масою до 1 кг включно та усі без винятку польоти ДППС масою більше 1 кг виконуються у межах заборон/обмежень використання повітряного простору з дотриманням вимог щодо подання заявок на ВПП, отримання дозволів та умов ВПП, інформування органів управління Повітряних Сил ЗС України, органів ОЦВС, органів ОПР/УПР;

- повітряне спостереження – процес постійного, періодичного або ситуативного отримання за допомогою літальних апаратів інформації щодо стану (радіаційного, хімічного, біологічного, інженерного, гідрометеорологічного, навігаційно-гідрографічного та ін.) місцевості, повітряного та водного простору, наземних і надводних об'єктів, а також про події, що на них відбуваються;

- система моніторингу – система заходів та управлінських функцій, які спрямовані на отримання інформації повітряного спостереження, її систематизації та узагальнення в інтересах центральних органів виконавчої влади та інших споживачів з метою своєчасного і адекватного реагування на події, що відбуваються.

На сьогодні більшість розвинених країн світу переймаються питаннями підвищення ефективності повітряного спостереження при виконанні професійних завдань у військовій та невійськовій сферах, що досягається за рахунок використання носіїв (безпілотної авіаційної техніки, пілотованої авіаційної техніки, а також прив'язних аеростатів), зі встановленим на них корисним навантаженням (сенсорами).

Так, є приклади ефективного застосування різних за призначенням носіїв, в тому числі на базі безпілотної авіаційної техніки, з встановленим на них цільовим спорядженням, в інтересах збройних сил, силових структур та відомств, природоохоронних органів, підприємств паливно-енергетичного комплексу та інших суб'єктів народного господарства.

В умовах обмежених ресурсів, які є реаліями сьогодення в Україні, необхідно забезпечити максимальну ефективність використання коштів державного бюджету, що передбачає підвищення результатів при незмінних або зменшених витратах. Проект зі створення загальної для усіх споживачів системи дозволить підвищити ефективність використання бюджетних коштів, за рахунок зменшення витрат шляхом об'єднання матеріальних, фінансових і людських ресурсів різних міністерств та відомств, а також підвищити результати, за рахунок впровадження високих технологій повітряного моніторингу, які застосовуються в розвинених країнах світу.

## 1.2. Ситуація в сфері використання повітряного простору

На сьогоднішній день в сфері використання повітряного простору склалася ситуація, яка потребує термінового вжиття заходів реагування.

Згідно з результатами дослідження виконаного Національним бюро та Державним науково-дослідним інститутом авіації, кількість порушень порядку використання повітряного простору щороку зростає та стає більш зухвалим.

Система моніторингу може стати однією із складових єдиних інформаційно-телекомунікаційних мереж. Практична значимість повітряної підтримки різних видів діяльності признана в усьому світі, а впровадження повітряного моніторингу, у тому числі із застосуванням безпілотних авіаційних комплексів (БАК), є важливою ланкою при удосконаленні технічної бази різних структур багатьох країн світу. [5]

На сьогодні революційний розвиток інформаційно-телекомунікаційних і нанотехнологій, робототехніки та штучного інтелекту, досягнення у мініатюризації систем керування літальними апаратами та оптико-електронних засобів спостереження значно розширили масштаби використання БАК та спектр завдань, що на них покладаються.

Провідні країни світу активізують зусилля з удосконалення існуючих безпілотних комплексів, а також з розробки та прийняття на експлуатацію у збройні сили, поліцію, рятувні підрозділи та в інші структури нових БАК.

Безпілотні авіаційні комплекси застосовуються для повітряного спостереження у таких країнах як Ізраїль, США, Великобританія, Німеччина, Франція, Італія, росія, Бельгія, Мексика та інших. Так, наприклад, США, Ізраїль, Мексика, росія використовують системи повітряного спостереження для охорони своїх кордонів. Країни Євросоюзу також розглядають можливість створення спільної системи повітряного спостереження за кордонами. Безпілотні літальні апарати (БпЛА), пілотовані літальні апарати та прив'язні аеростати зі встановленим цільовим спорядженням використовувалися при проведенні футбольного чемпіонату Євро-2008 в Австрії та Швейцарії для моніторингу обстановки на транспортних магістралях, контролю за скупченнями вболівальників та їх масовими

пересуваннями у межах міст. У Німеччині військові розвідувальні БАК часто використовуються в інтересах портових адміністрацій для виявлення фактів незаконного скидання суднами забруднених баластних вод, а також у поліції для розшуку злочинців.

При цьому, там де це є доцільним, необхідно використовувати основні переваги застосування БАК порівняно з пілотованими літаками, а саме:

- економія значних фінансових ресурсів, які необхідні для підготовки льотного складу;

- нижча вартість виробництва, технічного обслуговування та експлуатації БАК у порівнянні з пілотованими літальними апаратами;

- мінімізація людських втрат за рахунок виключення необхідності залучення льотчиків для виконання завдань, пов'язаних з небезпекою для життя;

- відносно невеликі розміри та злітна вага літальних апаратів деяких класів БАК і завдяки цьому – їхня висока мобільність.

З'явилися в Україні перші випадки використання авіації з метою збройного захоплення державних установ.

В Кіровоградській області групою озброєних осіб з використанням вертольота (рис.1.1) здійснений напад на в'язницю з метою звільнення ув'язнених.[6]



Рис.1.1. Вертоліт Robinson R44



Постійно зростає кількість випадків використання авіації з метою незаконного перетинання Державного кордону, перевезення контрабандних товарів.

У Волинській області сталася катастрофа літака Ан-2, який перевозив контрабанду цигарок білоруського виробництва [7]. Загинуло двоє людей (рис.1.2).



Рис.1.2. Ан-2 UR-54853

Парадоксально, але з цієї події контрабандисти зробили висновки, та побудували несанкціоновані аеродроми, які обладнані світлосистемами та радіотехнічними засобами для польотів вночі.

З території Угорщини перетнув кордон мотodelьтаплан та здійснив посадку на майданчик контрабандистів, де чекав автомобіль з цигарками.[8]

У Чернівецькій області літак Ан-2 (рис.1.3) намагався перетнути кордон з Румунією.[9]



Рис. 1.3. Ан-2

Багаторазові випадки несанкціонованих польотів в заборонених зонах розташування АЕС, ТЕЦ, ГЕС.

Мотопараплан невстановленої конструкції виконував польоти на висоті 200 метрів навколо труби ТЕЦ Київської ГЕС.

В Полтавській області зафіксовано несанкціонований політ квадрокоптера над територією в/ч.[10]

Особливе занепокоєння викликають випадки загибелі людей та високу імовірність застосування авіації з терористичною метою.

Ситуація в країні негативно впливає на стан авіації загального призначення:

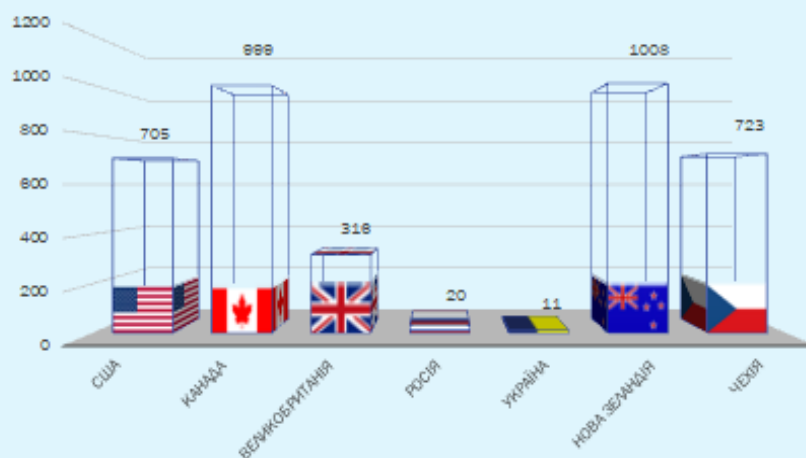
- Обсяг перевезень нікчемний.
- Кількість повітряних суден вимірюється кількома сотнями.
- Наземна інфраструктура відсутня.
- Кількість ПС АЗП, які виробляє Україна обчислюється одиницями.
- Недостатнє фінансування авіаційної галузі.

- "Деградація" авіаційних професій.
- Український ринок АЗП – "second hand" іноземного виробництва.

Авіація загального призначення (АЗП) є одним з найбільш перспективних сегментів споживчого ринку в світі. «Авіація загального призначення означає цивільну авіацію, яка виконує всі види операцій, за винятком повітряних сполучень регулярних і нерегулярних авіатранспортних перевезень, що здійснюються за плату або за наймом. Відповідно до цього підходу, до АЗП відносяться повітряні судна та інші засоби авіації, які використовуються для різного роду авіаційних робіт, пошуку і порятунку повітряних суден, спортивних і наукових цілей».[11]

В Україні немає урегульованого авіаційного комплексу, що дає можливість забезпечити використання усіх типів повітряних суден АЗП. Відсутня система підготування пілотів приватних літаків, немає сприятливих умов для існування малих авіакомпаній, недостатньо розвинуте сервісне обслуговування. Окрім зазначеного, швидка зміна кон'юнктури ринку авіаробіт і послуг потребує створення гнучкої структури, що забезпечить функціонування АЗП в Україні. Така структура має забезпечувати підтримку конкурентоспроможності всіх ланцюгів процесу надання авіапослуг і забезпечувати певний рівень їх життєздатності у періоди спаду попиту на той чи інший вид послуг. Порівняння кількості ПС АЗП на 1 млн. населення країни (рис.1.4)

## Кількість повітряних суден АЗП на 1 млн. населення країни



Довідково - численність населення в країнах:

Канада - 34 млн.чол.

Чехія - 10,5 млн.чол.

Росія - 143 млн.чол.

Україна - 45 млн.чол.

США - 316 млн.чол.

Великобританія - 63 млн.чол.

Нова Зеландія - 4,4 млн.чол.

Рис.1.4. Кількість ПС АЗП на 1 млн. населення

Світовий парк АЗП складає близько 75% всієї авіаційної техніки, що використовується найрозвиненішими країнами світу, експлуатація яких тільки в США забезпечує додатково 1 265 000 робочих місць і щорічний внесок в економіку у розмірі 150 млрд дол., обсяг податкових зборів з малої авіації складає близько 4 млрд дол. на рік, а число літальних апаратів вже перевищило 200 000 одиниць. [12]

Експлуатація АЗП дає можливість більшості країн світу отримувати майже третину надходжень у національний бюджет держави, що свідчить про високий потенціал та привабливість цього ринку послуг.

У рис. 1.5 наведено дані, що до обсягів парку АЗП в різних країнах світу, а також деякі показники економічного розвитку країн і добробуту її громадян, що характеризують особливості географії та розвиток інфраструктури. Розглянуті в рис. 1.5 показники не претендують на повноту та всебічність, але в цілому дають підстави вважати, що потенціал вітчизняної АЗП у теперішній час є недостатньо реалізованим. Експлуатація морально та фізично застарілої авіаційної техніки,

виконання авіаробіт і надання послуг у межах, прийнятих для попередніх економічних умов, уповільнюють подальший перспективний розвиток АЗП.



Рис.1.5. Парк ПС АЗП різних країн

### 1.3. Міжнародний досвід

На сьогодні авіаційний транспорт є найбільш глобалізованим порівняно з залізничним, автомобільним, водним та трубопровідним. Система світового повітряного транспорту склалася завдяки міжнародному співробітництву. В даний час це вже сформована глобальна транспортна структура, за допомогою якої реалізуються процеси повітряних перевезень пасажирів, багажу, пошти і вантажів. Міжнародні перельоти регулюються багатьма міжнародними угодами, які в свою чергу дають змогу організувати міжнародне авіаційне сполучення між державами та регіонами світу. В свою чергу, вони упорядковують авіаційні польоти, обслуговування повітряних суден та багато іншого, тобто дають змогу зробити

авіацію більш ефективною та безпечною. Світовий повітряний транспорт є великою багатогранною динамічною системою, що складається з:

- Встановлення при сертифікації на ПС бортових засобів об'єктивного контролю та використання бездротових ліній передачі даних
- Встановлення на ПС малогабаритних бортових відповідачів
- Впровадження багатопозиційних радіолокаційних станцій
- Покладання відповідальності за використання повітряного простору та безпеку польотів АЗН на авіаційні громадські організації
- Використання існуючих засобів боротьби з БАК (безпілотний авіаційний комплекс)

Розглянемо приклад створення системи.

Відстеження та спостереження управління повітряним рухом (англ. – Air Traffic Management, *АТМ*) є однією з найдосконаліших систем обробки даних спостереження в світі, що забезпечує безпеку та ефективність мережі АТМ.[13]

Концепція виникла на початку 90-х, його створила спільнота міжнародних експертів, які мріяли скасувати ліміти, які сповільнювали повітряний рух.

Вони побачили, що всі системи обробки радіолокаційних даних, які використовувалися тоді, були автономними, з величезною варіацією в складності процесу та продуктивності. Ця різниця в стандартах призвела до необхідності встановлення великих мінімумів поділу між повітряними суднами, що відіграло не останню роль у створенні заторів. Вони мріяли про систему блокування, у якій усі системи спостереження АСС були пов'язані між собою.

По суті, ARTAS(ATM suRveillance Tracker And Server) об'єднує дані спостереження з кількох джерел (радар, ADS-B (автоматична залежна трансляція спостереження), мультилатерація), щоб створити картину переважаючої ситуації повітряного руху та поширити її серед спільноти користувачів.[14]

Те, що відрізняє ARTAS від будь-якої іншої системи відстеження, полягає в тому, що це розподілена система, яка складається з ідентичних блоків, які діють як єдина регіональна інтегрована система спостереження. Датчики спостереження підключено до регіональної WAN (глобальної мережі) спостереження. Кожен блок

ARTAS обробляє дані спостереження, отримані в мережі, і діє як сервер через системи розподілу даних спостереження (SDD), надаючи безперервні дані про траєкторію літака та іншим системам користувача (наприклад, військовим системам ППО або блокам управління потоком), які підключені до мережі.

Проект ARTAS розробив і перевінив передові методи відстеження на додачу до інноваційної концепції розподіленої системи відеоспостереження. Зрозуміло, коли проект тільки починався, це було досить далекоглядним, але методи та концепції все ще вважаються вдосконаленими сьогодні, приблизно через 20 років.

Справжня цінність ARTAS полягала в допомозі гармонізувати спостереження в Європі. Це також було особливо корисно для прокладання шляху до зменшення мінімумів ешелонування, даючи достовірну картину ситуації в повітряному просторі. Межі більше не важливі для ARTAS, оскільки інструменти спостереження сумісні з будь-якою організацією та будь-якою системою. Значна економія на масштабах була досягнута завдяки спільній розробці продуктів, послуг з обслуговування та підтримки, і її постійну надійність слід оцінити. Він напрацював 1,3 мільйона годин і продемонстрував завидну міцність.

## ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 1

У першому розділі для розв'язання поставлених завдань і досягнення мети було проаналізовано системи моніторингу повітряного простору.

У процесі написання розділу досліджено основні теоретичні засади поняття авіаційних подій, наведені приклади використання авіації у нижньому повітряному просторі.

Кожна авіаційна подія із цивільними повітряними суднами України підлягає обов'язковому обліку, а також після закінчення дослідження і аналізу мають бути написані рекомендації про запобігання авіаційних подій.

Облік та аналіз інформації про авіаційної події та результати розслідування дозволить підвищувати ефективність робіт із запобігання кількості авіаційних подій та інцидентів в майбутньому, дозволить розробляти спеціальні методики та стандарти, та є необхідними для підвищення безпеки польотів в цілому, саме тому система моніторингу нижнього повітряного простору повинна допомогти в цьому.

Сьогоднішній повітряний простір, незважаючи на воєнний стан в країні, досить у занедбаному стані. Обсяг перевезень досить малий, наземна інфраструктура розвинена у найбільших містах країни, кількість ПС АЗП, які виробляє Україна обчислюється одиницями. Після перемоги потрібно буде багато чого відбудувати і авіацію це не омине стороною, тому варто замислюватись, що потрібно буде робити після скасування воєнного стану і система моніторингу в цьому може допомогти і полегшити авіаційне життя в майбутньому.



## РОЗДІЛ 2

# СТВОРЕННЯ НАЦІОНАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ АВІАЦІЇ УКРАЇНИ

### 2.1. Аналіз і розробка інформаційної системи

З урахуванням міжнародного досвіду боротьби з тероризмом, експлуатації АЗП, контролю за використанням повітряного простору, повітряне спостереження та моніторингу польотних даних найбільш ефективним засобом вирішення проблеми може стати створення Національної інформаційної системи авіації України – далі НІСАУ.

Створення Національної інформаційної системи авіації України забезпечить ефективний контроль за повітряним простором держави, сприятиме протидії порушенням його використання, незаконному перетинанню державного кордону повітряними суднами АЗП, несанкціонованим польотам в заборонених зонах, зонах з особливим режимом використання повітряного простору, на територіях окремих регіонів та в країні в цілому.

#### ***Мета створення системи:***

- **підвищення рівня безпеки польотів** досягається курсом запровадження всіма суб'єктами авіаційної діяльності системи управління безпекою польотів та покрокового осучаснення інфраструктури авіаційної галузі, пріоритетним при цьому є дійова державна політика щодо запровадження високого рівня безпеки польотів.

- Провести практичні заняття з льотним персоналом за методикою **забезпечення ефективного міжпольотного контролю якості виконання польотних завдань;**

- **удосконалення методики підготовки особового складу і технічних**

Кафедра КІТ (47)				НАУ 23 37 64 000 ПЗ			
Виконав	Ткач О.В.			СТВОРЕННЯ НАЦІОНАЛЬНОЇ СИСТЕМИ АВІАЦІЇ УКРАЇНИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ	Літера	аркуш	аркушів
Керівник	Холявкіна Т.В.					25	24
Консульт.					УС-212 М 122		
Н. контроль	Райчев І.Е.						

- **засобів управління і забезпечення польотів**, а саме відповідно до плану на об'єктивний контроль польотів керівник підрозділу об'єктивного контролю запроваджує попередню підготовку з підлеглим особовим складом;

- **підвищення контролю і прогнозування стану авіаційної техніки**, фактичної міри надійності авіаційної техніки за показниками обліку відмов та несправностей, а також за підсумками діагностування і контролю технічного стану авіаційної техніки.[15]

Повертаючись до військового стану, який зараз запроваджений в країні, створення НІСАУ забезпечить:

- використовувати методи та/або прилади, призначені для прояву необхідної інформації під час заходів з перехоплення та припинення порушень порядку та правил використання повітряного простору України експлуатантами безпілотних повітряних суден, у тому числі перехоплення сигналів дистанційного керування, пошкодження чи руйнування таких суден та/або складових одиниць безпілотних авіаційних систем;

- отримання своєчасної інформації про місцезнаходження повітряних суден, що потерпають лиха, а саме сукупність заходів, направлених на виявлення ПС, які зазнали або зазнають лиха, та надання вчасної допомоги потерпілим внаслідок АП;

- попередження незаконного перетину Держкордону;

- контроль виконання правил польотів авіації загального призначення та безпілотних літальних апаратів в нижньому повітряному просторі України виконуються з дотриманням правил польотів у повітряному просторі України та цих Авіаційних правил. Відповідальність за організацію таких польотів несуть користувачі повітряного простору (керівники авіапідприємств, організацій або власники ПС тощо), що планують або проваджують зазначену діяльність.[16]

- якісний контроль виконання правил використання нижнього повітряного простору України;

- ефективний моніторинг польотних даних, а саме для літаків експлуатант повинен створити і підтримувати систему моніторингу польотних даних, яка

повинна бути інтегрована в систему управління. Система моніторингу польотних даних має бути некаральною та містити гарантії захисту джерел даних.

- гарантовану достовірність проведення розслідувань авіаційних подій з повітряними суднами, а саме інформацію з безпеки польотів, яку ІКАО надає державам, залежна від старання і контролювання призначеної в ІКАО інформації щодо проведення розслідування АП чи інциденту. Державіаадміністрація належить надсилати якомога точну інформацію про всі розслідувані нею події відповідно до Додатка 13 до Конвенції про міжнародну цивільну авіацію. Тільки в цьому випадку ІКАО може надсилати надійну і повну інформацію, необхідну для запобігання АП.

- у Державіаадміністрації відповідальність за виконання комплексу робіт з інформаційного забезпечення виконання польотів авіації загального призначення та безпілотних авіаційних комплексів системи управління безпекою польотів покладається на управління незалежного розслідування авіаційних подій;

- Визначення завдань повітряного спостереження в інтересах споживачів в Україні здійснюється згідно з типовим переліком завдань, що можуть вирішуватися як у повсякденній діяльності структурних підрозділів, так і при проведенні масштабних заходів, або у нештатних ситуаціях.

- своєчасне виявлення безпілотних літальних апаратів;

- об'єднання інформації з усіх джерел та створення єдиного інформаційного простору;

- забезпечення всіх установ та відомств актуальною і достовірною інформацією.

### ***Основні задачі, які вирішуватиме НІСАУ:***

- організація моніторингу рівня безпеки польотів та єдиної системи управління безпекою польотів особливо на нижніх ешелонах повітряного простору легкої (пілотованої та безпілотної) авіації;

- покращення якості розслідування авіаційних подій за рахунок:

- а) активного використання та обробки великих обсягів статистичної інформації та автоматизованого розрахунку параметрів катастроф;

- б) математичного моделювання катастрофічних подій;

в) моделювання сценаріїв для виключення істотних причин та надання рекомендацій щодо уникнення аварій та мінімізації затрат;

- своєчасна, цілеспрямована профілактика та попередження авіаційних подій;
- виконання наукових досліджень на основі накопиченої інформації;
- своєчасне інформування відповідних органів про надзвичайні ситуації;
- забезпечення моніторингу:
  - а) ПС України на території України,
  - б) ПС України за межами території України,
  - в) ПС, які виготовлені в Україні.
- створення інформаційної системи контролю надійності та ресурсу літаків;
- створення електронного документообігу, електронних формулярів;
- створення інтерактивної мережі автоматизованого прийняття рішень при виникненні нестандартних льотних ситуацій;
- забезпечення розвитку Концепції створення «білого ящика»;
- проведення випробувань та налагодження системи високошвидкісної передачі інформації з борту та на борт літака;
- створення інформаційної системи моніторингу технічного стану, реєстрації та контролю льотної придатності ПС;
- створення єдиної системи обліку напрацювань, залишку ресурсів, переміщення та ідентифікації агрегатів і двигунів.

Відповідно до п.20 Угоди про використання повітряного простору [10] доцільно розглянути, як першочерговий захід з посилення контролю за експлуатацією легкомоторних та учбових повітряних суден, питання про оснащення повітряних суден і відповідних наземних центрів моніторингу апаратурою автоматичного залежного спостереження, що дозволяє відстежувати польоти повітряних суден у реальному часі.

**Типові завдання в інтересах Міністерств та різних служб України**

Повітряне спостереження – процес постійного, періодичного або ситуативного отримання за допомогою літальних апаратів інформації щодо стану (радіаційного, хімічного, біологічного, інженерного, гідрометеорологічного, навігаційно-гідрографічного та ін.) місцевості, повітряного та водного простору, наземних і надводних об'єктів, а також про події, що на них відбуваються.

### ***Типові завдання (у мирний час) в інтересах Збройних Сил України:***

Структурні підрозділи Міністерства оборони України та Генерального штабу Збройних Сил України можуть використовувати інформацію, яку отримано при повітряному спостереженні за допомогою ЄСПС, для вирішення таких завдань під час повсякденної діяльності:

- забезпечення безпеки та збереження складів боєприпасів;
- контроль районів бойових стрільб та спостереження за обстановкою на прилеглих до полігонів територіях під час проведення військових навчань;
- виконання завдань пошуково-рятувального забезпечення;
- ведення повітряної розвідки;
- поставлення радіоперешкод;
- спостерігання за надводною обстановкою в інтересах постів берегової системи спостереження ВМС ЗС України;
- пошук використаних повітряних мішеней та практичних торпед і морських мін після виконання бойових вправ підрозділами ППО та кораблями ВМС ЗС України;
- виконання завдань інженерної розвідки;
- забезпечення заходів бойової підготовки (ведення повітряної розвідки та контроль якості маскуванню військ, імітація повітряних цілей);
- контроль висування (повернення) військ (сил) під час створення оперативних, оперативно-тактичних угруповань військ (сил);
- забезпечення інформації про гідрометеорологічну та топогеодезичну обстановку;

- ретрансляція зв'язку та інші завдання.

### ***Типові завдання в інтересах Міністерства внутрішніх справ України:***

Структурні підрозділи Міністерства внутрішніх справ можуть використовувати інформацію, яку отримано при повітряному спостереженні за допомогою ЄСПС, для вирішення таких завдань під час повсякденної діяльності:

- здійснення управління рухом великих груп людей, а також заходів реагування на протиправні дії, зокрема під час перебування у громадських місцях, прямування до місць проведення масових заходів та після їх закінчення;

- направлення мобільних груп із представників правоохоронних органів для швидкого реагування на вчинювані правопорушення та хуліганські прояви;

- оперативне визначення оптимальних шляхів евакуації людей з місць проведення масових заходів;

- визначення потенційних загроз вчинення терористичного акту;

- запобігання проявам расизму та неадекватної поведінки, зокрема з використанням транспарантів;

- забезпечення безпеки в місцях проживання офіційних делегацій, щодо яких здійснюється державна охорона;

- здійснення нагляду за мережами автомобільних доріг, залізничними вокзалами, автовокзалами, автостанціями та аеропортами;

- забезпечення безпеки та охорони дорожнього руху;

- оперативне виявлення “проблемних” ділянок на дорогах та перерозподіл транспортних потоків з метою запобігання заторам;

- забезпечення безпеки осіб з обмеженими фізичними можливостями і створення безперешкодного їх доступу до місць проведення масових заходів та прилеглих до них територій;

- здійснення пошуку викрадених автомобілів, правопорушників та підозрюваних у скоєнні злочинів, а також сприяння пошуково-рятувальним заходам;

- забезпечення ретрансляції транкінгового радіозв'язку для мобільних об'єктів з метою забезпечення оперативного керування силами та засобами міліції під час виконання ними службових завдань;
- розвідувальне забезпечення маршових колон внутрішніх військ;
- забезпечення спостереження за типовими об'єктами охорони внутрішніх військ;
- розвідувальне забезпечення спеціальних операцій за участю внутрішніх військ;
- контроль комунікацій значної протяжності;
- розвідка важкодоступних районів великої площі на предмет виявлення незаконних банд-формувань, їх таборів та баз;
- проведення відео- і фотофіксації місць подій, як допоміжного засобу попередження протиправних дій, а також для створення доказової бази при проведенні слідчих заходів та у судах при розгляді кримінальних справ.

#### ***Типові завдання в інтересах Державної прикордонної служби України:***

Структурні підрозділи Державної прикордонної служби України можуть використовувати інформацію, яку отримано при повітряному спостереженні за допомогою ЄСПС, для вирішення таких завдань під час повсякденної діяльності:

- здійснення охорони Державного кордону та виключної (морської) економічної зони України, як самостійно, так і у взаємодії з наземними (морськими) силами Держприкордонслужби;
- забезпечення дотримання режиму державного кордону та прикордонного режиму;
- здійснення в установленому порядку прикордонного контролю і пропуску через Державний кордон України осіб, транспортних засобів, вантажів та іншого майна, а також виявлення і припинення випадків незаконного їх переміщення;
- проведення заходів реагування на протиправні дії, зокрема під час перетинання державного кордону;

- здійснення заходів щодо попередження незаконної імміграції, контрабанди і терористичних актів;

- ведення розвідувальної, інформаційно-аналітичної та оперативно-розшукової діяльності в інтересах забезпечення захисту державного кордону України згідно із законами України “Про розвідувальні органи України” та “Про оперативно-розшукову діяльність”;

- участь у боротьбі з організованою злочинністю та протидія незаконній міграції на державному кордоні України та в межах контрольованих прикордонних районів;

- координація діяльності військових формувань та відповідних правоохоронних органів, пов’язаної із захистом Державного кордону України, а також діяльності державних органів, що здійснюють різні види контролю при перетинанні державного кордону України або беруть участь у забезпеченні режиму Державного кордону, прикордонного режиму і режиму в пунктах пропуску через державний кордон України.

### ***Типові завдання в інтересах Міністерства охорони здоров'я України:***

Заклади охорони здоров'я єдиної системи екстреної медичної допомоги населенню Міністерства охорони здоров'я України можуть використовувати інформацію, яку отримано при повітряному спостереженні за допомогою ЄСПС для вирішення таких завдань під час повсякденної діяльності та надзвичайних ситуацій:

- підвищення оперативності та своєчасного надання екстреної медичної допомоги по усій території України у випадках тяжких отруєнь та виникнення інших невідкладних станів на до госпітальному та важкому госпітальному етапах як у повсякденних умовах, так і за умов надзвичайних ситуацій;

- організація ефективного інформаційного забезпечення для надання медичної допомоги у розміщенні пунктів і бригад швидкої медичної допомоги для надання, у разі потреби, невідкладної амбулаторної та стаціонарної медичної допомоги учасникам в місцях проведення масових народних, спортивних, фізкультурно-



оздоровчих й інших культурно-масових заходів, а також під час надзвичайних ситуацій;

- інформаційне забезпечення державного санітарно-епідеміологічного нагляду та моніторингу у місцях проведення масових спортивних та фізкультурно-оздоровчих заходів, а також під час надзвичайних ситуацій;

- забезпечення дотримання режиму санітарно-епідеміологічних карантинних заходів як у повсякденних умовах, так і за умов надзвичайних ситуацій;

- здійснення взаємодії закладів охорони здоров'я державної системи екстреної медичної допомоги населенню Міністерства охорони здоров'я України з органами і підрозділами МВС, МНС, СБУ та інших зацікавлених міністерств і служб у місцях проведення масових спортивних та фізкультурно-оздоровчих заходів, а також під час надзвичайних ситуацій.

### ***Типові завдання в інтересах Служби безпеки України:***

Типовим завданням в інтересах Служби безпеки України є добування інформації, що потребується для:

- ведення оперативно-розшукової та контррозвідувальної діяльності, провадження досудового слідства, протидії корупції та організованій злочинності;

- профілактики правопорушень у сфері державної безпеки;

- проведення антитерористичних операцій;

- охорони територій, майна, приміщень і споруд, забезпечення режиму секретності.

### ***Типові завдання в інтересах інших споживачів:***

Інформацію, яку отримано при повітряному спостереженні за допомогою ЄСПС, можна використовувати також для вирішення таких завдань:

- спостереження за акваторією морських портів з метою забезпечення виконання суднами правил екологічної безпеки;

- нагляд за станом залізничних колій та рухом поїздів, особливо літерних і з небезпечними вантажами;

- моніторинг нафтових і газових трубопроводів, ліній електропередач;
- оперативне оцінювання змін метеорологічної обстановки в регіонах;
- ведення геологічної розвідки;
- здійснення цифрового картографування;
- інші завдання.

### **Технічні підсистеми ЄСПС**

Єдина система повітряного спостереження повинна включати в себе наступні технічні підсистеми:

1. Сенсори – цільове спорядження (гіростабілізовані платформи з мультисистемами), яке встановлюється на носії та може виконувати завдання повітряного спостереження за об'єктами (стаціонарними і рухомими) на відстані до 15 км від носія до об'єкта спостереження як удень, так і вночі.

2. Носії – пілотовані та безпілотні літальні апарати, а також прив'язні аеростати (балони), які виконують функцію транспортування сенсорів та забезпечення їх безперервної та якісної роботи на протязі часу та в умовах, що необхідні для виконання завдань повітряного спостереження.

3. Система керування носіями та цільовим спорядженням – сукупність технічних засобів, які можуть здійснювати управління носіями, сенсорами, що встановлені на носіях, а також приймання інформації (синхронізованих відеосигналу, звуку, телеметрії) з носіїв в зоні прямого бачення на відстані до 200 км закритим каналом, або на необмежені відстані через супутниковий зв'язок.

4. Система передачі та ретрансляції даних – сукупність розташованих на землі активних (можуть брати на себе управління БпАК та сенсорами) та пасивних (не можуть брати на себе управління БпАК та сенсорами), як стаціонарних так і мобільних та персональних пунктів з відповідним обладнанням, необхідним для забезпечення передачі інформації (синхронізованих відеосигналу, звуку, телеметрії)

в режимі реального часу за допомогою закритого каналу (на відстань до 400 км), кабельної мережі (відстані обмежені зоною прокладання кабелю), мобільної мережі (відстані обмежені зоною покриття), супутникового зв'язку (відстані необмежені).

5. Інформаційна мережа – сукупність технічних засобів, що об'єднує зацікавлених користувачів інформації в єдину інформаційну систему, дозволяє отримувати інформацію в режимі реального часу всім учасникам мережі.[17]

Відеоінформація передаватиметься в ЄСПС за такою типовою схемою (Рис.2.1) :

Носії → активні та пасивні, стаціонарні, мобільні та персональні пункти → міські (регіональні) пункти → центральний пункт в м. Київ → керівництво структурних підрозділів виконавчих органів влади.



Рис.2.1. Схема передавання інформації в ЄСПС

Завдання на виконання повітряного спостереження, їх уточнення або зміни, видаються за цією схемою у зворотному напрямі через активні наземні пункти.

Передавання інформації з носія на наземні пункти в режимі реального часу може здійснюватись закритим каналом на відстані до 200 км у зоні прямого бачення, а за допомогою ретрансляції до 400 км. У разі необхідності регіональні та центральний пункт можуть бути об'єднані між собою в мережу за допомогою кабелів або розташування стаціонарних чи мобільних станцій ретрансляції. За потреби може використовуватись супутниковий або мобільний зв'язок, який дозволить передавати інформацію безпосередньо з носіїв на велику кількість користувачів.

## **2.2. Основні складові НІСАУ**

Розглянемо основні складові НІСАУ:

**1.** Забезпечується автоматизація неперервного дистанційного контролю інженерних, загальнонаціональних мереж контролю повітряного простору за низько літаючими та малорозмірними цілями у реальному часі (рис.2.2.), систем життєзабезпечення функціонування віддалених об'єктів, завчасне прогнозування несправності для застереження авіа подій. Крім того, система забезпечує відеоспостереження за кожним об'єктом завдяки сучасному штучному інтелекту спостереження. Вся здобута інформація від дистанційних об'єктів знаходиться в центрі обробки даних, який розташований в центрі керування повітряним рухом.

Розглянемо затрати на встановлення обладнання для загальнонаціональної мережі контролю:

- Мінімальна вартість;
- Висока вандалостійкість;
- Низька вартість обладнання;
- Невисокі працезатрати;
- Мінімальні експлуатаційні витрати;

- Максимальна інформаційна ємність.

### Загальнонаціональна мережа контролю повітряного простору за низько літаючими та малорозмірними цілями

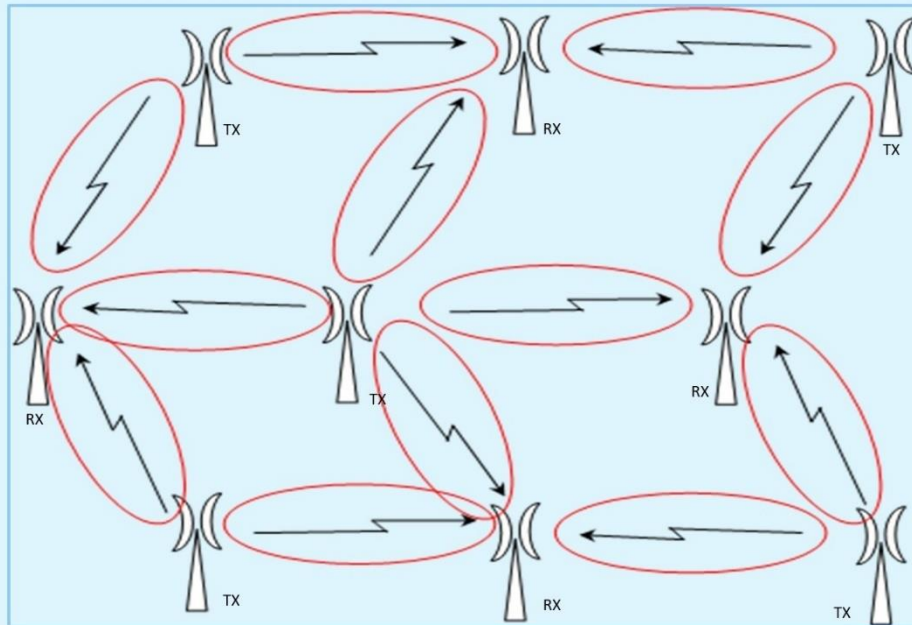


Рис.2.2. Передача (TX) та прийом (RX) інформації

Канал передачі даних визначається наявністю мінімум двох каналів зв'язку, що забезпечують передачу сигналу у взаємопротилежних напрямках. Один з каналів зв'язку в такому випадку об'єднує порти Tx (T = англ. Transmitter - «джерело») і Rx (R = англ. Receiver - одержувач), а інший канал об'єднує порти Rx (джерела) і Tx (отримувача).[18]

Залежно від середовища поширення сигналу для організації кожного з каналів можуть використовувати як одна, і кілька фізичних ліній зв'язку. Зокрема, для звичайного випадку організації дуплексного каналу передачі даних використання оптичних ліній зв'язку необхідно використання двох оптичних волокон, кожне з яких є лінією зв'язку, часто зі складу структурованої кабельної системи (СКС).

Для випадку організації каналу передачі даних з використання кабелю кручений пари, необхідно використання всього одного кабелю, пари мідних жил якого є лініями зв'язку каналів зв'язку у складі каналу передачі.

2. Розглянуті питання утворення центру моніторингу для автоматичного прийому обробки радіолокаційної інформації від джерел інформації та виконання інших функцій інформації в системах радіобачення авіаційно-наземного базування з відносною обширною конфігурацією при дистанційному зондуванні радіопомітних об'єктів та об'єктів моніторингу з радіопоглинаючою площиною. В модулі обробки РЛІ закодована інформація і команди керування, які надходять по каналах зв'язку, повинні бути ототоженені за напрямками приходу і часом надходження.

Радіолокаційне поле на основі застосування 3D комплексів (наприклад: радіолокаційна станція метрового діапазону типу П-18 і радіовисотомір типу ПРВ-16).

Розглянемо альтернативну комунікаційну систему, яка забезпечує швидкісний, безперебійний, цифровий канал зв'язку по всій території країни.

Рис.2.3.

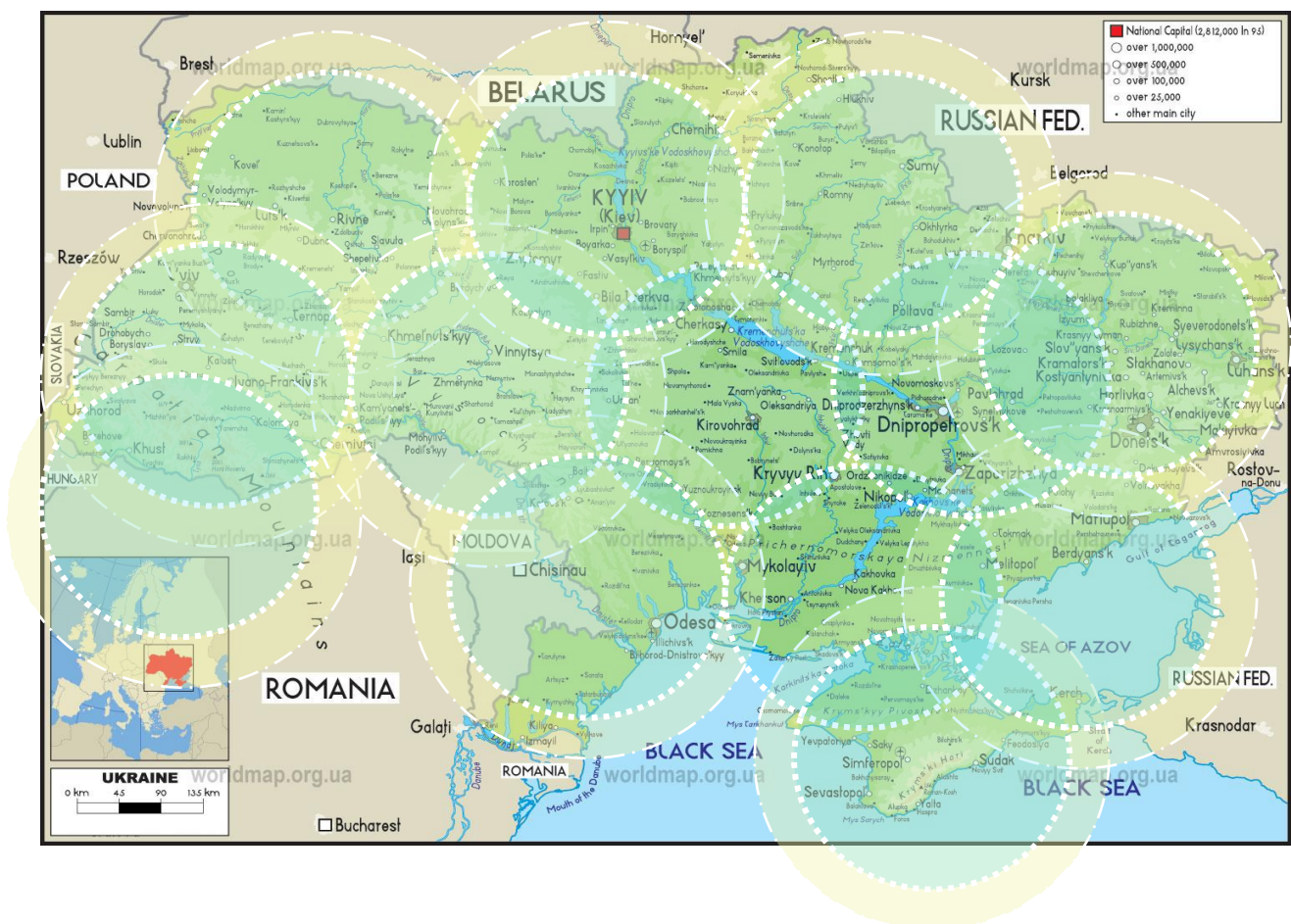


Рис.2.3. Цифровий канал зв'язку

Для прийому-передачі зв'язку потрібні потужні РЛС. РЛС — це радіолокаційна система, яка використовує радіохвилі для визначення відстані (дальності), кута (азимут) і радіальної швидкості об'єктів відносно місця. Він використовується для виявлення та відстеження літаків, кораблів, космічних кораблів, керованих ракет і автомобілів, а також для картографування погодних утворень і рельєфу. Радарна система складається з передавача, що створює електромагнітні хвилі в мікро або радіо-хвильові області, передавальної антени, приймальної антени (часто одна антена використовується для передачі та прийому), а також приймача та процесора для визначення властивостей об'єктів. Радіохвилі (імпульсні або безперервні) від передавача відбиваються від об'єктів і повертаються до приймача, надаючи інформацію про розташування та швидкість об'єктів.

Нижче наведені виробники РЛС в Україні:

- НПП «Аеротехніка- МЛТ»
- КП ПК «Іскра» [19]
- АТ АТХК Укрспецтехніка
- ВАТ «Київський завод Радар»
- ВАТ «Зміна»

Аналізуючи описаний у спосіб, можна дійти висновку у тому, що технологія нової структурної схеми РЛС повинна ґрунтуватися на класичних принципах побудови імпульсно-доплерівських РЛС, або РЛС з квазінеперервним випромінюванням, в яких використовуються високі частоти повторення зондуючих сигналів (до сотень кілогерц). Даний висновок підтверджується перевагами вказаного типу РЛС, які можуть бути використані для рішення поставленого завдання. До них відносяться:

- можливість селекції рухомих цілей на основі використання ефекту Доплера (звідси та назва даного типу РЛС); [20].
- можливість застосування однієї антени для передачі і прийому сигналів;
- можливість підвищення енергії сигналу для забезпечення великих дальностей дії РЛС за рахунок застосування когерентних зондуючих імпульсів.

Для огляду всієї зони виявлення антена повинна змінювати кутове положення по азимуту в діапазоні від 0 до 360 °. Спосіб передбачає відсутність амплітудної модуляції сигналів з характеристикою спрямованості антени при її обертанні. Для реалізації способу швидкість обертання антени дозволяє знехтувати вказаною амплітудною модуляцією. З антеною механічно пов'язаний датчик кутового положення антени, призначений для формування сигналів, перетворюваних далі в спеціальний код, несе в собі інформацію про кутове положення антени в момент випромінювання.

Слід зазначити, що описаний процес прийому та обробки відбитих сигналів відноситься лише до одного з азимутальних положень антени під час огляду. Даний процес обертання антени по азимуту є безперервним, що забезпечує повний огляд зони виявлення РЛС. Рішення про належність повітряних об'єктів певному азимутальному каналу виробляється цифровою обчислювальною машиною на підставі сигналу, що формується датчиком кутового положення антени і несе в собі інформацію про положення нормалі-антени в момент випромінювання.

Розглянемо структуру центру моніторингу.



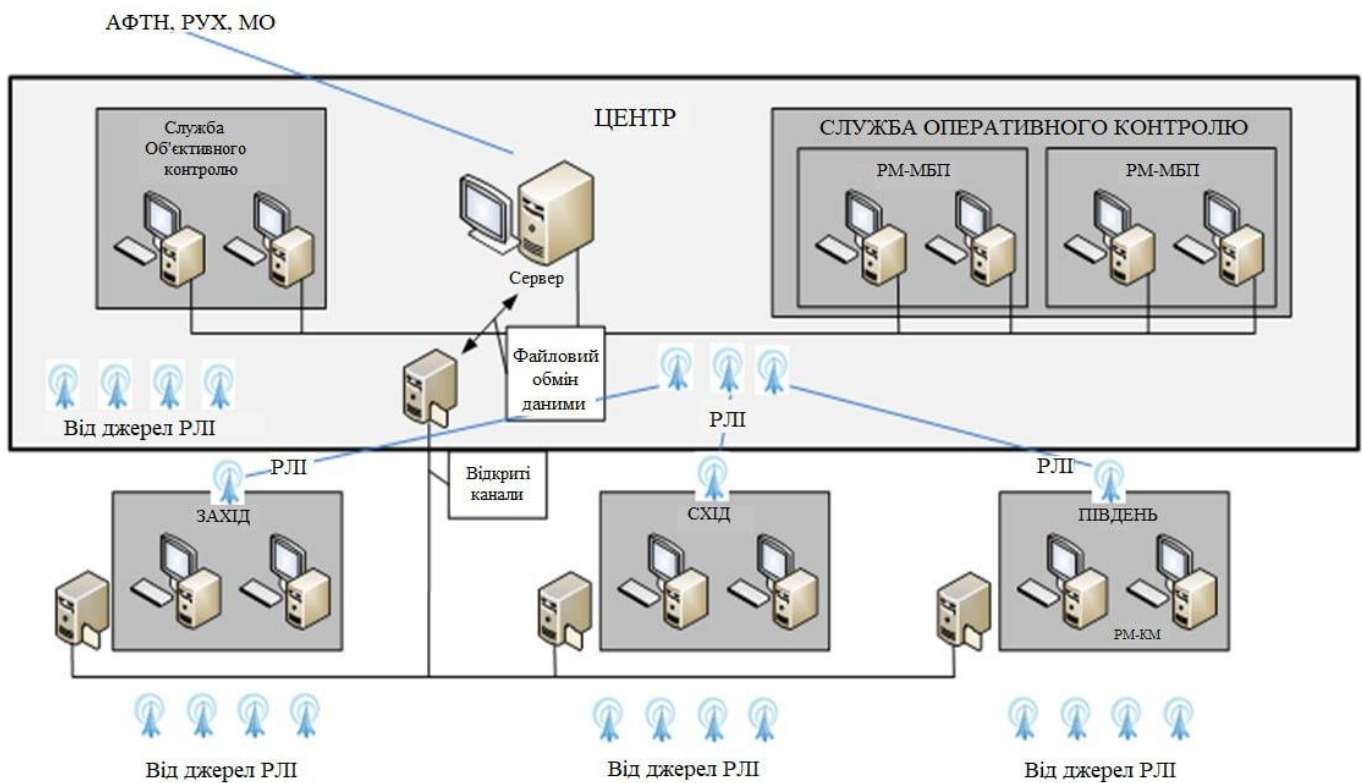


Рис.2.4. Структура центру моніторингу

Центр моніторингу нижнього повітряного простору призначено для:

- селективного (по висоті) відображення повітряних суден та інших літальних апаратів в діапазоні висот від 50 до 20000 метрів;
- оперативного (в реальному часі) виявлення передумов і фактів порушення порядку використання повітряного простору країни;
- відео контролю оптичними засобами окремих напрямків для стеження за малорозмірними або прецизійними літальними засобами;
- застосування процедур автоматичної оцінки порушень правил польотів і ешелонування;
- застосування автоматизованих процедур розслідування авіаційних подій, серйозних інцидентів, подій на території України;

Елементи системи контролю нижнього повітряного простору всієї території України та інформаційної підтримки:

- Базові станції інформаційної системи - 550 станцій;

- Базові станції автоматичного залежного спостереження – 13 станцій;
- РЛС контролю нижнього повітряного простору;
- Центри моніторингу + 24 регіональних центрів;
- Бортове обладнання інформаційної системи (набувається експлуатантом).

### ***Базові станції інформаційної системи***

Базова станція (БС) - комплекс радіопередавального обладнання (прийомо-передавачі, ретранслятори), яке здійснює зв'язок із кінцевим пристроєм абонента. Одна БС стандарту підтримує до дванадцяти передавачів, а сам передавач здатний підтримувати зв'язок одночасно з вісьма абонентами. Комплекс базових станцій розташованих поруч утворює стільники (комірку) . Базова станція з'єднана з комутатором стільникових мереж через контролер БС. Комутатор та контролер встановлюються в одному місці та з'єднуються однією прямою оптичною лінією. Підключення БС до контролера здійснюється за допомогою транспортних мереж, які будуються на базі волоконно-оптичних та мідних ліній. У багатьох країнах БС маскують під дерева, це дозволяє прикрасити металеві конструкції вишок.

Базові станції також використовуються в радіозв'язку, забезпечуючи між мобільними об'єктами зв'язок. Хорошим прикладом є австралійська мережа БС цивільного діапазону UHF СВ. Вона складається з численних ретрансляторів та базових станцій, що працюють на різних каналах, забезпечуючи виклик дорожніх та рятувальних служб. Зазвичай встановлюють одноканальні базові станції. У системі з радіообміном низькою інтенсивністю застосовують багатоканальну базову станцію, а в системі з високою інтенсивністю радіообміну для використання додаткового каналу встановлюють одноканальну радіостанцію для кожного каналу. На диспетчерському пульті базова станція буде, відображається як окремий канал.

Базові станції бувають з дистанційним та місцевим управлінням. Місьцеве управління забезпечується локально за допомогою органу управління обладнання, яке встановлюється на базовій станції. При дистанційному управлінні використовуються орган управління на диспетчерський пульт. Контролер базової

станції керує передачею та прийомом даних, регулює доступ до мережі стільникового зв'язку і забезпечує безпеку інформації, що передається. Він також може включати функції моніторингу та управління продуктивністю мережі.

### ***Базові станції автоматичного залежного спостереження***

Автоматичне залежне спостереження (automatic dependent surveillance) - засіб моніторингу, згідно з яким повітряному судну машинально присвоює ланцюг передавання даних інформацією, отриману від бортових навігаційних систем і систем ідентифікації місцезнаходження, у тому числі пізнавальний індекс ПС, дані про його місцезнаходження у чотирьох параметрах і, за необхідності, додаткові дані. Цю інформацію можуть отримувати як наземні станції, в тому числі і органи УПР, так і інші ПС, що дає змогу екіпажам бути більш мобільно обізнаними та само ешелонуватись.

Автоматичне залежне спостереження – це технологія, яка за останні роки здійснила переворот в авіаційній промисловості. Це система спостереження, яка допускає наземним станціям та іншим літальним апаратам моніторити літаки, надсилаючи інформацію в реальному часі про їхнє розташування, швидкість, висоту, та інші важливі дані. Ця технологія є дедалі важливіше, оскільки світова авіаційна промисловість підтримує розвиток, коли все більше літаків злітають в небо, а управління повітряним рухом дедалі складнішим. Звичні нам радіолокаційні системи управління повітряним рухом мають лімітовані покриття, точності та частоти оновлення. Це особливо важливо в завантаженому повітряному просторі та під час складних метеоумов, коли видимість зменшена.

### ***Бортові обладнання інформаційних систем ПС***

У висновку проведеного дослідження систем та обладнання повітряних суден до бортового обладнання інформаційних систем належать наступні:

- 1) Обчислювальні системи літако керування (Flight Management System, FMS).[21]
- 2) Автоматичні бортові системи керування.

3) Система повітряних сигналів, яка обчислює температуру повітря, кути ковзання і атаки, ковзання, висотно-швидкісні параметри, тощо.

4) Системи зв'язку, а саме бортові радіостанції, в тому числі обладнання для передачі даних CPDLC(цифрова система на передачу біт) та ACARS(аналогова система на передачу цифро буквеної інформації).

5) Системи відтворення інформації.

б) Системи спостереження та попередження зіткнень:

– бортові системи попередження зіткнень (ACAS/TCAS);[22]

– бортові метеорологічні навігаційні радіолокатори;

– системи раннього попередження небезпечних зближень із землею(Ground);

– транспондери.

7) Навігаційні системи:

– автоматичні радіокомпаси (АРК);[23]

– супутникові навігаційні системи (СНС);[24]

– доплерівський вимірювач швидкості та кута зносу;

– бортове обладнання системи VOR;[25]

– інерціальні навігаційні системи (ІНС);[26]

– бортові далекоміри;

– бортове обладнання системи ILS;[27]

– радіовисотоміри (РВ).[28]

## **2.3. Формування основних вимог.**

### **2.3.1.Очікувані результати і ризики системи моніторингу**

Основними характерними вимогами до технічних засобів, які будуть здійснювати спостереження є:

•мобільність носіїв;

•можливість за допомогою сенсорів виявляти об'єкти в будь-який час доби в простих метеоумовах;

- точність визначення координат об'єктів спостереження;
- стійкість передачі даних в реальному масштабі часу на значні відстані (понад 200 км);
- взаємосумісність форматів приймання, передавання та оброблення інформації з відповідними форматами систем космічного спостереження;
- автоматизація процесів, що не потребуватиме спеціальних (льотних) навичок операторів: зльоту і посадки БпЛА, польоту за заданим маршрутом, повернення у визначений район при втраті зв'язку та ін.;
- висока надійність носіїв, в тому числі БпЛА;
- зручність інтерфейсів “людина-машина”, простота в обслуговуванні.
- Окрім цільового спорядження для ведення спостереження, носії можуть мати на борту обладнання для вирішення допоміжних завдань:
  - ретранслятори радіозв'язку і каналів передавання даних;
  - засобів психологічної дії на правопорушників (гучномовці, акустичні пристрої дисонуючого звуку, прожектори, світлові пристрої з високочастотним миготінням).

Повинно бути передбачене розширення можливостей системи моніторингу за рахунок залучення технічних засобів спостереження, встановлених на наземних висотних об'єктах (теле- і радіовежі, будівлі та ін.), використання інформації, отриманої під час спостережних польотів.

### ***Ризики при закупівлі БпАК іноземного виробництва***

Ризики при закупівлі БпАК іноземного виробництва полягають у тому, що це може призвести до залежності від інших держав у питаннях супроводження експлуатації цієї техніки, а саме: виконання усіх видів ремонту, забезпечення запасними частинами, проведення модернізації та ін.

Суттєвим недоліком застосування в БпАК іноземного виробництва є приховані можливості щодо примусового зовнішнього втручання у функціонування тих чи інших елементів безпілотних комплексів під час виконання завдань за

призначенням, у тому числі антитерористичних операцій, а також – перехвату розвідувальної відеоінформації сторонніми об'єктами в інтересах інших користувачів.

Слід відмітити, що такий варіант забезпечення може призвести до певного гальмування розвитку оборонно-промислового комплексу держави і до науково-технічного, технологічного та інформаційного відставання у галузі безпілотних авіаційних комплексів.

### ***Ризики при виконанні дослідно-конструкторських робіт***

Основними ризиками при виконанні дослідно-конструкторських робіт (ДКР) з розробки БпАК як вітчизняними підприємствами, так і у спільних з іноземними компаніями розробках, можуть бути такі:

- незабезпечення заданих технічних вимог (незадовільний результат виконання ДКР) при витрачених фінансових ресурсах;
- недотримання термінів завершення ДКР внаслідок можливого обмеження фінансування;
- зростання у ході виконання ДКР її потрібного фінансування внаслідок підвищення цін на роботи, матеріали та складові частини БпАК.

### ***Фактори, що потребують врахування для мінімізації ризиків***

Основними факторами, що потребують ретельного вивчення для мінімізації ризиків і правильного вибору варіанта забезпечення безпілотними авіаційними комплексами є такі:

- ступінь актуальності і терміновості постачання відповідних типів БпАК;
- кількість БпАК конкретного типу, яка потрібна для спостереження;
- стан фінансового забезпечення відомств, зацікавлених у створенні системи моніторингу;
- можливості вітчизняного науково-виробничого комплексу в галузі виробництва безпілотної авіаційної техніки;
- ступінь відповідності запропонованих БпАК висунутим технічним вимогам;

- ступінь загальної технічної досконалості БпАК та перспективи їх удосконалення і модернізації;

- вартість технічної експлуатації БпАК;

- встановлені призначені ресурси та строки служби конкретних зразків БпАК, а також інші фактори.

Очікувані результати реалізації положень надасть можливість:

- створення Єдиної системи повітряного спостереження для забезпечення національних інтересів України;

- підвищення ефективності оперативного керування силами та засобами різних відомств під час виконання ними службових завдань;

- збереження життів людей у складних і небезпечних умовах виконання завдань за призначенням, а також при екологічних і технологічних катастрофах;

- економію бюджетних коштів за рахунок об'єднання зусиль різних міністерств та відомств;

- залучення в Україну та впровадження на вітчизняних підприємствах інноваційних технологій в галузі авіаційної техніки, засобів зв'язку та програмних продуктів;

- створення вітчизняної науково-дослідної та промислово-виробничої бази у сфері такої перспективної високотехнологічної авіаційної техніки як безпілотні авіаційні комплекси.

## ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 2

У другому розділі для розв'язання поставлених завдань і досягнення мети було проаналізовано аналіз і розробку інформаційної системи моніторингу нижнього повітряного простору.

У процесі написання розділу досліджено основні задачі інформаційної системи авіації, визначено типові завдання в інтересах Міністерств та служб України, проаналізовано технічні підсистеми ЄСПС, наведені приклади передавання інформації в ЄСПС.

Були розглянуті основні складові інформаційної системи, яка забезпечується автоматизацією неперервного дистанційного контролю повітряного простору за низько літаючими та малорозмірними цілями у реальному часі. Вся здобута інформація від дистанційних об'єктів знаходиться в центрі обробки даних, який розташований в центрі керування повітряним рухом.

Також, були досліджені затрати на встановлення обладнання для загальнонаціональної мережі контролю та досліджено як і по яким каналам буде здійснюватись передача даних. Розглянуті питання утворення центру моніторингу для автоматичного прийому та обробки радіолокаційної інформації від джерел для прийому-передачі. Проаналізовано структуру центру моніторингу та елементи системи контролю нижнього повітряного простору всієї території України.

Наведені приклади базових станцій інформаційної системи, станцій автоматичного залежного спостереження та проведено дослідження бортового обладнання інформаційних систем повітряних суден. Основні вимоги, очікувані результати і ризики системи моніторингу наведені в останньому пункті другого розділу.

На сьогоднішній день в країні діє воєнний стан, і якщо ця інформаційна система допоможе, то варто замислитись над її реалізацією тут і зараз. Після закінчення воєнного стану ця система моніторингу буде в нагоді і можливо в майбутньому забезпечить вторгнення ворогів на територію України.



## РОЗДІЛ 3

### РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ

#### 3.1. Реалізація системи моніторингу за допомогою радіолокаційних станцій та радіолокаційних рівнянь

Радарне рівняння представляє фізичні зв'язки від потужності передачі до розповсюдження хвилі, включаючи відбиття та зворотний шлях до прийому.

Потужність визначається як енергія на одиницю часу. Якщо припустити, що тривалість переданого сигналу не відрізняється або несуттєво відрізняється від тривалості відбитого та прийнятого сигналу, тоді відношення переданої енергії до прийнятої енергії можна замінити відношенням переданої потужності до прийнятої потужності як одиниця часу скорочується математично. Потужність легше виміряти, ніж енергію в радарі, тому перевага віддається коефіцієнту потужності.

Спочатку ми припустимо, що електромагнітні хвилі можуть поширюватися в ідеальних умовах, тобто без перешкод. Далі ми розглянемо, що відбувається з потужністю передачі, коли вона випромінюється у вільний простір.

Перш ніж розглядати спрямованість і посилення антени, припустимо, що передавач випромінює ізотропно, тобто рівномірно в кожному напрямку, не віддаючи переваги жодному з напрямків. Таким чином, потужність передачі розподіляється сферично навколо передавача. Оскільки електромагнітні хвилі поширюються приблизно зі швидкістю світла, сферична поверхня стає все більшою і більшою. Щільність потужності на одиницю площі на цій сферичній поверхні є результатом співвідношення невеликої одиниці площі до загальної площі поверхні сфери, помноженого на потужність передачі. Зараз потужність передачі все ще ненаправлена, отже символ  $S_u$ . Вираз у знаменнику — поверхня сфери, де  $R$  це радіус сфери - це також попередня відстань (дальність) від малої одиниці площі, яка

Кафедра КІТ (47)				НАУ 23 37 64 000 ПЗ			
Виконав	Ткач О.В.			РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ	Літера	аркуш	аркушів
Керівник	Холявкіна Т.В.					49	19
Консульт.					УС-212 М 122		
Н. контроль	Райчев І.Е.						

пізніше буде замінена відбиваючим об'єктом. Індекс **R1** це поки що лише зовнішній шлях. Зазвичай для щільності потужності одиницею вимірювання є ват на квадратний метр, що є результатом поділення потужності передачі на площу (квадрат відстані).

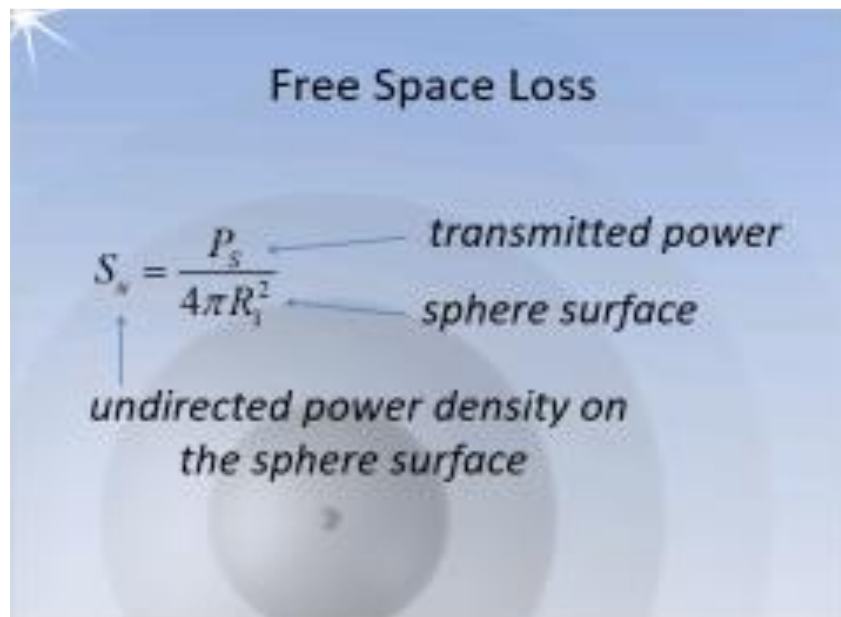


Рис.3.1. Втрати вільного простору

Другий аспект втрати вільного простору полягає в тому, що розглянуту ділянку поверхні кулі не можна зробити довільно малим. Приймальна антена завжди має ефективну площу - апертуру. Найменша можлива апертура приймальної антени залежить від довжини хвилі, що передається (ширина і висота), тобто  $\lambda^2$ .

Максимальна кількість таких квадратів на сферичній поверхні залежить від їх розміру відносно сферичної поверхні, тобто  $\lambda^2$  ділиться на  $4\pi$ . (Радіус все одно є одиничним колом із радіусом  $r=1$ ). Таким чином, втрати вільного простору стають частотно-залежними. Ми вже бачили ненаправлену щільність потужності  $S_u$  як передана потужність, розподілена на поверхні сфери, і ми використовуємо цей вираз.

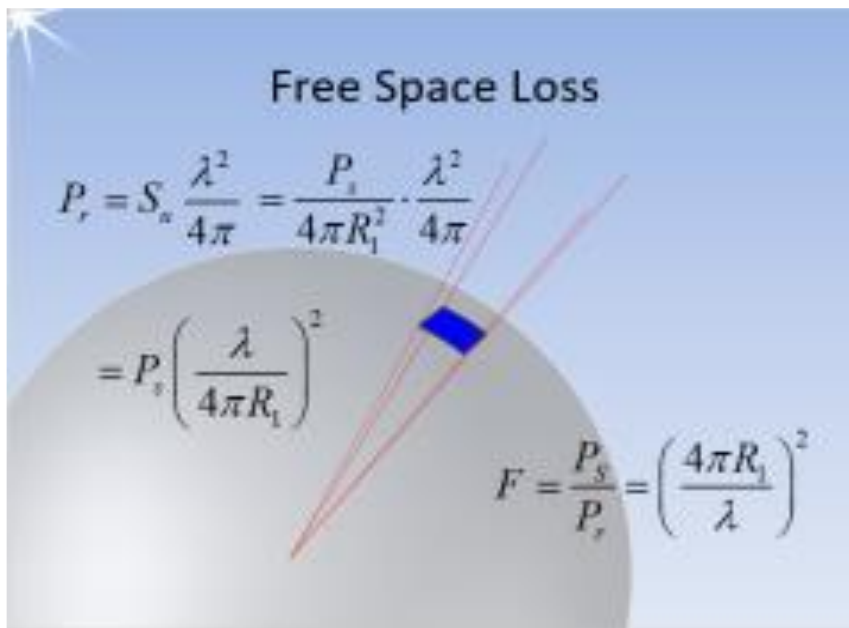


Рис.3.2. Втрати вільного простору

Підсумовуємо величини, які підлягають зведенню в квадрат. Однак до цього моменту потужність передачі множиться на коефіцієнт підсилення, набагато менший за 1. Втрата вільного простору  $F$  зворотна величина цього посилення, відношення потужності передачі до потужності прийому. Таким чином, втрата вільного простору є просто безрозмірним числом.

Повернемося до щільності потужності. Тепер ми використовуємо радарну антену з сильною спрямованістю. У порівнянні з ізотропним випромінювачем ця антена має посилення антени  $G$ . Неспрямована щільність потужності тепер стає спрямованою щільністю потужності  $Sg$ . Таким чином, спрямована щільність потужності, збільшена на коефіцієнт підсилення антени, надходить на об'єкт відображення.

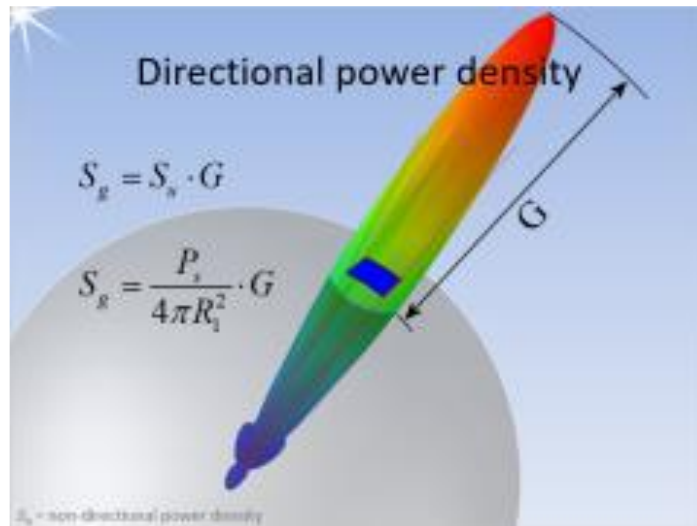


Рис.3.3. Спрямована потужність

Ми вже дізналися про ненаправлену потужність як відношення переданої потужності до поверхні сфери і можемо замінити цей термін. Тепер це залежить від того, наскільки велика ефективна площа відбиття цього об'єкта, тобто яка частина цієї щільності потужності розсіюється назад. Ця ефективна площа відбиття (яка також називається радіолокаційним поперечним перерізом, RCS) може приймати дуже різні значення (від кількох сотень квадратних метрів до часток квадратних сантиметрів).

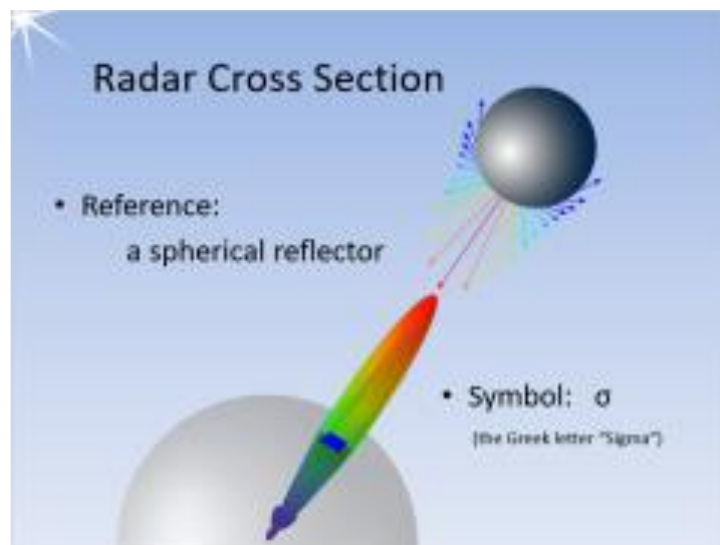


Рис.3.4. Радіолокаційний поперечний переріз

Сферичний відбивач використовується як стандарт, який, у свою чергу, викликає ізотропне, тобто однаково сильне відбиття, незалежно від напрямку, з якого він освітлений. Видима площа має становити  $1 \text{ м}^2$  з усіх боків, тому діаметр кулі має бути приблизно 1,3 м. Відбита потужність  $P_r$  тепер залежить від щільності потужності  $S_g$  існуючі в місці відбиття, і розмір відбивача, тобто його радіолокаційний поперечний переріз (сигма).

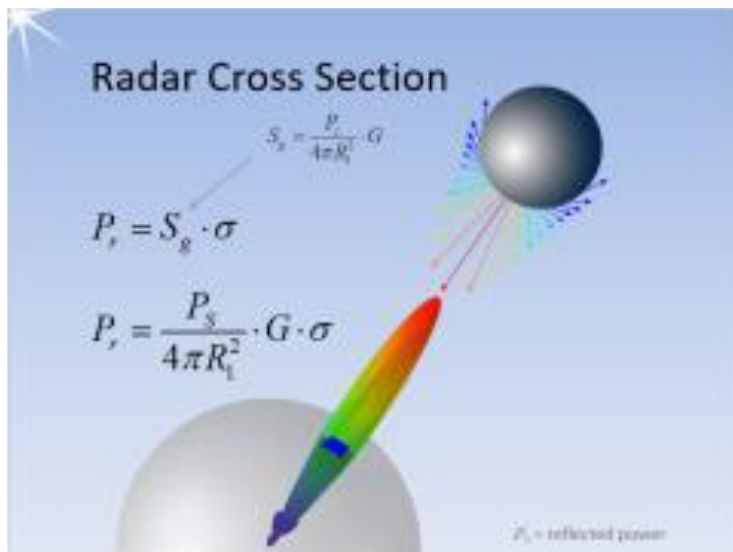


Рис.3.5. Радіолокаційний поперечний переріз

Невелика часткова площа на поверхні сфери, яка розглядалася досі, тепер має змінний розмір і помножена на щільність потужності в цьому місці. Таким чином, одиниця вимірювання квадратний метр знову скорочується і створюється змінна потужності - відбита потужність  $P_r$  у ватах. Спрощено, відбиваючий об'єкт знову може вважатися випромінювачем на основі відбитої потужності. Тоді відбита потужність стає потужністю випромінювання (від рефлектора).

На зворотному шляху сигналу переважають ті ж умови, що і на зовнішньому шляху. Крім того, щільність потужності на антені радара  $S_e$  є лише частковою площею поверхні сфери з радіусом  $R_2$  (зворотного шляху).

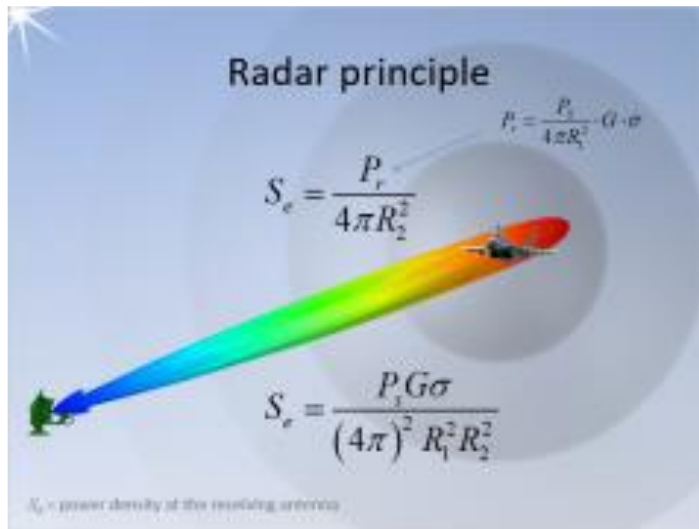


Рис.3.6. Джерело радіолокації

На попередніх малюнках ми визначили, наскільки велика відбита потужність відносно переданої потужності, і ми можемо вживати цей термін в подальшому.

Приймальна антена радара розташована в середовищі цієї щільності потужності. Ця антена також має ефективну площу антени, яка утворена геометричною областю  $A$  помножити на коефіцієнт узгодження  $K_a$  містить ефективність. Разом з щільністю потужності  $S_e$  застосовується в цьому місці, це дає отриману потужність антени  $P_e$ . Замінюємо змінну  $S_e$  з уже отриманим виразом.

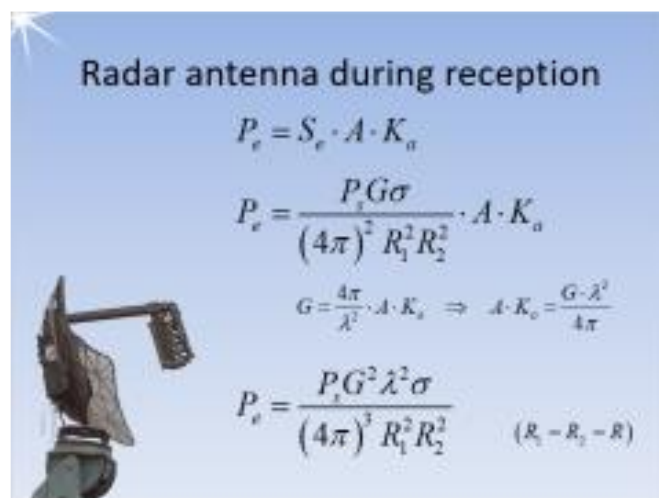
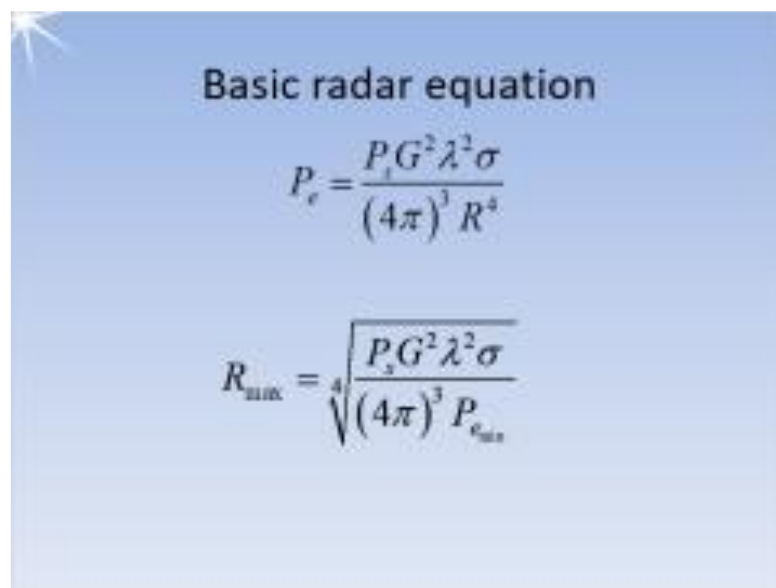


Рис.3.7. Радіолокаційна антена під час прийому

Однак ефективна площа антени є досить громіздкою величиною. Це значення також з'являється в іншому рівнянні, яке виникає під час визначення коефіцієнта посилення антени.

Якщо це рівняння переставити на  $A \cdot Ka$ , ми можемо замінити цей термін. В результаті  $4\pi$  тепер з'являється в третьому степені, і довжина хвилі лямбда з'являється в рівнянні. Коефіцієнт посилення антени  $G$  тепер підноситься до квадрата, це також логічно, тому що це посилення діє як на передачу, так і на прийом.

Для моностатичного радара використовують однакові антени для передачі та прийому, зовнішній шлях  $R1$  дорівнює зворотному шляху  $R2$  і може бути узагальнено як  $R^4$ .

A blue rectangular box containing the text "Basic radar equation" and two mathematical formulas. The first formula is  $P_r = \frac{P_t G^2 \lambda^2 \sigma}{(4\pi)^3 R^4}$ . The second formula is  $R_{max} = \sqrt[4]{\frac{P_t G^2 \lambda^2 \sigma}{(4\pi)^3 P_{min}}}$ .

Basic radar equation

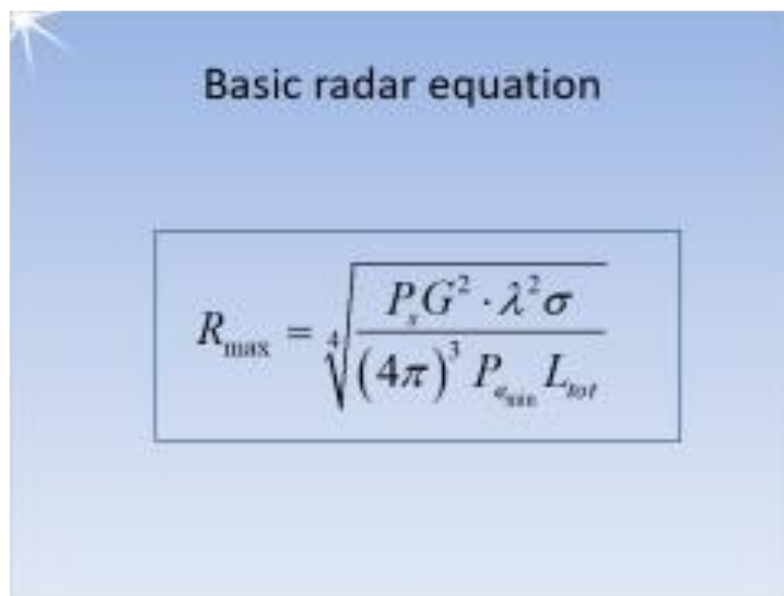
$$P_r = \frac{P_t G^2 \lambda^2 \sigma}{(4\pi)^3 R^4}$$
$$R_{max} = \sqrt[4]{\frac{P_t G^2 \lambda^2 \sigma}{(4\pi)^3 P_{min}}}$$

Рис.3.8. Базове радіолокаційне рівняння

Ми можемо змінити це рівняння на першому кроці відповідно до відстані. Це створює добре відоме рівняння з довгою лінією під четвертим коренем.

На другому кроці ми припускаємо, що отримана потужність повинна дорівнювати мінімально можливій отриманій потужності. Це дає нам рівняння, яке визначає теоретичну максимально можливу дальність радара. Однак поки що ми

припускали ідеальні умови без внутрішніх або зовнішніх додаткових втрат, таких як загасання на подачі лініях, у разі втрат на узгодження антени або перетворення провідних хвиль у просторові хвилі, а також під час поширення електромагнітних хвиль. Усі ці втрати можна підсумувати до коефіцієнта втрат  $L_{tot}$ . Таким чином, основне радіолокаційне рівняння повністю виведено.

A blue rectangular box with a white border containing the text "Basic radar equation" at the top and a mathematical formula in the center. The formula is 
$$R_{max} = \sqrt[4]{\frac{P_s G^2 \cdot \lambda^2 \sigma}{(4\pi)^3 P_{min} L_{tot}}}$$

Basic radar equation

Рис.3.9. Базове радіолокаційне рівняння

Це рівняння не залежить від типу модуляції і є універсальним для кожного розвідувального радара. Однак різні радари мають різні величини втрат. За деяких обставин це може навіть стати посиленням, що використовує стиснення імпульсу, де тривалість переданого сигналу та тривалість стисненого ехо-сигналу просто не однакові. Подібним чином можна використовувати імпульсну інтеграцію, тобто покращення співвідношення сигнал/шум протягом декількох періодів імпульсу, тому що шум рідко синхронний з ехо-сигналом, і тому сума напруг не посилює шум до такої ж міри. Однак більші відмінності у застосуванні цього рівняння виникають у випадку метеорологічного радара, де розташовані об'ємні цілі, а не точкові. У цьому випадку розмір ефективною площі відбиття  $\sigma$  також залежить від відстані, що змінює структуру всього рівняння.



Що можна зробити з цим основним радіолокаційним рівнянням? На певні параметри користувач радару може впливати лише незначно або взагалі не впливати, тому їх надає виробник. Це, наприклад, розмір антени, а отже, коефіцієнт підсилення антени та використовувана довжина хвилі. Крім того, на потужність передачі та чутливість приймача часто можна вплинути лише незначною мірою. Однак втрати в живильних лініях можна мінімізувати за допомогою якісного обслуговування. Величина радіолокаційного перерізу дуже мінлива. Це причина, чому цілі з дуже малим радіолокаційним перерізом дуже важко виявити. Радіус дії радару дуже обмежений, незважаючи на хорошу концепцію конструкції та хороші умови обслуговування. З цього базового радіолокаційного рівняння можна вивести вже важливі властивості радару. Якщо, наприклад, зменшити довжину хвилі радару, тобто збільшити частоту передачі, то радіус дії зменшиться. Тому радіолокаційні пристрої з великою дальністю дії ППО зазвичай працюють з нижчою частотою передачі.

Ідеальним був би радар у діапазоні від УКХ до ДМХ [29], оскільки електромагнітні хвилі все ще поширюються досить прямолінійно. Але геометричний розмір антени також прихований у підсиленні антени. Подивіться знову рівняння з підсиленням антени - для бажаного (постійного) підсилення антени розмір антени пропорційний довжині хвилі. Це означає, що якщо посилення антени однакове, необхідне геометричне розширення антени також буде більшим із більшою довжиною хвилі.

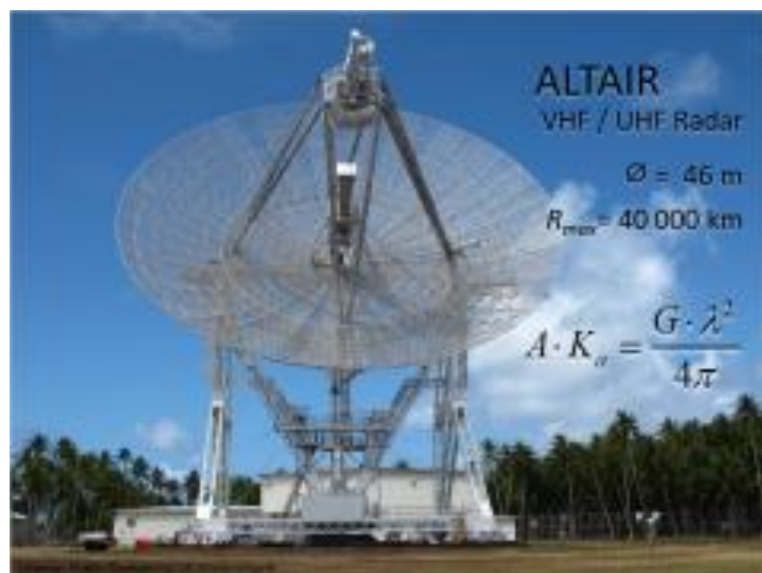


Рис.3.10. РЛС “Altair”

На рис. 3.10 показана РЛС УКХ/ДМХ з параболічним відбивачем діаметром 46 м. компромісом між розміром антени, радіусом дії та кутовою точністю є L-діапазон, у якому працює більшість радарів дальньої дії. Це стосується як протиповітряної оборони, так і управління повітряним рухом, а радары на маршруті працюють на частотах від 1,25 до 1,35 ГГц.



Рис.3.11. РЛС “SRE-M7” м. Нордхольц, Німеччина

На рис. 3.11 РЛС управління повітряним рухом має параболічний відбивач 9 на 14 метрів, тому він вже значно менший за попередній приклад. Однак велика довжина хвилі має і недолік. Можлива точність радару також залежить від довжини хвилі. Тому радари з вищими вимогами до точності працюють на вищих частотах, незважаючи на будь-які обмеження в діапазоні.

Очевидно, що вища потужність передачі також призводить до більшої дальності. Однак це не лінійна залежність. Потужність передачі знаходиться під четвертим коренем. Для ясності давайте узагальнимо інші змінні як постійний фактор. Щоб подвоїти радіус дії, потужність передачі довелося б збільшити в шістнадцять разів. Невелике збільшення або зменшення потужності передачі практично не впливає на радіус дії радару. Зниження потужності передачі на 10% спричиняє втрату діапазону приблизно на 2,6% (четвертий корінь із 0,9 дорівнює 0,974).

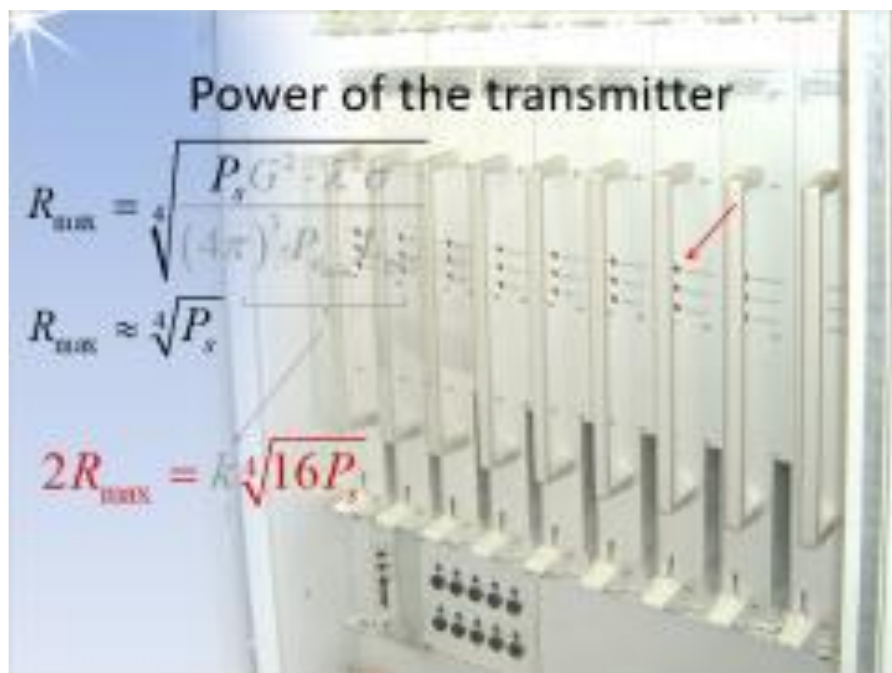


Рис.3.12. Потужність передавача

На рис. 3.12 показано модулі підсилювача потужності передавача РЛС управління повітряним рухом. Каскад підсилювача потужності складається до 32

таких модулів. Якщо один із цих модулів виходить з ладу, залишається діапазон 99,2% (четвертий корінь із 31/32). Це не буде помітно на дисплеї радара. Але технік бачить, що горять червоні світлодіоди «помилка модуля» і «модуль вимкнений» і може змінити цей модуль навіть під час роботи. Крім того, накручувати чутливість ствольної коробки суттєво не приносить користі, але чутливість приймача сильно залежить від рівня шуму.

Якщо отримана потужність не перевищує рівень шуму, цей ехо-сигнал не буде виявлено. Цей зв'язок можна інтегрувати відразу в рівняння радара. Однак на практиці це можливо лише за допомогою добре налаштованих аналогових дисплеїв, які використовуються оператором, який може виявити багато слабких цілей «під» шумом. Технічні схеми, з іншого боку, не виявлять ехо-сигнал, поки він не буде принаймні вдвічі більшим за рівень шуму.

Receiver sensitivity

$$R_{\max} = \sqrt[4]{\frac{P_s G^2 \lambda^2 \sigma}{(4\pi)^3 P_{\min} L_{\text{tot}}}}$$

Рис.3.13. Чутливість приймача

Основна ідея полягає в тому, що отримана потужність повинна бути більшою за потужність шуму на вході приймача. Граничним випадком є рівність. Ви можете порівняти  $PE_{\min}$  з потужністю шуму  $N$  (ця назва змінної походить від шуму, англ.

noise). Причиною цього шуму є тепловий рух усіх частинок під дією тепла. Такою ж мірою резонують і електрони.

**Receiver sensitivity**

$$R_{\min} = \sqrt[4]{\frac{P_s G^2 \lambda^2 \sigma}{(4\pi)^3 N L_{\text{ext}}}}$$

$$N = kTB_w$$

Рис.3.14. Чутливість приймача

Це викликає основний шум у кожному кабелі, кожному резисторі та кожному напівпровідниковому компоненті. Чим вища температура, тим вищий шум. При температурі, близькій до нуля (-273°C), шум також близький до нуля.

$$N = kTB_w$$

де:  $k$  константа Больцмана  $k=1,38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ ,

$T$  температура в Кельвінах і

$B_w$  пропускна здатність приймача.

Як правило, температура навколишнього середовища  $T_0=290 \text{ K}$  вибрано як еталонну температуру. Це відповідає приблизно 20°C.

Замінюємо  $PE_{\min}$  з терміном  $kTB_w$ ...

Radar equation

$$R_{\max} = \sqrt[4]{\frac{P_s G^2 \lambda^2 \sigma}{(4\pi)^3 kTB_w L_{\text{tot}}}}$$

$$B_w = \frac{1}{\tau}$$

Рис.3.15. Радіолокаційне рівняння

Вплив смуги пропускання приймача виникає через те, що так званий білий шум є надзвичайно широкосмуговим. Чим вузча смуга пропускання приймача, тим менше заважаючих шумів він може отримати, але смуга пропускання приймача повинна бути принаймні такою ж великою, як і смуга пропускання передавача, щоб приймати його ехо-сигнали без втрат. Ця смуга пропускання передавача залежить від тривалості імпульсу передачі для класичного імпульсного радара. Змінна  $\tau$  (грецька буква «Тау») тривалість переданого імпульсу. Ми замінили смугу пропускання тривалістю імпульсу передачі (tau).

Radar equation

$$R_{\max} = \sqrt[4]{\frac{P_t \tau G^2 \lambda^2 \sigma}{(4\pi)^3 k T L_{\text{tot}}}}$$

Рис.3.16. Радіолокаційне рівняння

Тривалість імпульсу передачі зазвичай розміщується поруч із потужністю передачі. Це краще демонструє, що дальність залежить від енергії передачі - нібито не від потужності передачі. Це також є причиною того, чому радар безперервної хвилі потребує набагато меншої потужності передачі порівняно з імпульсним радаром, щоб отримати прийнятні діапазони.

Ми також підтвердили висновок, зроблений на початку, що поширення хвилі є транспортом енергії. Тому що потужність передачі - це енергія за одиницю часу. Якщо ми помножимо потужність передачі на час, одиниця часу скорочується від потужності, а енергія передачі залишається. Тим не менш, ми залишаємо термін потужність передачі, тому що електричну потужність можна виміряти набагато краще з відомою тривалістю імпульсу, ніж енергію.

### 3.2. Власники НІСАУ. Створення та утримання інформаційної системи

У кожній системі повинен бути "власник". Наша система не є виключенням. Система буде власністю держави та підлягатиме захисту в установленому порядку.

Новостворена Національна акціонерна компанія спільно з Міністерством оборони України та Національним бюро на транспорті мають забезпечувати вирішення організаційних питань щодо функціонування НІСАУ, прийняття управлінських рішень стосовно подальшого її розвитку та вдосконалення.

**Пакет акцій повинен бути: 51% держави та 49% інвесторів.**

Фінансування заходів із реалізації здійснюватиметься за рахунок власних фінансових ресурсів і внутрішньогосподарських резервів підприємств – інвестицій фізичних і юридичних осіб (зокрема іноземних), задіяних на договірних засадах, довгострокових кредитів, лізингу, позабюджетних фондів фінансування інновацій, а також інших надходжень, які не заборонені законодавством України.

Обсяг коштів державного бюджету, необхідних для функціонування системи повітряного моніторингу в Україні, визначається в рамках щорічних кошторисів зацікавлених міністерств та відомств у межах асигнувань, передбачених на замовлення послуг з повітряного спостереження за допомогою ЄСПС та інших послуг.

#### **Джерела створення НІСАУ:**

- існуючі матеріальні активи Міноборони України (зруйновані, застарілі, розрізнені);
- Кошти Європейської системи оцінки ризиків в зонах конфліктів після приєднання України до цієї системи;
- інвестори:
  - Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України;
  - Міністерство оборони України;
  - Міністерство внутрішніх справ України;
  - Міністерство з питань стратегічних галузей промисловості України;
  - іноземні інвестиції (в рамках міжнародних програм з післявоєнного відновлення України);



- Фінансові активи держави.

#### **Джерела утримання НІСАУ:**

- інвестори;
- логістичні компанії;
- організації наземної інфраструктури;
- експлуатанти ПС;
- приватні власники та пілоти ПС;
- реклама;
- Державний бюджет;
- Європейські програми;
- позабюджетні кошти.

#### **Користувачі НІСАУ:**

- Антитерористичний центр;
- Органи управління повітряних сил ЗС України та інші структури Міноборони;
- Правоохоронні органи, зокрема підрозділи Міністерства внутрішніх справ та Державної прикордонної служби Державної прикордонної служби України;
- Пошуково-рятувальні організації Державної служби України з надзвичайних ситуацій;
- ДАСУ Украерорух Украероцентр;
- Національне бюро на транспорті;
- Органи об'єднаної цивільно-військової системи організації повітряного руху.
- Мінекономіки (Уповноважений орган у справах захисту критичної інфраструктури України).
- Аеропорти, авіаційні підприємства, експлуатанти повітряних суден, приватні пілоти та інші користувачі повітряного простору.

*Примітка. Користувачі будуть отримувати інформацію з НІСАУ залежно від рівня доступу*

### **Особливості НІСАУ:**

- Система повинна бути незалежною від інших установ та відомств;
- Система повинна бути самодостатньою;
- Мінімальне втручання у функціонування системи людського фактора;
- Функціонування системи базується на принципах самокупності;
- Надання каналів зв'язку для регіонів в яких відсутній або поганий зв'язок;
- Доступність корисної інформації для цивільних приватних осіб та зацікавлених організацій.

### ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 3

У третьому розділі для реалізації систем моніторингу та для розв'язання поставлених завдань і досягнення мети було виведено радарне рівняння, яке представляє фізичні зв'язки від потужності передач до розповсюдження хвилі.

У процесі написання розділу досліджено, що втрати вільного простору стають частотно-залежними, звідси висновок, що вони є просто безрозмірним числом. Розглянуті основні складові потужності та виведено основне радіолокаційне рівняння, яке є універсальним для кожного розвідувального радара. З'ясовано, що вища потужність передачі призводить до більшої дальності, але потужність повинна бути більшою за потужність шуму на вході приймача.

Поширення хвилі є транспортом енергії, тому що потужність передачі - це енергія за одиницю часу. При множенні потужності передачі на час, одиниця часу скорочується від потужності, а енергія передачі залишається.

Також, ми з'ясували кому належатиме пакет акцій нашої системи, а саме були розподілені між державою (51%) та іноземними інвестиціями (49%). Обсяг вкладень державного бюджету визначається в рамках щомісячних кошторисів зацікавлених Міністерств в Національній інформаційній системі авіації України. Іноземні інвестиції надходять в рамках міжнародних програм з післявоєнного відновлення України.

Наведені джерела утримання Національної інформаційної системи авіації України та користувачі цієї системи, серед яких Національне бюро на транспорті, Міноборони, Державної служби України з надзвичайних ситуацій та інші міністерства.

Людський фактор у системі повинен бути мінімальним, а сама система бути незалежною від інших установ або відомств та бути самодостатньою.

## ВИСНОВКИ

У магістерській роботі було проаналізовано системи моніторингу повітряного простору, досліджено основні теоретичні засади поняття авіаційних подій, наведені приклади використання авіації у нижньому повітряному просторі. Система моніторингу нижнього повітряного простору повинна підвищити ефективність робіт із запобігання кількості авіаційних подій для підвищення безпеки польотів в цілому. Незважаючи на запущений стан повітряного простору України, створення системи моніторингу має бути, як ковток свіжого повітря у найближчому майбутньому.

Для розв'язання поставлених завдань і досягнення мети було проаналізовано аналіз і розробку Національної інформаційної системи авіації України нижнього повітряного простору, визначено типові завдання в інтересах Міністерств та служб України. Були розглянуті основні складові інформаційної системи, яка забезпечується автоматизацією неперервного дистанційного контролю повітряного простору за низько літаючими та малорозмірними цілями. Вся здобута інформація знаходиться в центрі обробки даних, який розташований в центрі керування повітряним рухом. Розглянуті питання утворення центру моніторингу для автоматичного прийому та обробки радіолокаційної інформації від джерел для прийому-передачі. Приклади базових станцій інформаційної системи, станцій автоматичного залежного спостереження та проведено дослідження бортового обладнання інформаційних систем повітряних суден, як основні вимоги.

Для реалізації систем моніторингу було виведено радарне рівняння, яке представляє фізичні зв'язки від потужності передач до розповсюдження хвилі. Втрати вільного простору стають частотно-залежними, як і основні складові потужності. Виведено основне радіолокаційне рівняння, яке є універсальним для кожного розвідувального радара. Поширення хвилі є транспортом енергії, тому що потужність передачі - це енергія за одиницю часу.

Пакет акцій нашої системи, буде розподілений між державою (51%) та іноземними інвестиціями (49%). Обсяг вкладень державного бюджету визначається в рамках щомісячних кошторисів, а іноземні інвестиції надходять в рамках

міжнародних програм з післявоєнного відновлення України. Сама система має бути незалежною від інших установ або відомств та бути самодостатньою із мінімальним втручанням у функціонування системи людського фактора.

На сьогоднішній день в країні діє воєнний стан, а після потрібно буде багато чого відбудувати і авіацію це не омине стороною, тому варто замислюватись, що потрібно буде робити після скасування воєнного стану і якщо Національна інформаційна система авіації України нижнього повітряного простору в цьому може допомогти і полегшити авіаційне життя в майбутньому, то варто замислитись над її реалізацією тут і зараз, а після закінчення воєнного стану ця система моніторингу буде в нагоді і можливо в майбутньому забезпечить вторгнення ворогів на територію України.

## СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Верховна рада України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3393-17#Text> (дата звернення: 15.09.2023)
2. Додаток 13 ІКАО [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://elibrary.icao.int/explore;searchText=annex%2013;mainSearch=1/product-details/229734> (дата звернення: 15.09.2023)
3. Верховна рада України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1056-18#n16> (дата звернення: 15.09.2023)
4. Авіаційні правила України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://avia.gov.ua/discussion\\_category/aviatsijni-pravila-ukrayini/](https://avia.gov.ua/discussion_category/aviatsijni-pravila-ukrayini/) (дата звернення: 15.09.2023)
5. Безпілотний авіаційний комплекс [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ips.ligazakon.net/document/TM056361> (дата звернення: 15.09.2023)
6. Втеча з Петрівської колонії [Електронний ресурс] . – Режим доступу: <https://life.pravda.com.ua/society/2021/04/14/244532/> (дата звернення: 15.09.2023)
7. Розбився літак Ан-2 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.volynnews.com/news/archive/u\\_zahyblykh\\_kontrabandystiv\\_mih\\_buty\\_spilnyk-zmi\\_foto/](https://www.volynnews.com/news/archive/u_zahyblykh_kontrabandystiv_mih_buty_spilnyk-zmi_foto/) (дата звернення: 15.09.2023)
8. Мотодельтаплан на Закарпатті [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://goloskarpat.info/criminal/5479a01cb1c94> (дата звернення: 15.09.2023)
9. Перехоплення Ан-2 у Чернівецькій області [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://zaxid.net/pilotu\\_kukuruznika\\_z\\_kolomiyi\\_zagrozhuye\\_pivroku\\_uvyaznennya\\_za\\_nezakonnij\\_polit\\_n1530774](https://zaxid.net/pilotu_kukuruznika_z_kolomiyi_zagrozhuye_pivroku_uvyaznennya_za_nezakonnij_polit_n1530774) (дата звернення: 15.09.2023)
10. Квадрокоптер над військовим аеродромом [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://poltava.to/news/55920/> (дата звернення: 15.09.2023)

11. Авіація загального призначення [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://azp.org.ua/news/43> (дата звернення: 15.09.2023)
12. Світовий парк АЗП [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://jrn1.nau.edu.ua/index.php/UV/article/view/4827/4941> (дата звернення: 15.09.2023)
13. Air Traffic Management [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.icao.int/safety/airnavigation/pages/atm.aspx> (дата звернення: 15.09.2023)
14. ARTAS [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.eurocontrol.int/product/artas> (дата звернення: 15.09.2023)
15. Прогнозування стану авіаційної техніки [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://media.neliti.com/media/publications/544551-modern-methods-for-forecasting-the-techn-8dad5abd.pdf> (дата звернення: 15.09.2023)
16. Верховна рада України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/954-2017-%D0%BF#Text> (дата звернення: 05.10.2023)
17. Інформаційна мережа [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://stud.com.ua/50135/informatika/informatsiyni\\_merezhi](https://stud.com.ua/50135/informatika/informatsiyni_merezhi) (дата звернення: 05.10.2023)
18. Передача та прийом [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://hdmi.com.ua/product/peredatchik-txrx-hdmi-signala-po-odnoj-vitoj-pare-do-150m-tcp-ip-airbase-k-ex150ipir/> (дата звернення: 05.10.2023)
19. КП ПК «Іскра» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://opk.com.ua/кп-нвк-іскра-лідер-української-раді/> (дата звернення: 13.10.2023)
20. Ефект Доплера [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.radartutorial.eu/11.coherent/co06.ru.html> (дата звернення: 13.10.2023)
21. Flight Management System, FMS [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://skybrary.aero/articles/flight-management-system> (дата звернення: 13.10.2023)
22. ACAS/TCAS [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.eurocontrol.int/system/acas> (дата звернення: 13.10.2023)

23. Автоматичні радіокомпаси [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://4ua.co.ua/transport/sb2bc79b4d53b89421206c27\\_0.html](http://4ua.co.ua/transport/sb2bc79b4d53b89421206c27_0.html) (дата звернення: 13.10.2023)
24. Супутникові навігаційні системи [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://fixon.com.ua/language/uk/suputnykova-navigacziya-gps-prynczypy-roboty-shema-sfery-zastosuvannya/> (дата звернення: 13.10.2023)
25. Бортове обладнання системи [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://ni.biz.ua/7/7\\_6/7\\_66606\\_radiomayachnaya-sistema-VOR-i-ee-primenenie-dlya-poleta-po-lzp-opredelenie-ms.html](http://ni.biz.ua/7/7_6/7_66606_radiomayachnaya-sistema-VOR-i-ee-primenenie-dlya-poleta-po-lzp-opredelenie-ms.html) (дата звернення: 13.10.2023)
26. Інерціальні навігаційні системи [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://er.nau.edu.ua/bitstream/NAU/11011/9/%D0%93%D0%BB5.pdf> (дата звернення: 13.10.2023)
27. Бортове обладнання системи ILS [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://dspace.nau.edu.ua/bitstream/NAU/22403/1/Харченко\\_Остроумов.pdf](https://dspace.nau.edu.ua/bitstream/NAU/22403/1/Харченко_Остроумов.pdf) (дата звернення: 13.10.2023) – 100 с.
28. Радіовисотоміри [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://um.co.ua/3/3-5/3-55434.html> (дата звернення: 13.10.2023)
29. УКХ/ДМХ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://sprotyvg7.com.ua/wp-content/uploads/2023/05/антенилінії.pdf> (дата звернення: 13.10.2023) – 79 с.