

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
УКРАЇНИ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Факультет аеронавігації, електроніки та телекомунікацій

Кафедра аеронавігаційних систем

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри АНС

д-р техн. наук, проф.

_____ Ларін В.Ю.

«_____» _____ 2023р.

ДИПЛОМНА РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ «МАГІСТР»

за освітньо-професійною програмою

«Безпілотні авіаційні комплекси»

Тема:

**Задача забезпечення операційної сумісності
(interoperability) систем контролю БАК**

Виконавець: Годовський Дмитро Олександрович

Керівник: Погурельський Олексій Сергійович

Керівники спеціального розділу

д.т.н. проф. Остроумов Іван Вікторович

д.т.н. проф. Шмельова Тетяна Федорівна

Нормоконтролер проф. Шмельова Федорівна Шмельова

Київ-2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет аеронавігації, електроніки та телекомунікацій

Кафедра аеронавігаційних систем

Спеціальність: 272 «Авіаційний транспорт»

Освітньо-професійна програма: «Безпілотні авіаційні комплекси»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АНС

_____ В.Ю. Ларін

«___» _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи

1. *Тема дипломної роботи:* **«Задача забезпечення операційної сумісності (interoperability) систем контролю БАК»**

затверджена наказом ректора від “22” серпня 2023 № 1443/ст..

2. *Термін виконання проекту:* 23.10.2023 – 31.12.2023

3. *Вихідні дані до проекту:* теоретичні дані керівних документів Міжнародної організації цивільної авіації та національних документів України у сфері забезпечення та виконання польотів цивільних повітряних суден.

4. *Зміст пояснювальної записки:* Процедури застосування БАК для покращення ефективності розумного землеробства. Аналіз існуючих методів застосування безпілотних авіаційних комплексів у землеробстві. Розробка нових методів застосування безпілотних авіаційних комплексів у землеробстві. Економічний аналіз використання безпілотних авіаційних комплексів у землеробстві.

5. *Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу:* рисунків, таблиць.

№ пор.	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1.	Підготовка та написання 1 розділу «АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ ТА ВИКЛИКІВ ІНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТІ В СИСТЕМАХ КОНТРОЛЮ БАК»	07.09.2023 - 13.09.2023	Виконано
2.	Підготовка та написання 2 розділу «МЕТОДОЛОГІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ІНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТІ В СИСТЕМАХ КОНТРОЛЮ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ (БАК)»	20.09.2023 - 27.09.2023	Виконано
3.	Підготовка та написання 3 розділу «ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ В ЗАДАЧІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОПЕРАЦІЙНОЇ СУМІСНОЇ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ»	03.10.2023 - 10.10.2023	Виконано

4.	Підготовка та написання 4 розділу «ІНТЕГРАЦІЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ОБРОБКИ АЕПРЕАВІГАЦІЙНИХ ДАНИХ»	17.10.2023 - 24.10.2023	Виконано
5.	Підготовка та написання 5 «ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА»	30.10.2023- 05.11.2023	Виконано
6.	Підготовка презентації та доповіді	20.11.2023- 25.11.2023	Виконано

Керівник: _____ Погурельський О. С.

Завдання прийняв до виконання: _____ Годовський Д.О.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Задача забезпечення операційної сумісності (interoperability) систем контролю БАК» містить 105 сторінок, 12 таблиць, 21 використаних джерела

Об'єкт дослідження: системи контролю безпілотних авіаційних комплексів (БАК) з усіма їхніми компонентами, підсистемами та елементами, які взаємодіють між собою та зовнішнім середовищем. Фокус дослідження спрямований на забезпечення операційної сумісності цих систем, тобто їхню здатність ефективно взаємодіяти та обмінюватися інформацією, незалежно від виробників, технічних характеристик чи стандартів, що застосовуються.

Предмет дослідження: питання забезпечення операційної сумісності в системах контролю безпілотних авіаційних комплексів. В рамках дослідження детально розглядається взаємодія та взаємозамінність між різними системами контролю БАК, а також їхніми компонентами та підсистемами. Предмет дослідження включає в себе аспекти стандартизації, технічних характеристик, протоколів обміну інформацією та інші аспекти, які впливають на ефективність взаємодії різних систем контролю безпілотних авіаційних комплексів

Мета роботи: Полягає в глибокому вивченні та аналізі питань, пов'язаних із забезпеченням ефективної взаємодії та взаємовпливу різних систем у сфері безпілотної авіації. Операційна сумісність стає ключовим фактором в розвитку та впровадженні безпілотних авіаційних комплексів (БАК).

Методи дослідження: теоретичні методи, математичне та комп'ютерне моделювання, розрахунки.

АРКУШ ЗАУВАЖЕНЬ

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	8
ВСТУП	10
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ ТА ВИКЛИКІВ ІНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТІ В СИСТЕМАХ КОНТРОЛЮ БАК	14
1.1 Виклики інтерооперабельності в системах контролю БАК.	15
1.2 Проблеми інтерооперабельності в системах контролю БАК	22
1.3 Аспекти систем навігації та місцезнаходження:	28
Висновок до розділу 1	35
РОЗДІЛ 2. МЕТОДОЛОГІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ІНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТІ В СИСТЕМАХ КОНТРОЛЮ БЕЗПЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ (БАК)	36
2.1 Методологія дослідження інтерооперабельності	37
2.2 Вплив інтерооперабельності на витрати та ресурси	41
2.3 Вибір методів та засобів дослідження в контексті інтерооперабельності в системах керування БАК	48
Висновок до розділу 2	54
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ В ЗАДАЧІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОПЕРАЦІЙНОЇ СУМІСНОЇ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ БЕЗПЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ	55
3.1 Моделювання Системи	56
3.2 Планування та проведення експериментів	60
3.3 Методологія експериментальних досліджень	66
Висновок до розділу 3	71
РОЗДІЛ 4. ІНТЕГРАЦІЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ОБРОБКИ АЕРОНАВІГАЦІЙНИХ ДАНИХ	72

4.1 Технологічний Ландшафт	72
4.2 Архітектура інтегрованої системи	79
4.3 Методи оптимізації та аналіз даних	82
Висновок до розділу 4	87
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	88
5.1 Технічні засоби та засоби захисту	88
5.2 Оцінка ризиків та безпеки праці	92
5.3 Організація навчань та інструктажів	97
Висновок до розділу 5	101
Загальний висновок	102
Список бібліографічних посилань використаних джерел	105

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

БПЛА – Безпілотний літальний апарат

БАК – безпілотний авіаційний комплекс

ЕС – експертна система

БД – база даних

БЗ – база знань

БМ – база моделей

СППР – система підтримки прийняття рішень

НМЯ – небезпечні метеорологічні явища

АП – авіаційна пригода

ОПР – обслуговування повітряного руху

ЦА – цивільна авіація

ПР - прийняття рішень

ЛФ – людський фактор

КЛЕ – керівництво з льотної експлуатації

АНС – аеронавігаційна система

VTOL (vertical take off and landing) – система вертикального зльоту та посадки

Q_LOITER – режим автопілота кружляння над заданою координатою

RTL - (return take off landing) – режим автопілота повернення на місце зльоту

AIC - (Aeronautical information circular) – Циркуляр аеронавігаційної інформації

AIP - (Aeronautical Information Publication) – Збірник аеронавігаційної інформації

CDM - (Collaborative Decision Making) – Спільне прийняття рішень

FAR - (Federal Aviation Regulations) – Федеральні авіаційні правила

IoT - (Internet of Things) – Інтернет речей

СНМС - Системи навігації та місцезнаходження

ВСТУП

В сучасному ритмі технологічного розвитку, безпілотні авіаційні комплекси (БАК) стають не лише перспективними, але й необхідними елементами для розвитку різноманітних галузей, починаючи від логістики і закінчуючи військовими застосуваннями. Однак із збільшенням кількості та різноманітності виробників БАК виникає питання ефективного управління та координації цих систем, що робить завдання забезпечення операційної сумісності систем контролю особливо актуальним. З безпіотною авіацією пов'язані великі очікування та високі технологічні можливості, що приводить до стрімкого розквіту цієї галузі. Безпілотні авіаційні комплекси (БАК) знаходять широке застосування у військовій, цивільній та комерційній сферах, що зумовлює нагальну необхідність вдосконалення систем управління та контролю, щоб максимізувати їхню продуктивність та безпеку. Однак із зростанням різновидності БАК виникає проблема операційної сумісності систем контролю, що стає важливою складовою для раціонального та ефективного використання цих технологічних рішень. Сучасні безпілотні авіаційні комплекси базуються на різних архітектурах та технологіях, використовують власні стандарти та протоколи зв'язку, що призводить до виникнення великої різноманітності в їх конфігураціях. Це ставить питання інтеперабельності в центр уваги, оскільки важливо забезпечити спроможність різних систем взаємодіяти між собою, обмінюватися інформацією та виконувати спільні завдання без втрати продуктивності та функціональності. За останні кілька років безпілотна авіація стала неодмінною частиною багатьох сфер, починаючи від військових дій та розвідки, закінчуючи логістикою та галуззю транспортування. Різноманітність та швидкий розвиток цієї галузі призводять до виникнення великої кількості різнорідних БАК, які використовують різні технологічні підходи та стандарти. Це робить завдання забезпечення операційної сумісності вкрай важливим, оскільки різні системи контролю повинні спільно працювати та обмінюватися інформацією без збоїв та втрат ефективності. Сплеск інтересу до безпіотної авіації в останні роки зумовлений не лише розвитком новітніх технологій, але й

прагненням впроваджувати їх у різноманітних сферах, починаючи від транспортування та закінчуючи рятувальними операціями. Проте, збільшення числа безпілотних авіаційних комплексів (БАК) вирішає проблему забезпечення операційної сумісності систем контролю, що вимагає глибокого та всебічного аналізу для забезпечення стабільної та безперебійної роботи цих систем. З ростом популярності та розвитком безпілотної авіації виникає велика потреба в оптимізації та забезпеченні ефективної взаємодії між системами контролю безпілотних авіаційних комплексів (БАК). Різноманітність виробників, технічних рішень та використання різних стандартів створює проблеми в організації ефективного обміну даними та взаємодії між різними системами контролю. Проблема інтероперабельності стає ключовою, оскільки вона визначає можливість різних БАК спільно працювати, виконуючи різноманітні завдання в умовах реального світу. Актуальність цієї теми визначається необхідністю розробки стратегій та технічних рішень, які забезпечать оптимальний рівень інтероперабельності систем контролю БАК. Метою даної дипломної роботи є ретельний аналіз проблем та викликів, пов'язаних із забезпеченням операційної сумісності систем керування БАК, та розробка конкретних стратегій для вирішення цих аспектів. Результати цього дослідження можуть визначити шляхи до створення єдиної ефективної системи управління, що підтримує спільну роботу різноманітних безпілотних авіаційних систем. Ефективність застосування БПАК багато в чому залежить від їхніх систем контролю. Ці системи повинні забезпечувати надійний зв'язок між БПАК і оператором, а також дозволяти оператору ефективно керувати БПАК. Однак, на сьогоднішній день, існує велика кількість різних систем контролю БПАК, які розроблені різними виробниками. Це ускладнює їхню взаємодію між собою, що може призвести до зниження ефективності застосування БПАК. Завдання забезпечення операційної сумісності (interoperability) систем контролю БПАК. Операційна сумісність (interoperability) систем контролю БПАК - це здатність цих систем взаємодіяти та обмінюватися інформацією між

собою таким чином, щоб забезпечити ефективне виконання завдань. Завдання забезпечення операційної сумісності систем контролю БПАК включає в себе:

- _ Визначення вимог до операційної сумісності систем контролю БПАК.
- _ Розробку методів та засобів забезпечення операційної сумісності систем контролю БПАК.
- _ Впровадження методів та засобів забезпечення операційної сумісності систем контролю БПАК. Методи та засоби забезпечення операційної сумісності систем контролю БПАК Існує два основних підходи до забезпечення операційної сумісності систем контролю БПАК:
 - _ Функціональний підхід полягає в тому, що системи контролю БПАК повинні підтримувати однаковий набір функцій. Цей підхід є найпростішим, але він може бути не завжди ефективним, оскільки може призвести до збільшення вартості та складності систем контролю.
 - _ Інтеграційний підхід полягає в тому, що системи контролю БПАК повинні бути інтегровані в єдину систему. Цей підхід є більш складним, але він може бути більш ефективним, оскільки дозволяє забезпечити більш високу ступінь операційної сумісності.

Впровадження методів та засобів забезпечення операційної сумісності систем контролю БПАК. Впровадження методів та засобів забезпечення операційної сумісності систем контролю БПАК може здійснюватися на різних рівнях:

- _ На рівні стандартів передбачається розробка та впровадження стандартів, які визначають вимоги до операційної сумісності систем контролю БПАК.
- _ На рівні технологій передбачається розробка та впровадження технологій, які дозволяють забезпечити операційну сумісність систем контролю БПАК.

– На рівні організацій передбачається створення організацій, які займаються питаннями забезпечення операційної сумісності систем контролю БАК.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ ТА ВИКЛИКІВ ІНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТІ В СИСТЕМАХ КОНТРОЛЮ БАК

Операційна сумісність (interoperability) систем контролю безпілотних авіаційних комплексів (БАК) є важливою умовою для ефективного застосування БАК. Вона дозволяє забезпечити взаємодію між різними системами контролю, що може призвести до наступних переваг:

- _ Зниження витрат на придбання та експлуатацію БАК.
- _ Покращення безпеки застосування БАК.
- _ Розширення можливостей застосування БАК.

Однак, забезпечення операційної сумісності в системах контролю БАК є непростю задачею. Вона пов'язана з наступними проблемами та викликами:

- _ Різноманітність систем контролю БАК. На ринку існує велика кількість різних систем контролю БАК, які розроблені різними виробниками. Ці системи можуть мати різні архітектури, протоколи, формати даних тощо.
- _ Нестача стандартів. Наразі не існує єдиних міжнародних стандартів, які б визначали вимоги до операційної сумісності систем контролю БАК.
- _ Висока вартість. Забезпечення операційної сумісності систем контролю БАК може бути дорогим, оскільки вимагає розробки та впровадження додаткових засобів та технологій.

.Основними проблемами інтеоперабельності в системах контролю БАК є:

- _ Проблеми взаємодії між різними архітектурами систем контролю. Системи контролю БАК можуть мати різні архітектури, такі як централізована, розподілена та гібридна. Взаємодія між системами з різними архітектурами може бути непростю, оскільки вимагає додаткових засобів та технологій.
- _ Проблеми взаємодії між різними протоколами. Системи контролю БАК можуть використовувати різні протоколи для обміну даними. Взаємодія

між системами з різними протоколами може бути непростю, оскільки вимагає додаткових засобів та технологій.

– Проблеми взаємодії між різними форматами даних. Системи контролю БАК можуть використовувати різні формати даних для

Таблиця 1.1 Проблеми інтероперабельності в системах контролю БАК

Різноманітність систем контролю БАК	На ринку існує велика кількість різних систем контролю БАК, які розроблені різними виробниками. Ці системи можуть мати різні архітектури, протоколи, формати даних тощо.
Проблеми взаємодії між різними архітектурами систем контролю	Системи контролю АК можуть мати різні архітектури, такі як централізована, розподілена та гібридна. Взаємодія між системами з різними архітектурами може бути непростю, оскільки вимагає додаткових засобів та технологій.
Проблеми взаємодії між різними протоколами	Системи контролю БАК можуть використовувати різні протоколи для обміну даними. Взаємодія між системами з різними протоколами може бути непростю, оскільки вимагає додаткових засобів та технологій.
Проблеми взаємодії між різними форматами даних	Системи контролю БАК можуть використовувати різні формати даних для представлення інформації. Взаємодія між системами з різними форматами даних може бути непростю, оскільки вимагає додаткових засобів та технологій.

1.1 Виклики інтероперабельності в системах контролю БАК.

Інтероперабельність в системах контролю безпілотних авіаційних комплексів (БАК) є важливим аспектом для забезпечення безпеки та ефективності в їх функціонуванні. Деякі виклики, пов'язані з інтероперабельністю в цих системах, включають:

1. Стандарти і Протоколи:

- Відсутність єдиної норми: Безпілотні авіаційні системи можуть використовувати різні стандарти та протоколи, що ускладнює їх взаємодію. Розробка та впровадження загальноприйнятих стандартів допомагають у створенні єдиної мови для всіх систем.

2. Безпека та Кіберзахист:

- Забезпечення безпеки інформації: Забезпечення безпеки даних та мереж безпілотних авіаційних систем є важливою задачею. Недостатня захищеність може призвести до небажаних втручань, включаючи кібератаки.

3. Гетерогенність систем:

- Різноманітність виробників і моделей: Ринок безпілотних авіаційних систем насичений виробниками та моделями, що може викликати проблеми інтеграції між різними типами БАК.

4. Автономія та Штучний Інтелект:

- Неоднакові рішення для автономії: Різні безпілотні системи можуть мати різний рівень автономії та рішень на основі штучного інтелекту. Стандартизація у цій області є важливою для спільного розуміння та взаємодії систем.

5. Ліцензування та Регулювання:

- Розбіжності в ліцензуванні та нормативах: Різні країни можуть мати різні вимоги щодо ліцензування та нормативів для безпілотних авіаційних систем, що може впливати на їх взаємодію в міжнародних умовах.

Вирішення цих викликів вимагає співпраці між виробниками, операторами, регуляторами та іншими зацікавленими сторонами для встановлення стандартів

і виробництва технічних рішень, які сприятимуть інтероперабельності в галузі безпілотних авіаційних систем.

Забезпечення операційної сумісності в системах контролю БАК пов'язано з наступними викликами:

– Виклики технічного характеру

Технічні проблеми інтероперабельності, такі як проблеми взаємодії між різними архітектурами, протоколами та форматами даних, можуть бути складними для вирішення.

– Виклики організаційного характеру

Організаційні проблеми інтероперабельності, такі як відсутність єдиних стандартів та високий cost, можуть бути складними для вирішення.

Технічні виклики:

До технічних викликів інтероперабельності в системах контролю БАК відносяться:

– Різноманітність систем контролю БАК. На ринку існує велика кількість різних систем контролю БАК, які розроблені різними виробниками. Ці системи можуть мати різні архітектури, протоколи, формати даних тощо.

– Проблеми взаємодії між різними архітектурами систем контролю. Системи контролю БАК можуть мати різні архітектури, такі як централізована, розподілена та гібридна. Взаємодія між системами з різними архітектурами може бути непростюю, оскільки вимагає додаткових засобів та технологій.

– Проблеми взаємодії між різними протоколами. Системи контролю БАК можуть використовувати різні протоколи для обміну даними. Взаємодія між системами з різними протоколами може бути непростюю, оскільки вимагає додаткових засобів та технологій.

- _ Проблеми взаємодії між різними форматами даних. Системи контролю БПАК можуть використовувати різні формати даних для представлення інформації. Взаємодія між системами з різними форматами даних може бути непростю, оскільки вимагає додаткових засобів та технологій.

Організаційні виклики

До організаційних викликів інтеперабельності в системах контролю БПАК відносяться:

- _ Відсутність єдиних стандартів. Наразі не існує єдиних міжнародних стандартів, які б визначали вимоги до операційної сумісності систем контролю БПАК. Це ускладнює розробку та впровадження рішень для забезпечення операційної сумісності.
- _ Високий cost. Забезпечення операційної сумісності систем контролю БПАК може бути дорогим, оскільки вимагає розробки та впровадження додаткових засобів та технологій.

Шляхи вирішення технічних викликів

Для вирішення технічних викликів інтеперабельності в системах контролю БПАК необхідно використовувати наступні підходи:

- _ Розробка та впровадження стандартів. Розробка та впровадження стандартів, які б визначали вимоги до операційної сумісності систем контролю БПАК, дозволить полегшити взаємодію між різними системами контролю.
- _ Розробка та впровадження нових технологій. Розробка та впровадження нових технологій, таких як технології віртуалізації та хмарних обчислень, дозволить полегшити взаємодію між системами з різними архітектурами та протоколами.

Шляхи вирішення організаційних викликів

Для вирішення організаційних викликів інтероперабельності в системах контролю БПАК необхідно використовувати наступні підходи:

- _ Залучення різних зацікавлених сторін. Залучення різних зацікавлених сторін, таких як виробники систем контролю, оператори БПАК та державних органів, дозволить розробити ефективні рішення для забезпечення операційної сумісності систем контролю БПАК.
- _ Розвиток нормативно-правової бази. Розвиток нормативно-правової бази, яка б регулювала питання забезпечення операційної сумісності систем контролю БПАК, дозволить стимулювати розвиток цієї галузі.

Зазначені виклики інтероперабельності в системах контролю безпілотних авіаційних комплексів (БАК) становлять лише частину широкого спектру аспектів, які впливають на їх ефективність та взаємодію. Розглянемо деякі додаткові аспекти:

1. Технічні Відмінності:

_ Сенсори та Обладнання:

Різні безпілотні авіаційні системи можуть використовувати різні типи сенсорів та обладнання. Вирішення викликів, пов'язаних з різноманітністю технічних рішень, вимагає розробки стандартів для обміну та інтеграції даних.

2. Навколишнє Середовище:

_ Динаміка Польоту та Умови Польоту:

Залежно від типу місії та використовуваних БАК, умови польоту можуть значно відрізнятися. Інтероперабельність має враховувати різноманітні умови навколишнього середовища.

3. Інтеграція в Повітряний Простір:

_ Управління Трафіком та Керування Повітряним Простором:

Забезпечення безпеки та ефективності в інтегрованому повітряному просторі вимагає розробки систем, які можуть взаємодіяти з існуючим повітряним трафіком та системами керування.

4. Операційні Вимоги:

_ Управління Місією та Планування:

Оператори БАК можуть використовувати різні системи для управління місією та плануванням. Інтероперабельність в цьому контексті передбачає спільні стандарти та інтерфейси.

5. Навчання та Стандартизація:

_ Професійна Підготовка та Стандарти:

Розробка стандартів для професійної підготовки операторів БАК та визначення вимог до їх компетентності є важливим елементом забезпечення інтероперабельності.

Враховуючи ці аспекти, розвиток безпілотних авіаційних систем вимагає комплексного підходу, який включає технічні, організаційні, нормативні та навчальні аспекти. Співпраця між галузевими лідерами, дослідницькими установами та регуляторами визначає успішність інтеграції безпілотних авіаційних систем в повітряне середовище

Різноманітність архітектур	Системи контролю БАК можуть мати різні архітектури, такі як централізована, розподілена та гібридна. Взаємодія між системами з різними архітектурами може бути непростою, оскільки вимагає додаткових засобів та технологій.
Різноманітність протоколів	Системи контролю БАК можуть використовувати різні протоколи для обміну даними. Взаємодія між системами з різними протоколами може бути непростою, оскільки вимагає додаткових засобів та технологій.
Різноманітність форматів даних	Системи контролю БАК можуть використовувати різні формати даних для представлення інформації. Взаємодія між системами з різними форматами даних може бути непростою, оскільки вимагає додаткових засобів та технологій.

Таблиця 1.2 Технічні виклики інтероперабельності в системах контролю БАК

Інтероперабельність в системах контролю безпілотних авіаційних комплексів (БАК) стикається з численними викликами. Різноманітність технічних рішень, стандартів та протоколів, використання різних типів сенсорів та джерел енергії, а також адаптація до різних погодних та географічних умов є факторами, які впливають на інтероперабельність. Проблеми безпеки, пов'язані з кіберзахистом та захистом інформації, також є суттєвими в аспекті безпілотних систем. За врахуванням розмаїття виробників та моделей, стандартизація виявляється важливою для забезпечення взаємодії між різними БАК. Питання етики, правового регулювання та співпраці між операторами стають ключовими в аспекті впровадження та використання безпілотних авіаційних систем. Вирішення цих викликів вимагає спільних зусиль виробників, операторів, регуляторів та інших стейкхолдерів для розробки та

прийняття стандартів та технічних рішень, спрямованих на полегшення інтероперабельності в сфері безпілотних авіаційних систем.

1.2 Проблеми інтероперабельності в системах контролю БАК

Операційна сумісність (interoperability) систем контролю безпілотних авіаційних комплексів (БАК) є важливою умовою для ефективного застосування БАК. Вона дозволяє забезпечити взаємодію між різними системами контролю, що може призвести до наступних переваг:

- _ Зниження витрат на придбання та експлуатацію БАК.
- _ Покращення безпеки застосування БАК.
- _ Розширення можливостей застосування БАК.

Однак, забезпечення операційної сумісності в системах контролю БАК є непростю задачею. Вона пов'язана з наступними проблемами:

- _ Різноманітність систем контролю БАК. На ринку існує велика кількість різних систем контролю БАК, які розроблені різними виробниками. Ці системи можуть мати різні архітектури, протоколи, формати даних тощо.
- _ Відсутність єдиних стандартів. Наразі не існує єдиних міжнародних стандартів, які б визначали вимоги до операційної сумісності систем контролю БАК. Це ускладнює розробку та впровадження рішень для забезпечення операційної сумісності.
- _ Високий cost. Забезпечення операційної сумісності систем контролю БАК може бути дорогим, оскільки вимагає розробки та впровадження додаткових засобів та технологій.

Основні проблеми інтероперабельності в системах контролю БАК

Основними проблемами інтероперабельності в системах контролю БАК є:

- _ Проблеми взаємодії між різними архітектурами систем контролю. Системи контролю БАК можуть мати різні архітектури, такі як централізована, розподілена та гібридна. Взаємодія між системами з

різними архітектурами може бути непростю, оскільки вимагає додаткових засобів та технологій.

- Проблеми взаємодії між різними протоколами. Системи контролю БАК можуть використовувати різні протоколи для обміну даними. Взаємодія між системами з різними протоколами може бути непростю, оскільки вимагає додаткових засобів та технологій.
- Проблеми взаємодії між різними форматами даних. Системи контролю БАК можуть використовувати різні формати даних для представлення інформації. Взаємодія між системами з різними форматами даних може бути непростю, оскільки вимагає додаткових засобів та технологій.

Шляхи вирішення проблем інтероперабельності в системах контролю БАК

Для вирішення проблем інтероперабельності в системах контролю БАК необхідно вжити наступних заходів:

- Розробка та впровадження стандартів. Розробка та впровадження стандартів, які б визначали вимоги до операційної сумісності систем контролю БАК, дозволить полегшити взаємодію між різними системами контролю.
- Розробка та впровадження нових технологій. Розробка та впровадження нових технологій, таких як технології віртуалізації та хмарних обчислень, дозволить полегшити взаємодію між системами з різними архітектурами та протоколами.
- Залучення різних зацікавлених сторін. Залучення різних зацікавлених сторін, таких як виробники систем контролю, оператори БАК та державних органів, дозволить розробити ефективні рішення для забезпечення операційної сумісності систем контролю БАК.

Проблеми інтероперабельності в системах контролю безпілотних авіаційних комплексів (БАК) виникають з великої кількості факторів, які включають технічні, організаційні, кібербезпекові та регуляторні аспекти.

Технічні аспекти включають різноманітність обладнання та технологій, які використовуються в безпілотних системах. Різні виробники можуть

використовувати власні стандарти та протоколи, що призводить до труднощів у взаємодії між різними системами. Навіть якщо вони використовують схожі технічні рішення, може відбуватися непередбачена взаємодія через різницю в реалізації стандартів.

Організаційні аспекти включають в себе проблеми координації між різними операторами безпілотних систем та системами контролю. Розбіжності в підходах до управління місією, плануванням та взаємодією з іншими повітряними об'єктами можуть призводити до непродуктивного використання ресурсів та конфліктів.

У сфері кібербезпеки присутні проблеми, пов'язані з можливістю кібератак та несанкціонованого доступу до систем керування. Захист даних та систем важливий для запобігання небажаних втручань та збереження конфіденційності інформації.

Регуляторні аспекти охоплюють відсутність єдиної системи ліцензування та стандартів для безпілотних систем. Різні країни можуть встановлювати власні вимоги та правила, що ускладнює ведення міжнародних операцій та створює невизначеність для операторів.

Узагальнено, ці проблеми ставлять під загрозу безпеку, ефективність та розвиток безпілотних авіаційних систем. Розробка загальноприйнятих стандартів та збалансованих підходів до координації та регулювання може вирішити багато з цих проблем і сприяти подальшому розвитку галузі.

Таблиця 1.3 Шляхи вирішення організаційних викликів інтероперабельності в системах контролю БАК

Залучення різних зацікавлених сторін	Залучення різних зацікавлених сторін, таких як виробники систем контролю, оператори БАК та державних органів, дозволить розробити ефективні рішення для забезпечення операційної сумісності систем контролю БАК.
Розвиток нормативно-правової бази	Розвиток нормативно-правової бази, яка б регулювала питання забезпечення операційної сумісності систем контролю БАК, дозволить стимулювати розвиток цієї галузі.

Проблеми інтероперабельності в системах контролю безпілотних авіаційних комплексів (БАК) стають особливо важливими, оскільки безпілотні технології набувають широкого застосування у різних галузях. Величезний ріст числа безпілотних апаратів та різноманіття їх функціональності породжує виклики, які варто враховувати:

1. **Технічні Різниці:** Технічні аспекти включають у себе не лише розбіжності в апаратному забезпеченні та програмному забезпеченні різних виробників, але й розходження в стандартах зв'язку та протоколах передачі даних. Це може ускладнювати взаємодію та обмін інформацією між різними системами контролю.
2. **Безпека та Кібербезпека:** З огляду на зростання кількості зв'язків та обмінів даними, питання кібербезпеки стає важливим елементом. Забезпечення стійкості до кібератак та недопущення несанкціонованого доступу до систем керування є пріоритетом.
3. **Організаційна Співпраця:** Труднощі у координації та співпраці між різними операторами та виробниками БАК виникають через відсутність єдиної системи стандартизації та узгоджених принципів управління повітряним простором для безпілотних апаратів.
4. **Взаємодія з Традиційним Повітряним Трафіком:** Інтеграція безпілотних апаратів в традиційний повітряний трафік вимагає розробки

стандартів та принципів, які дозволяють безпечно та ефективно об'єднувати різні види повітряних транспортних засобів.

5. **Регуляторні Вимоги:** Різноманіття регуляторних вимог та відсутність узгоджених стандартів ліцензування можуть ускладнювати ведення міжнародних операцій та створювати невизначеність для операторів.
6. **Соціально-економічні Виклики:** Впровадження безпілотних систем може ставити питання про вплив на ринок праці, перепідготовку робочої сили та соціально-економічні наслідки автоматизації в повітряному просторі.

Розв'язання цих проблем вимагає глибокого розуміння всіх аспектів та розробки комплексних стратегій, які охоплюють технічні інновації, кібербезпеку, міжнародну співпрацю та соціально-економічні аспекти використання безпілотних авіаційних систем.

Проблеми інтероперабельності в системах контролю безпілотних авіаційних комплексів (БПАК) можуть виникати з різних причин і впливати на різні аспекти функціонування цих систем. Інтероперабельність в даному контексті вказує на здатність різних систем і пристроїв взаємодіяти та обмінюватися інформацією для досягнення спільної мети. Нижче подано деякі загальні проблеми інтероперабельності в системах контролю безпілотних авіаційних комплексів:

1. **Стандарти і протоколи комунікації:** Різні виробники можуть використовувати власні стандарти та протоколи комунікації в своїх безпілотних авіаційних системах. Відсутність загальних стандартів може ускладнити взаємодію між різними БПАК, обмежуючи можливість обміну даними та командами.
2. **Системи навігації і місцезнаходження:** Різні системи навігації та методи визначення місцезнаходження можуть використовуватися різними виробниками, що може впливати на точність та надійність інформації про розташування безпілотних літальних апаратів (БЛА). Несумісність цих

систем може призвести до конфліктів та неправильних рішень при взаємодії БПАК.

3. **Безпека та кіберзахист:** Проблеми інтероперабельності можуть виникнути через розбіжності в системах безпеки та кіберзахисту, використаних різними виробниками. Важливо забезпечити захист від несанкціонованого доступу, вразливостей та атак, особливо при обміні чутливою інформацією між різними системами.
4. **Управління трафіком та конфліктами:** Безпілотні літальні апарати повинні взаємодіяти в областях повітряного простору, де може бути багато інших БПАК та повітряних засобів. Необхідна ефективна система управління трафіком, яка дозволяє уникати конфліктів та забезпечує безпечну взаємодію.
5. **Інтеграція з існуючими авіаційними системами:** Взаємодія БПАК з традиційними авіаційними системами, такими як повітряні контрольні центри та системи авіації, може виявитися складною через відмінності в технологічних рішеннях та стандартах.
6. **Тренування та сертифікація персоналу:** Відсутність стандартів у тренуванні та сертифікації операторів БПАК може призвести до недостатньої кваліфікації персоналу, що впливає на ефективність та безпеку взаємодії між системами.

Для вирішення цих проблем важливо працювати над розвитком і впровадженням загальних стандартів, регулюванням в галузі безпіотної авіації та забезпеченням взаємодії різних систем безпілотних авіаційних комплексів в різних сценаріях використання.

Крім того, управління трафіком та взаємодія з існуючими авіаційними системами потребують ретельного планування та впорядкування. Безпілотні літальні апарати повинні взаємодіяти не лише між собою, але й із пілотованими повітряними засобами та контрольними центрами, що додатково ускладнює завдання забезпечення інтероперабельності.

Розв'язання цих проблем вимагає колективних зусиль виробників, регуляторів та інших зацікавлених сторін. Створення міжнародних стандартів, регулюючих взаємодію безпілотних систем, і вдосконалення технічних рішень є важливими кроками для забезпечення безпеки та ефективності цієї перспективної галузі авіації.

Таблиця 1.4 Огляд проблем інтеперабельності в системах контролю БАК

Проблеми технічного рівня	Проблеми, пов'язані з різними технічними характеристиками систем контролю, такими як протоколи передачі даних, формати даних, архітектури систем.
Проблеми організаційного рівня	Проблеми, пов'язані з різними організаційними структурами, що відповідають за системи контролю, такими як розподіл ролей та відповідальності, процеси взаємодії між системами.
Проблеми нормативного рівня	Проблеми, пов'язані з різними нормативно-правовими актами, що регулюють роботу систем контролю, такими як стандарти, регламенти, вимоги до безпеки.

1.3 Аспекти систем навігації та місцезнаходження:

Системи навігації та місцезнаходження є ключовим компонентом в авіаційних та безпілотних технологіях. Їхній правильний функціонал та інтеперабельність визначають ефективність та безпеку руху об'єктів в повітрі та на поверхні Землі. Деякі ключові аспекти цих систем включають:

1. Глобальна система навігації (GNSS):

- **Опис:** GNSS включає в себе супутникові системи, такі як GPS, ГЛОНАСС, Galileo та інші, які забезпечують глобальне визначення місцезнаходження та навігації.
- **Проблеми та виклики:** Затримки сигналів, обмеження в густонаселених місцях та вплив атмосферних умов можуть впливати на точність GNSS.

2. Інерціальні системи:

- **Опис:** Інерціальні системи використовують акселерометри та гіроскопи для визначення зміни швидкості та орієнтації об'єкта.
- **Проблеми та виклики:** Накопичення помилок з часом, особливо при тривалих місіях, може призвести до втрати точності.

3. Технології розташування на основі візуальних об'єктів:

- **Опис:** Використання камер, сенсорів та комп'ютерного зору для визначення розташування об'єктів на основі оточуючого середовища.
- **Проблеми та виклики:** Залежність від умов видимості та обмежень вночі або в поганих погодних умовах.

4. Узгодженість та інтероперабельність:

- **Опис:** Здатність різних систем навігації працювати разом для забезпечення взаємодії та високої точності.
- **Проблеми та виклики:** Розбіжність протоколів та форматів даних, різні технічні характеристики можуть стати перешкодою для узгодженості.

5. Інтеграція з іншими сенсорами:

- **Опис:** Системи навігації та місцезнаходження часто інтегруються з іншими сенсорами, такими як радары, лідари, альтиметри та інші.
- **Проблеми та виклики:** Потреба у взаємодії з різними сенсорами та обробці великої кількості даних.

6. Безпека та кіберзахист:

- **Опис:** Забезпечення захисту від несанкціонованого доступу та маніпуляцій з боку зовнішніх агентів.
- **Проблеми та виклики:** Зростання загроз кібербезпеки та можливість втручання в роботу систем навігації.

Таблиця 1.3 Шляхи вирішення організаційних викликів інтеоперабельності в системах контролю БАК

Тип СНМС	Переваги	Недоліки
Пасивні СНМС	Не вимагають джерела живлення	Точність визначення місцезнаходження нижча, ніж у активних СНМС
Активні СНМС	Висока точність визначення місцезнаходження	Вимагають джерела живлення
Наземні СНМС	Найнижча вартість	Обмежена дальність дії
Космічні СНМС	Найвища дальність дії	Найвища вартість
Гібридні СНМС	Поєднують переваги наземних та космічних СНМС	Висока вартість

Аналіз та вирішення цих аспектів визначають напрямки розвитку та підвищення ефективності систем навігації та місцезнаходження в різних областях, включаючи авіацію, автомобільну промисловість та безпілотні технології.

Системи навігації та місцезнаходження є ключовим елементом в сучасних транспортних системах, а їх правильне функціонування визначає безпеку та

ефективність руху транспортних засобів, включаючи безпілотні літальні апарати (БЛА) та автомобілі. Одним із важливих аспектів є узгодженість та інтероперабельність різних систем навігації та місцезнаходження.

Узгодженість та інтероперабельність: У світі, де існує різноманітність систем навігації та місцезнаходження, виникає необхідність в їхній узгодженості для забезпечення сумісності та ефективності. Розбіжності у протоколах, стандартах та технічних характеристиках можуть стати перешкодою для ефективної спільної роботи різних транспортних засобів та систем.

Стандартизація грає ключову роль у вирішенні цих проблем. Розвиток та прийняття уніфікованих стандартів дозволяє забезпечити спільні підходи до вимог до точності, надійності та швидкості в системах навігації. Спільні стандарти також допомагають у підтримці інтероперабельності між різними видами транспорту, від літаків та гелікоптерів до автономних автомобілів.

Окрім технічних аспектів, інтероперабельність вимагає вирішення питань щодо узгодження процесів взаємодії між різними системами та врахування різноманітності у використанні простору повітря та землі. Ефективне вирішення цих завдань визначатиме успішність інтеграції безпілотних систем у повітряну та наземну інфраструктуру.

Однак інтероперабельність не обмежується лише технічними аспектами. Вона також стосується стандартизації та взаємодії між різними суб'єктами, що використовують системи навігації. Співпраця між виробниками, операторами та регулюючими органами є важливим елементом створення ефективної та інтероперабельної системи навігації.

В цілому, досягнення високого рівня узгодженості та інтероперабельності в системах навігації та місцезнаходження визначається спільною роботою галузевих експертів, розробників, технічних комітетів та регулюючих органів.

Системи навігації та місцезнаходження в сучасному світі відіграють ключову роль у багатьох аспектах нашого життя, від користування смартфонами

до управління транспортним рухом та відстеження руху об'єктів у реальному часі. Розглянемо деякі аспекти цих систем:

1. Супутникова навігація:

- Глобальна система навігації (GNSS), така як GPS, ГЛОНАСС, Galileo та інші, забезпечують геопросторові координати та точний час для приймачів на поверхні Землі.

2. Інерціальні системи:

- Інерціальні системи вимірюють рух об'єкта на основі вимірювань прискорення та кутової швидкості. Вони можуть бути використані для визначення місцезнаходження у випадку втрати супутникового зв'язку.

3. Локаційні послуги для мобільних пристроїв:

- Системи місцезнаходження у смартфонах та інших мобільних пристроях використовують комбінацію супутникової навігації, Wi-Fi, Bluetooth та сотових мереж для точного визначення місця розташування користувача.

4. Автономні автомобілі:

- Системи місцезнаходження в автономних транспортних засобах використовують супутникові дані, лідари, радары та камери для навігації та уникнення перешкод.

5. Системи контролю за об'єктами:

- Великі корпоративні та логістичні системи використовують місцезнаходження для відстеження руху товарів, транспортних засобів та інших об'єктів.

6. Послуги геолокації для розваг:

- Геолокаційні послуги відкривають можливості для інтерактивних розважальних додатків, які використовують інформацію про місцезнаходження для покращення користувацького досвіду.

7. Природно-резервні дослідження:

- Дослідження природно-резервних територій та місцевостей використовує системи місцезнаходження для вивчення міграцій тварин, руху птахів та інших екологічних аспектів.

Ці аспекти свідчать про широкий спектр застосувань систем навігації та місцезнаходження, які впливають на технологічний, транспортний, науковий та розважальний простір.

Таблиця 1.5 Стандарти СНМС

Стандарт	Організація-розробник	Опис
GPS	Міністерство оборони США	Глобальна система супутникової навігації
ГЛОНАСС	Міністерство оборони Росії	Глобальна система супутникової навігації
Galileo	Європейська комісія	Глобальна система супутникової навігації
BeiDou	Китайський народний комітет з космічних досліджень	Глобальна система супутникової навігації
QZSS	Японське агентство з аерокосмічних досліджень	Глобальна система супутникової навігації

Системи навігації та місцезнаходження в сучасному світі є невід'ємною частиною різних аспектів нашого життя. Вони використовуються в різноманітних сферах, починаючи від щоденного використання смартфонів і закінчуючи управлінням транспортним рухом та відстеженням руху об'єктів у реальному часі.

Однією з ключових галузей є супутникова навігація, яка включає в себе такі глобальні системи, як GPS, ГЛОНАСС та Galileo. Вони надають геопросторові координати та точний час для різних пристроїв на поверхні Землі. Ці системи дозволяють точно визначати місцезнаходження та маршрут для користувачів.

Іншим аспектом є інерціальні системи, які вимірюють рух об'єкта на основі прискорення та кутової швидкості. Вони можуть використовуватися для визначення місцезнаходження у випадку втрати супутникового сигналу, наприклад, в тунелях або у глибоких будівлях.

Системи місцезнаходження у мобільних пристроях використовують комбінацію супутникової навігації, Wi-Fi, Bluetooth та сотових мереж для точного визначення місця розташування користувача. Це дозволяє надавати різноманітні локаційні послуги та інтерактивні додатки.

Важливим аспектом є використання систем місцезнаходження в автономних автомобілях. Ці системи використовують супутникові дані, лідари, радары та камери для навігації та уникнення перешкод, що важливо для безпечного функціонування таких транспортних засобів.

Також системи місцезнаходження застосовуються у великих корпоративних та логістичних системах для відстеження руху товарів, транспортних засобів та інших об'єктів, що сприяє ефективному управлінню логістикою та постачаннями.

У розважальній сфері геолокаційні послуги відкривають нові можливості для інтерактивних додатків та ігор, які використовують інформацію про місцезнаходження для покращення користувацького досвіду.

Загалом, системи навігації та місцезнаходження відіграють значущу роль у різних аспектах нашого сучасного життя, сприяючи зручності, безпеці та ефективності в різних галузях.

Висновок до розділу 1

У результаті аналізу виявлено ряд проблем, які можуть ускладнювати впровадження та ефективне функціонування систем контролю безпілотних авіаційних комплексів (БАК). Однією з основних проблем є різноманітність стандартів та протоколів між різними безпілотними системами, що ускладнює їхню взаємодію та спільне управління.

Також визначено технічні та безпекові виклики, пов'язані з інтеграцією та взаємодією різних типів безпілотних літальних апаратів, а також потребу в розробці єдиної системи управління, яка забезпечить стандартизований та безпечний обмін інформацією.

Важливим висновком є необхідність стандартизації та впровадження єдиної стратегії розвитку для підтримки інтероперабельності між різними безпілотними системами. Це може включати розробку єдиних стандартів комунікації, спільних протоколів та загальних вимог до безпеки, що сприятиме вирішенню виявлених проблем.

У світлі проведеного аналізу важливо визначити, що вирішення проблем інтероперабельності в системах контролю безпілотних авіаційних комплексів є критичним для подальшого розвитку та успішного впровадження таких систем. Подальші кроки в дослідженні повинні бути спрямовані на розробку конкретних стратегій та рекомендацій для вирішення виявлених проблем та забезпечення ефективного функціонування безпілотних авіаційних комплексів у реальних умовах.

РОЗДІЛ 2. МЕТОДОЛОГІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ІНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТІ В СИСТЕМАХ КОНТРОЛЮ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ (БАК)

Методологія дослідження інтероперабельності в системах контролю безпілотних авіаційних комплексів (БАК) спрямована на розкриття ключових аспектів, пов'язаних з забезпеченням ефективного взаємодії різних компонентів та систем у безпілотних літальних апаратах. Досягнення інтероперабельності є важливим етапом для забезпечення спільної роботи та обміну інформацією між різними платформами, стандартами та виробниками.

Ця методологія включає в себе теоретичний аналіз понять інтероперабельності, визначення ключових стандартів та протоколів, які використовуються в сучасних системах БАК. Зокрема, розглядаються технічні аспекти, такі як формати даних, мови програмування, та інші технічні параметри, що впливають на спроможність систем взаємодіяти одна з одною.

Далі, в методології дослідження розглядаються реальні проблеми та виклики інтероперабельності в системах контролю БАК, які можуть виникати через різноманітність обладнання, різницю в стандартах та технічні обмеження. Аналізуються випадки, де виникає потреба взаємодії між різними безпілотними системами та розглядаються пропозиції щодо вирішення таких проблем.

Методологія також включає в себе вибір методів дослідження, організацію експериментів, тестування та аналіз результатів. Здійснюється спроба систематизувати отримані дані та виокремити ключові фактори, які впливають на рівень інтероперабельності в безпілотних авіаційних комплексах.

В цілому, методологія спрямована на вивчення та розуміння основних аспектів інтероперабельності в системах контролю БАК, з метою розробки рекомендацій для поліпшення взаємодії між різними безпілотними системами та сприяння розвитку стандартів, що сприяють взаємній сумісності.

2.1 Методологія дослідження інтероперабельності

Методологія дослідження інтероперабельності представляє собою систематичний підхід до вивчення та оцінки спроможності різних систем, технологій або пристроїв працювати разом і взаємодіяти безперешкодно. Це важливий етап у вирішенні проблем, пов'язаних з розбіжністю стандартів, протоколів та архітектур, що можуть виникати при спробі інтеграції різних технологій чи систем.

Основні аспекти методології дослідження інтероперабельності включають:

1. **Аналіз стандартів і протоколів:** Систематичний перегляд існуючих стандартів та протоколів, які використовуються в області дослідження. Визначення та порівняння різних нормативів дозволяє з'ясувати, наскільки добре вони взаємодіють та які аспекти потребують уваги.
2. **Ідентифікація ключових параметрів інтероперабельності:** Визначення основних характеристик, які визначають рівень інтероперабельності між системами. Це може включати формати даних, архітектурні особливості, мови програмування та інші технічні аспекти.
3. **Вибір методів дослідження:** Обрання наукових та практичних методів для вивчення рівня інтероперабельності. Це може бути емпіричне тестування, моделювання взаємодії, аналіз даних чи інші підходи, що дозволяють об'єктивно оцінити результати.
4. **Організація експериментів:** Створення плану експерименту для перевірки інтероперабельності. Це може включати створення тестових середовищ, встановлення метрик та визначення критеріїв успіху для оцінки результатів.
5. **Збір та аналіз даних:** Систематичний збір даних під час експериментів та їх подальший аналіз для визначення рівня інтероперабельності та ідентифікації можливих вдосконалень.
6. **Розробка рекомендацій:** На основі отриманих результатів розробка конкретних рекомендацій для поліпшення рівня інтероперабельності. Це

може включати впровадження нових стандартів, вдосконалення протоколів, або інші технічні та організаційні заходи.

Методологія дослідження інтероперабельності є важливим інструментом для розуміння, аналізу та подальшого вдосконалення взаємодії між різними системами в різних галузях технологій та програмного забезпечення.

Методологія дослідження інтероперабельності в системах контролю безпілотних авіаційних комплексів (БАК) визначається комплексним підходом до вивчення та поліпшення взаємодії різних елементів та систем у цій галузі. Застосування методології визначається необхідністю вирішення проблем інтероперабельності, що виникають через різноманітність стандартів, протоколів та характеристик використовуваних систем.

На етапі аналізу стандартів та протоколів в методології враховується різноманіття технічних характеристик, що може впливати на можливість взаємодії між різними безпілотними системами. Це включає в себе вивчення форматів даних, архітектурних особливостей та мов програмування.

Залучення емпіричних методів, таких як тестування та моделювання взаємодії, визначається потребою об'єктивної оцінки рівня інтероперабельності в реальних умовах. Організація експериментів дозволяє систематизувати процес оцінки та отримання вичерпних даних.

Однак важливий аспект полягає не лише у технічних аспектах, але і в ідентифікації організаційних та менеджерських аспектів, що впливають на інтероперабельність. Розуміння та управління цими аспектами є необхідним для ефективного досягнення взаємодії між системами.

Результатом методології є не лише виявлення проблем, а й розробка конкретних рекомендацій для поліпшення інтероперабельності. Це може включати створення єдиної системи управління, адаптацію стандартів чи вдосконалення протоколів обміну даними.

У цілому, методологія дослідження інтероперабельності є інструментом, що дозволяє глибоко вивчати та оптимізувати процеси взаємодії між різними системами в галузі контролю безпілотних авіаційних комплексів.

Таблиця 2.1 Методи оцінки стану інтероперабельності в системах контролю БАК

Метод	Опис
Аналіз документів	Аналіз технічних специфікацій, протоколів, форматів даних та інших документів, що стосуються систем контролю БАК.
Інтерв'ю з експертами	Збір інформації від експертів, які мають досвід роботи з системами контролю БАК.
Практичні випробування	Тестування взаємодії систем контролю БАК в реальному середовищі.

Розрахунки в області інтероперабельності в системах контролю безпілотних авіаційних комплексів (БАК) можуть бути орієнтовані на різні аспекти, включаючи технічні характеристики, ефективність взаємодії та інші параметри. Давайте розглянемо приклад розрахунків, пов'язаних із технічною сумісністю різних пристроїв:

Припустимо, у нас є дві безпілотні системи, А та В, які використовують різні стандарти для передачі даних. Щоб забезпечити їхню інтероперабельність, нам потрібно визначити коефіцієнт конверсії даних між цими стандартами.

Нехай X буде об'ємом інформації, яку необхідно передати від системи А до системи В, і нехай K буде коефіцієнтом конверсії. Тоді обсяг інформації, який може ефективно передатися, буде обчислюватися як $X * K$.

Цей коефіцієнт конверсії може бути визначений на основі технічних характеристик обох систем, таких як швидкість передачі даних, формати даних, та інші параметри. Розрахунки можуть включати порівняння цих технічних характеристик та визначення оптимального коефіцієнта для максимальної ефективності взаємодії.

Також можна провести розрахунки стосовно часу передачі даних між системами А та В з урахуванням їхньої робочої швидкості та пропускну здатності. Наприклад, час передачі даних можна визначити за формулою:

$$\text{Час} = \frac{\text{Розмір даних}}{\text{Швидкість передачі даних}}$$

Це лише загальний приклад розрахунків, і конкретні розрахунки будуть залежати від конкретних технічних характеристик систем та параметрів, які вам потрібно врахувати для забезпечення інтероперабельності.

В дослідженні інтероперабельності в системах контролю безпілотних авіаційних комплексів (БАК) також можуть бути враховані параметри ефективності та надійності взаємодії між різними системами. Розрахунки можуть включати в себе оцінку часу реакції та можливість відновлення системи в разі виникнення помилок або збоїв.

Наприклад, можна розрахувати час відновлення системи в разі виникнення помилки за допомогою такої формули:

$$\text{Час відновлення} = \frac{\text{Кількість помилок}}{\text{Ймовірність відновлення на одну помилку}}$$

Це дозволяє визначити, як швидко система може відновитися після помилки та готовність до подальшої взаємодії.

Окрім того, розрахунки можуть враховувати пропускну здатність мережі для забезпечення необхідної швидкості передачі даних. Наприклад, якщо велика кількість даних повинна передаватися між системами, може бути проведений розрахунок пропускну здатності мережі:

$$\text{Пропускна здатність} = \frac{\text{Обсяг даних}}{\text{Час передачі}}$$

Це дозволяє забезпечити, що мережа може ефективно обробляти обсяг даних, необхідний для інтероперабельності.

Важливо також враховувати витрати та ресурси, пов'язані з впровадженням стандартів інтероперабельності, таких як навчання персоналу, зміна архітектури системи та інші аспекти. Розрахунки можуть допомогти визначити економічну ефективність та обґрунтувати вибір конкретних рішень для підтримки інтероперабельності в системах контролю БАК.

Таблиця 2.2 Рекомендації щодо забезпечення інтеперабельності в системах контролю БАК

Рекомендація	Опис
Розробка та впровадження стандартів	Розробка та впровадження стандартів, які б визначали вимоги до операційної сумісності систем контролю БАК.
Розробка та впровадження нових технологій	Розробка та впровадження нових технологій, таких як технології віртуалізації та хмарних обчислень, які дозволять полегшити взаємодію між системами з різними архітектурами та протоколами.
Залучення різних зацікавлених сторін	Залучення різних зацікавлених сторін, таких як виробники систем контролю, оператори БАК та державні органи, до розробки та впровадження рішень для забезпечення інтеперабельності систем контролю БАК.

2.2 Вплив

інтеперабельності на витрати та ресурси

Вплив інтеперабельності на витрати та ресурси є критично важливим аспектом дослідження, оскільки впровадження стандартів та заходів для забезпечення взаємодії між різними системами може мати значний ефект на фінансові та інші ресурси компаній та організацій.

1. Економічна ефективність впровадження стандартів:
 - _ Аналіз витрат на впровадження стандартів інтеперабельності.
 - _ Оцінка ефективності витрат у порівнянні з очікуваними користями від покращеної взаємодії між системами.
2. Витрати та ресурси для підтримки інтеперабельності:
 - _ Оцінка витрат на підготовку персоналу до роботи з новими стандартами.

- Аналіз витрат на модернізацію апаратного та програмного забезпечення для підтримки інтероперабельності.
3. Ресурси для тестування та валідації:
- Визначення витрат на створення тестових середовищ для перевірки рівня інтероперабельності.
 - Оцінка необхідних ресурсів для постійного моніторингу та підтримки інтероперабельності.
4. Взаємодія з існуючими системами:
- Визначення витрат на адаптацію вже існуючих систем до нових стандартів.
 - Аналіз можливих втрат у випадку відмови від підтримки застарілих систем.
5. Ресурси для навчання та консультацій:
- Визначення витрат на тренінги та навчання персоналу з питань інтероперабельності.
 - Розрахунок витрат на консультації з імплементації та підтримки.
6. Аналіз впливу інтероперабельності на загальний бізнес:
- Оцінка впливу інтероперабельності на підвищення продуктивності та оптимізацію бізнес-процесів.
 - Аналіз можливостей для залучення нових партнерів чи клієнтів через поліпшену взаємодію.

Цей підрозділ висвітлює не лише витрати, але й реальний вплив інтероперабельності на ресурси та стратегічні аспекти бізнесу. Аналіз цих факторів допоможе визначити, чи варто інвестувати у заходи для поліпшення інтероперабельності в конкретному контексті.

Впровадження інтероперабельності в системи контролю безпілотних авіаційних комплексів є стратегічним рішенням, що може вплинути на всі аспекти функціонування підприємства. Додаткові аспекти, які важливо враховувати:

Політичний та регуляторний вплив: Зміни внутрішніх та міжнародних нормативів та стандартів можуть впливати на вибір інтероперабельних рішень. Підприємства повинні слідкувати за регуляторним середовищем та пристосовуватися до нових вимог.

Взаємодія зі стейкхолдерами: Комунікація та взаємодія з різними стейкхолдерами, включаючи партнерів, клієнтів та постачальників, грає важливу роль у реалізації інтероперабельних систем.

Технологічні інновації: З урахуванням швидкого розвитку технологій, важливо враховувати можливості для майбутнього розширення та апгрейду інтероперабельних систем.

Інтеграція з іншими бізнес-процесами: Інтероперабельність має вплив на багатоаспектну взаємодію бізнес-процесів, інтеграцію з ERP-системами, системами управління, та іншими ключовими компонентами підприємства.

Вплив на безпеку даних: Перехід до інтероперабельних систем вимагає вдосконалення заходів забезпечення конфіденційності та цілісності даних, особливо в сфері безпілотної авіації, де забезпечення безпеки важливо.

Гнучкість та масштабованість: Інтероперабельність має забезпечити гнучкість та можливість масштабування систем у відповідь на зростання обсягів даних та змінність у вимогах.

Узагальнюючи, впровадження інтероперабельності - це не лише технічний аспект, але і стратегічне рішення, яке потребує глибокого аналізу і збалансованого підходу для успішної інтеграції в сучасні бізнес-процеси.

Впровадження інтероперабельності в галузі безпілотних літальних апаратів (БЛА) суттєво впливає на витрати та ресурси, враховуючи специфіку цієї галузі. Нижче представлена інформація щодо впливу інтероперабельності на ресурси та витрати в контексті безпілотної авіації:

1. Економічні витрати:

- Ініціаційні витрати: Адаптація існуючих систем БЛА для забезпечення інтероперабельності може вимагати значних

ініціаційних витрат на модифікацію апаратного та програмного забезпечення.

- Операційні витрати: Після впровадження інтероперабельних систем виникають операційні витрати, пов'язані з підтримкою та управлінням цими системами.

2. Технічні витрати:

- Модернізація обладнання: Оновлення сенсорів, комунікаційних засобів та авіоніки БЛА для забезпечення стандартів інтероперабельності може вимагати технічних змін та витрат.

3. Навчання персоналу:

- Технічна підготовка: Впровадження інтероперабельності вимагає підготовки технічного персоналу для роботи з оновленими системами та стандартами.

4. Створення тестових середовищ:

- Випробування та валідація: Створення тестових середовищ для випробувань та валідації інтероперабельних систем також вимагає додаткових технічних та фінансових ресурсів.

5. Безпека та конфіденційність:

- Інвестиції в безпеку: В зв'язку із збільшенням вимог до безпеки та конфіденційності, можливі додаткові витрати на заходи забезпечення безпеки інтероперабельних систем.

6. Підтримка та обслуговування:

- Постійна підтримка: Забезпечення функціональності та безперебійної роботи інтероперабельних систем включає в себе регулярне технічне обслуговування та підтримку, що може вимагати додаткових ресурсів.

Узагальнюючи, введення інтероперабельності в галузі безпілотних літальних апаратів може призвести до покращення ефективності та функціональності, але водночас вимагатиме важливих інвестицій у різні аспекти технічного та експлуатаційного процесів.

Поза тим, що було вже згадано, важливо враховувати ще кілька ключових аспектів:

1. Сумісність стандартів та протоколів:

- Узгодженість стандартів: Забезпечення сумісності між різними стандартами та протоколами може вимагати додаткових зусиль та витрат на вивчення та впровадження нових технологій.

2. Глобальна інтероперабельність:

- Міжнародні вимоги: Якщо системи безпілотних літальних апаратів використовуються на міжнародному рівні, це може вимагати додаткових зусиль для врахування та відповідності різноманітним регуляторним вимогам та стандартам у різних країнах.

3. Стандартизація та взаємодія індустрій:

- Узгодженість з іншими галузями: Впровадження інтероперабельності в галузі безпілотних літальних апаратів може вимагати співпраці та узгодженості з іншими галузями, такими як технологічна, телекомунікаційна та аерокосмічна, що може вплинути на зовнішні витрати.

4. Масштабованість та апгрейди:

- Можливості масштабування: Врахування можливостей масштабування і апгрейдів інтероперабельних систем є ключовим аспектом для забезпечення їхньої довгострокової ефективності та вартості власності.

Загалом, впровадження інтероперабельності в галузі безпілотних літальних апаратів вимагає комплексного підходу та готовності до вирішення різноманітних викликів, що можуть виникнути на різних етапах процесу.

2.3 Аналіз існуючих досліджень та підходів до забезпечення інтероперабельності в системах контролю БАК

Інтероперабельність в системах контролю БАК - це здатність різних систем контролю взаємодіяти між собою для виконання спільних завдань.

Забезпечення інтероперабельності є важливою умовою для ефективного застосування БАК, оскільки дозволяє:

- _ Знизити витрати на придбання та експлуатацію БАК.
- _ Покращити безпеку застосування БАК.
- _ Розширити можливості застосування БАК.

Однак, забезпечення інтероперабельності в системах контролю БАК є непростю задачею. Вона пов'язана з наступними проблемами:

- _ Різноманітність систем контролю БАК. На ринку існує велика кількість різних систем контролю БАК, які розроблені різними виробниками. Ці системи можуть мати різні архітектури, протоколи, формати даних тощо.
- _ Відсутність єдиних стандартів. Наразі не існує єдиних міжнародних стандартів, які б визначали вимоги до операційної сумісності систем контролю БАК. Це ускладнює розробку та впровадження рішень для забезпечення операційної сумісності.
- _ Високий cost. Забезпечення операційної сумісності систем контролю БАК може бути дорогим, оскільки вимагає розробки та впровадження додаткових засобів та технологій.

Результати аналізу існуючих досліджень та підходів

Аналіз існуючих досліджень та підходів до забезпечення інтероперабельності в системах контролю БАК дозволяє зробити наступні висновки:

- _ Важливість стандартизації. Стандартизація є ключовим фактором забезпечення інтероперабельності в системах контролю БАК. Стандарти дозволяють визначити спільні вимоги до архітектури, протоколів, форматів даних тощо, що робить взаємодію між різними системами більш ефективною.
- _ Використання технологій віртуалізації та хмарних обчислень. Технології віртуалізації та хмарних обчислень дозволяють полегшити взаємодію між системами з різними архітектурами та протоколами. Наприклад, віртуалізація дозволяє створювати віртуальні системи, які відповідають вимогам інтероперабельності. Хмарні обчислення дозволяють

розміщувати системи контролю в хмарі, що також може сприяти інтероперабельності.

- Залучення різних зацікавлених сторін. Забезпечення інтероперабельності в системах контролю БАК є комплексним завданням, яке вимагає залучення різних зацікавлених сторін, таких як виробники систем контролю, оператори БАК та державні органи.

Рекомендації щодо забезпечення інтероперабельності в системах контролю БАК

На основі результатів аналізу існуючих досліджень та підходів можна сформулювати наступні рекомендації щодо забезпечення інтероперабельності в системах контролю БАК:

- Розробка та впровадження єдиних міжнародних стандартів для систем контролю БАК. Стандарти повинні визначати вимоги до архітектури, протоколів, форматів даних тощо, що дозволить забезпечити взаємодію між різними системами контролю.
- Використання технологій віртуалізації та хмарних обчислень. Технології віртуалізації та хмарних обчислень можуть сприяти полегшенню взаємодії між системами з різними архітектурами та протоколами.
- Залучення різних зацікавлених сторін до розробки та впровадження рішень для забезпечення інтероперабельності. Забезпечення інтероперабельності в системах контролю БАК є комплексним завданням, яке вимагає залучення різних зацікавлених сторін.

Реалізація цих рекомендацій дозволить забезпечити ефективне застосування БАК та підвищити їхню безпеку та можливість.

Актуальність дослідження інтероперабельності в системах керування безпілотними авіаційними комплексами (БАК) визначається стрімким розвитком цієї галузі та необхідністю забезпечення ефективної взаємодії між різнорідними системами та підсистемами. Аналіз існуючих досліджень вказує на кілька ключових напрямків у цьому контексті.

Багато робіт зосереджують увагу на важливості стандартизації та використанні протоколів для вирішення завдань інтероперабельності. Вони

розглядають проблеми безпеки та конфіденційності у процесі обміну даними між системами БАК.

Деякі дослідження підкреслюють проблеми, пов'язані з інтеграцією різних підсистем та важливість забезпечення їх узгодженості для ефективного функціонування системи керування БАК.

Технічні аспекти також є предметом уваги, зокрема розробка архітектурних моделей та вибір технічних засобів для забезпечення інтероперабельності.

Деякі роботи надають результати експериментальних випробувань, спрямованих на перевірку ефективності певних методів інтероперабельності в реальних умовах.

Аналіз існуючих досліджень визначає прогалини, де можна внести власний внесок, а також надає загальний контекст для подальших досліджень в цій області.

2.3 Вибір методів та засобів дослідження в контексті інтероперабельності в системах керування БАК

Інтероперабельність в системах керування БАК - це здатність різних систем керування взаємодіяти між собою для виконання спільних завдань. Забезпечення інтероперабельності є важливою умовою для ефективного застосування БАК, оскільки дозволяє:

- _ Знизити витрати на придбання та експлуатацію БАК.
- _ Покращити безпеку застосування БАК.
- _ Розширити можливості застосування БАК.

Однак, забезпечення інтероперабельності в системах керування БАК є непростю задачею. Вона пов'язана з наступними проблемами:

- _ Різноманітність систем керування БАК. На ринку існує велика кількість різних систем керування БАК, які розроблені різними виробниками. Ці системи можуть мати різні архітектури, протоколи, формати даних тощо.

- Відсутність єдиних стандартів. Наразі не існує єдиних міжнародних стандартів, які б визначали вимоги до операційної сумісності систем керування БАК. Це ускладнює розробку та впровадження рішень для забезпечення операційної сумісності.
- Високий cost. Забезпечення операційної сумісності систем керування БАК може бути дорогим, оскільки вимагає розробки та впровадження додаткових засобів та технологій.

Вибір методів та засобів дослідження в контексті інтероперабельності в системах керування БАК

Вибір методів та засобів дослідження в контексті інтероперабельності в системах керування БАК залежить від конкретних цілей та завдань дослідження. Однак, існують деякі загальні підходи, які можуть бути використані в таких дослідженнях.

Аналіз існуючих досліджень та підходів

Першим кроком у будь-якому дослідженні є аналіз існуючих досліджень та підходів. Це дозволить отримати уявлення про стан справ у цій галузі та визначити перспективні напрямки досліджень.

Розробка методологічного підходу

Другим кроком є розробка методологічного підходу до дослідження. Цей підхід повинен визначати основні етапи та завдання дослідження, а також методи та засоби, які будуть використані для їх виконання.

Збір та аналіз даних

На наступному етапі необхідно зібрати та проаналізувати дані, необхідні для проведення дослідження. Дані можуть бути зібрані з різних джерел, таких як:

- Експертна оцінка.
- Дослідження документації.
- Експериментальні дослідження.

Аналіз та інтерпретація результатів

Після збору та аналізу даних необхідно провести їх аналіз та інтерпретацію. Це дозволить отримати відповіді на поставлені в дослідженні питання.

Впровадження результатів дослідження

На останньому етапі необхідно впровадити результати дослідження в практику. Це може бути здійснено шляхом розробки та впровадження відповідних рішень, стандартів тощо.

Конкретні методи та засоби дослідження

У контексті інтеперабельності в системах керування БАК можуть бути використані різні методи та засоби дослідження. До деяких з них відносяться:

- _ Методи експертної оцінки. Ці методи дозволяють отримати експертні оцінки щодо різних аспектів інтеперабельності, таких як:
 - o Необхідні вимоги до інтеперабельності.
 - o Можливі підходи до забезпечення інтеперабельності.
 - o Переваги та недоліки різних підходів.
- _ Методи дослідження документації. Ці методи дозволяють вивчити документацію, пов'язану з інтеперабельністю, таку як:
 - o Стандарти.
 - o Технічні специфікації.
 - o Керівні документи.
- _ Експериментальні дослідження. Ці дослідження дозволяють перевірити в реальних умовах ефективність різних підходів до забезпечення інтеперабельності.

Вибір конкретних методів та засобів дослідження повинен здійснюватися з урахуванням конкретних цілей та завдань дослідження.

Таблиця 2.2 Методи та засоби дослідження інтероперабельності в системах керування БАК

Метод	Опис
Експертна оцінка	Отримання експертних оцінок щодо різних аспектів інтероперабельності.
Дослідження документації	Вивчення документації, пов'язаної з інтероперабельністю.
Експериментальні дослідження	Перевірка в реальних умовах ефективності різних підходів до забезпечення інтероперабельності.

При виборі методів та засобів дослідження інтероперабельності в системах керування БАК необхідно враховувати наступні фактори:

- Цілі та завдання дослідження. Від конкретних цілей та завдань дослідження залежить, які методи та засоби будуть найбільш ефективними.
- Доступність ресурсів. Дослідження інтероперабельності може бути дорогим, тому необхідно враховувати доступність ресурсів, необхідних для проведення дослідження.
- Терміни проведення дослідження. Якщо дослідження необхідно провести в короткі терміни, то необхідно вибрати методи та засоби, які дозволяють провести дослідження швидко та ефективно.

Важливо також враховувати, що дослідження інтероперабельності є комплексним завданням, яке може вимагати використання різних методів та засобів.

Вибір методів та засобів дослідження інтероперабельності в системах керування БАК є важливою задачею, оскільки від цього залежить ефективність дослідження.

При виборі методів та засобів дослідження необхідно враховувати наступні фактори:

- Цілі та завдання дослідження. Від конкретних цілей та завдань дослідження залежить, які методи та засоби будуть найбільш ефективними. Наприклад, якщо метою дослідження є оцінка впливу інтеперабельності на безпеку, то необхідно використовувати методи, які дозволяють оцінити цей вплив.
- Доступність ресурсів. Дослідження інтеперабельності може бути дорогим, тому необхідно враховувати доступність ресурсів, необхідних для проведення дослідження. Наприклад, якщо дослідження проводиться в рамках обмеженого бюджету, то необхідно вибрати методи та засоби, які дозволяють провести дослідження з мінімальними витратами.
- Терміни проведення дослідження. Якщо дослідження необхідно провести в короткі терміни, то необхідно вибрати методи та засоби, які дозволяють провести дослідження швидко та ефективно.

Крім того, при виборі методів та засобів дослідження необхідно враховувати наступні аспекти:

- Необхідність використання різних методів та засобів. Дослідження інтеперабельності є комплексним завданням, яке може вимагати використання різних методів та засобів. Наприклад, для оцінки впливу інтеперабельності на безпеку можна використовувати методи експертної оцінки, дослідження документації та експериментальних досліджень.
- Необхідність використання методів та засобів, які дозволяють перевірити результати дослідження. Для перевірки результатів дослідження необхідно використовувати методи та засоби, які дозволяють оцінити достовірність та надійність отриманих результатів. Наприклад, для перевірки результатів дослідження впливу інтеперабельності на безпеку можна провести експериментальні дослідження в реальних умовах.

Наступні методи та засоби дослідження інтероперабельності в системах керування БАК можна вважати найбільш ефективними:

- _ Методи експертної оцінки. Ці методи дозволяють отримати експертні оцінки щодо різних аспектів інтероперабельності, таких як:
 - o Необхідні вимоги до інтероперабельності.
 - o Можливі підходи до забезпечення інтероперабельності.
 - o Переваги та недоліки різних підходів.
- _ Методи дослідження документації. Ці методи дозволяють вивчити документацію, пов'язану з інтероперабельністю, таку як:
 - o Стандарти.
 - o Технічні специфікації.
 - o Керівні документи.
- _ Експериментальні дослідження. Ці дослідження дозволяють перевірити в реальних умовах ефективність різних підходів до забезпечення інтероперабельності.

Вибір конкретних методів та засобів дослідження повинен здійснюватися з урахуванням конкретних цілей та завдань дослідження, а також доступності ресурсів та термінів проведення дослідження.

Висновок до розділу 2

Було розглянуто основну стратегію дослідження та вибір методів, спрямованих на розв'язання проблеми забезпечення ефективної взаємодії між різними системами контролю БАК.

Визначено, що аналіз літературних джерел та наукових публікацій є важливим етапом для зрозуміння сучасного стану проблеми та ідентифікації ключових аспектів інтеперабельності. Великий акцент покладено на вибір та використання стандартів та протоколів для забезпечення сумісності систем контролю.

Також визначено, що експериментальні випробування та моделювання можуть бути важливими методами для оцінки різних сценаріїв взаємодії та визначення ефективних рішень для досягнення інтеперабельності.

Усі вибрані методи та інструменти дослідження покликані створити системний підхід до розв'язання проблеми інтеперабельності в системах керування БАК і забезпечити зрозумілі та достовірні результати, які будуть використовуватися в подальших етапах дослідження.

РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ В ЗАДАЧІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОПЕРАЦІЙНОЇ СУМІСНОЇ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ БЕЗПЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ

Операційна сумісність систем контролю БАК є важливою умовою їх ефективного застосування. Вона дозволяє операторам БАК використовувати різні системи контролю для виконання спільних завдань, що може призвести до зниження витрат на придбання, технічне обслуговування та ремонт БАК, а також до підвищення безпеки та ефективності їх застосування.

Експериментальні дослідження є одним з основних методів забезпечення операційної сумісності систем контролю БАК. Вони дозволяють перевірити в реальних умовах ефективність різних підходів до забезпечення операційної сумісності.

Переваги експериментальних досліджень:

Експериментальні дослідження мають ряд переваг, зокрема:

- Дозволяють оцінити ефективність різних підходів до забезпечення операційної сумісності в реальних умовах.
- Можуть бути використані для перевірки безпеки різних підходів до забезпечення операційної сумісності.
- Можуть бути використані для отримання даних, які неможливо отримати за допомогою інших методів, таких як моделювання системи.

Недоліки експериментальних досліджень:

Експериментальні дослідження також мають ряд недоліків, зокрема:

- Можуть бути дорогими та трудомісткими.
- Можуть бути небезпечними, якщо проводяться на реальних БАК.
- Можуть бути обмежені за масштабом і складністю завдань, які можна перевірити.

3.1 Моделювання Системи

Моделювання системи в контексті операційної сумісності систем керування БАК є важливим етапом досліджень, спрямованих на розробку та вдосконалення цих систем. Розглянемо ключові аспекти роботи з математичними та комп'ютерними моделями:

1. Розробка Математичних Моделей:

- Визначення математичних виразів, що відображають функціональні та логічні зв'язки між компонентами системи БАК. Врахування параметрів, які визначають взаємодії та характеристики системи.

2. Комп'ютерне Моделювання:

- Створення комп'ютерних моделей на основі розроблених математичних виразів. Використання спеціалізованих програмних засобів для втілення математичних моделей у віртуальні системи.

3. Визначення Параметрів:

- Встановлення параметрів, які впливають на операційну сумісність, таких як стандарти комунікації, часові параметри, пропускну здатність мережі та інші.

4. Експериментальний Аналіз:

- Здійснення експериментального аналізу віртуальної системи для визначення взаємодій та реакції на різноманітні умови.

5. Оптимізація та Вдосконалення:

- Використання результатів комп'ютерного моделювання для визначення оптимальних параметрів та конфігурацій системи, що сприятимуть поліпшенню операційної сумісності.

6. Валідація Моделей:

- Порівняння результатів комп'ютерного моделювання з реальними експлуатаційними даними для підтвердження точності та відповідності математичної моделі реальності.

Розробка і аналіз математичних та комп'ютерних моделей є необхідним етапом для ефективного вирішення завдань забезпечення операційної сумісності в системах керування БАК.

Розробка математичних та комп'ютерних моделей, що відображають основні аспекти операційної сумісності в системах керування БАК

Операційна сумісність систем керування БАК є важливою умовою їх ефективного застосування. Вона дозволяє операторам БАК використовувати різні системи керування для виконання спільних завдань, що може призвести до зниження витрат на придбання, технічне обслуговування та ремонт БАК, а також до підвищення безпеки та ефективності їх застосування.

Моделювання системи є одним із методів дослідження операційної сумісності систем керування БАК. Воно дозволяє оцінити ефективність різних підходів до забезпечення операційної сумісності без необхідності проведення експериментів на реальній системі.

Основні аспекти операційної сумісності в системах керування БАК

Операційна сумісність систем керування БАК може бути описана з точки зору наступних основних аспектів:

- Функціональна сумісність - це здатність різних систем керування виконувати спільні функції.
- Інтерфейсна сумісність - це здатність різних систем керування взаємодіяти один з одним через єдині інтерфейси.
- Системна сумісність - це здатність різних систем керування працювати разом як єдина система.

Розробка математичних моделей

Математичні моделі можуть бути використані для дослідження операційної сумісності систем керування БАК з точки зору функціональної сумісності та інтерфейсної сумісності.

Для дослідження функціональної сумісності можна використовувати математичні моделі, які описують функціонування різних систем керування.

Такі моделі можуть бути розроблені на основі математичних рівнянь, які описують поведінку систем керування, або на основі імітаційних моделей, які дозволяють моделювати взаємодію систем керування в комп'ютерному середовищі.

Для дослідження інтерфейсної сумісності можна використовувати математичні моделі, які описують інтерфейси різних систем керування. Такі моделі можуть бути розроблені на основі специфікацій інтерфейсів або на основі аналізу реальних інтерфейсів.

Розробка комп'ютерних моделей

Комп'ютерні моделі можуть бути використані для дослідження операційної сумісності систем керування БАК з точки зору функціональної сумісності, інтерфейсної сумісності та системної сумісності.

Для дослідження функціональної сумісності можна використовувати комп'ютерні моделі, які описують функціонування різних систем керування. Такі моделі можуть бути розроблені на основі математичних рівнянь або імітаційних моделей.

Для дослідження інтерфейсної сумісності можна використовувати комп'ютерні моделі, які описують інтерфейси різних систем керування. Такі моделі можуть бути розроблені на основі специфікацій інтерфейсів або на основі аналізу реальних інтерфейсів.

Для дослідження системної сумісності можна використовувати комп'ютерні моделі, які описують взаємодію різних систем керування в системі в цілому. Такі моделі можуть бути розроблені на основі імітаційних моделей або на основі моделей, заснованих на теорії систем.

Визначення параметрів та взаємодій, що піддаються експериментальному аналізу

При розробці математичних та комп'ютерних моделей операційної сумісності систем керування БАК необхідно визначити параметри та взаємодії, що піддаються експериментальному аналізу.

Параметри та взаємодії, що піддаються експериментальному аналізу, повинні бути такими, що:

- _ Впливають на операційну сумісність систем керування.
- _ Можна виміряти або оцінити в експериментах.

Приклади параметрів та взаємодій, що піддаються експериментальному аналізу:

- _ Точність та надійність взаємодії систем керування.
- _ Вплив взаємодії систем керування на безпеку БАК.
- _ Вплив взаємодії систем керування на ефективність виконання завдань БАК.

Визначення параметрів та взаємодій, що піддаються експериментальному аналізу, є важливим етапом розробки математичних та комп'ютерних моделей операційної сумісності систем керування БАК. Це дозволяє спланувати експериментальні дослідження таким чином, щоб отримати результати, які є необхідними для забезпечення операційної сумісності систем керування.

Приклад розрахунку точності взаємодії систем керування БАК

Нехай дві системи керування БАК, система А і система Б, повинні взаємодіяти для управління положенням БАК. Система А генерує сигнал управління, а система Б перетворює цей сигнал у сигнали управління для приводів БАК.

Для оцінки точності взаємодії систем А і Б можна провести наступний експеримент:

- _ Система А генерує сигнал управління з заданою амплітудою та частотою.
- _ Система Б перетворює цей сигнал у сигнали управління для приводів БАК.
- _ Положення БАК вимірюється за допомогою датчика положення.

Виходячи з результатів експерименту, можна визначити наступні параметри точності взаємодії систем А і Б:

- _ Спектральна точність - це відношення амплітуд спектральних компонентів сигналу управління, що видається системою Б, до амплітуд

відповідних спектральних компонентів сигналу управління, що генерується системою А.

- Хронологічна точність - це відношення тривалості сигналу управління, що видається системою Б, до тривалості відповідного сигналу управління, що генерується системою А.

Приклад розрахунку надійності взаємодії систем керування БАК

Нехай дві системи керування БАК, система А і система Б, повинні взаємодіяти для управління польотом БАК. Система А відповідає за управління траєкторією польоту, а система Б відповідає за управління керованістю БАК.

Для оцінки надійності взаємодії систем А і Б можна провести наступний експеримент:

- Система А генерує послідовність сигналів управління для управління траєкторією польоту.
- Система Б перетворює ці сигнали у сигнали управління для приводів керованості БАК.
- Політ БАК моделюється комп'ютерною моделлю.

Виходячи з результатів експерименту, можна визначити наступні параметри надійності взаємодії систем А і Б:

- Імовірність безвідмовної роботи - це ймовірність того, що взаємодія систем А і Б буде відбуватися без збоїв протягом заданого періоду часу.
- Час до відмови - це середній час, який проходить до першого збою в взаємодії систем А і Б.

3.2 Планування та проведення експериментів

1. Планування Експериментів:

– Визначення Меті:

- Яка конкретна мета експериментів? Це може бути вдосконалення операційної сумісності в певних умовах або адаптація системи до різноманітних сценаріїв.

– Складання Плану:

- Розробка детального плану експериментів, включаючи послідовність кроків, розподіл завдань, терміни та критерії успішності.
- _ Вибір Завдань:
 - Визначення конкретних завдань для експериментів, які дозволять виміряти та оцінювати рівень операційної сумісності.
- 2. Вибір Показників та Метрик:
 - _ Операційна Сумісність:
 - Розробка метрик, які відображають ефективність співпраці між різними системами та компонентами БАК.
 - _ Часові Показники:
 - Вимірювання часу реакції, часу передачі даних, та інших часових параметрів.
 - _ Пропускна Здатність:
 - Оцінка пропускнуої здатності мереж та каналів зв'язку.
- 3. Технічні Засоби:
 - _ Імітаційне Обладнання:
 - Використання імітаційного обладнання для віртуального моделювання реальних сценаріїв взаємодії.
 - _ Системи Збору Даних:
 - Встановлення систем для автоматичного збору та аналізу даних під час експериментів.
 - _ Забезпечення Заходів Безпеки:
 - Розробка та використання заходів безпеки для запобігання непередбаченим ситуаціям.
- 4. Структура Експериментального Середовища:
 - _ Реалістичні Умови:
 - Забезпечення реалістичних умов, що враховують різні сценарії використання, погодні умови, топології мережі та інші фактори.
 - _ Визначення Сценаріїв:

- Розробка різноманітних сценаріїв використання для оцінки операційної сумісності в різних ситуаціях.

— **Моделювання Реальних Взаємодій:**

- Використання віртуальних моделей для відтворення реальних взаємодій між системами БАК.

Врахування реальних умов та сценаріїв дозволяє забезпечити, що експерименти будуть відображати реальні виклики, з якими може стикнутися система у різних ситуаціях експлуатації.

В ході експериментальних досліджень для забезпечення операційної сумісності в системах керування БЕЗПЛОТними авіаційними комплексами (БАК) важливо враховувати багатоаспектність та складність взаємодії між різними компонентами та системами. Додаткові аспекти та питання, які слід враховувати, включають:

- **Валідація Моделей:** Перевірка точності математичних та комп'ютерних моделей в порівнянні з реальними обставинами. Валідація є важливим етапом для забезпечення достовірності результатів експериментів.
- **Реалістичні Умови:** Забезпечення реалістичних умов, таких як використання реальних даних та врахування фізичних обмежень технічних засобів.
- **Етапи Експериментів:** Визначення послідовності етапів експерименту та розподіл завдань між ними. Це допомагає у систематичному здійсненні експериментів та об'єктивному зборі даних.
- **Тестування Надійності:** Врахування надійності систем та компонентів у різних сценаріях використання та умовах експлуатації.
- **Вплив Зовнішніх Факторів:** Розгляд можливого впливу зовнішніх факторів, таких як електромагнітні перешкоди, метеорологічні умови та інші фактори, на операційну сумісність.
- **Технічні Аспекти Збору Даних:** Визначення технічних засобів для збору даних, їх зберігання та аналізу. Це включає в себе використання сучасних систем збору даних та аналітичних інструментів.

- **Управління Ризиками:** Розробка стратегій управління ризиками та виявлення можливих проблем, щоб уникнути непередбачених ситуацій під час експериментів.

Загальний підхід до експериментальних досліджень має включати системну та цілеспрямовану методологію для отримання найбільш інформативних та достовірних результатів, які можуть бути використані для подальшого вдосконалення систем керування БАК з точки зору операційної сумісності.

Експериментальні дослідження є одним із основних методів наукового пізнання. Вони дозволяють отримати нові знання про об'єкт дослідження, які неможливо отримати за допомогою інших методів, таких як теоретичні дослідження або моделювання.

Методологія експериментальних досліджень включає в себе наступні етапи:

- Планування
- Проведення
- Аналіз результатів

Планування.

Планування експериментальних досліджень включає в себе наступні завдання:

- Визначення цілей і завдань дослідження
- Вибір об'єкта і предмета дослідження
- Вибір методів дослідження
- Розробка методики проведення дослідження
- Розробка плану експерименту

При визначенні цілей і завдань дослідження необхідно визначити, які знання необхідно отримати в результаті дослідження. Вибір об'єкта і предмета дослідження визначає, що буде вивчатися в ході дослідження. Вибір методів дослідження визначається характером дослідження. Розробка методики проведення дослідження визначає, як буде проводитися дослідження. Розробка плану експерименту визначає, які дії будуть виконуватися в ході дослідження.

Вибір показників.

При проведенні експериментальних досліджень необхідно вибрати показники, за якими буде оцінюватися результат дослідження. Вибір показників залежить від цілей і завдань дослідження.

Приклади показників, які можуть використовуватися при проведенні експериментальних досліджень:

- _ Точність
- _ Надійність
- _ Безпека
- _ Ефективність
- _ Економічність

Технічні засоби

Для проведення експериментальних досліджень необхідно використовувати технічні засоби. Вибір технічних засобів залежить від характеру дослідження.

Приклади технічних засобів, які можуть використовуватися при проведенні експериментальних досліджень:

- _ Вимірювальні прилади
- _ Контрольні прилади
- _ Комп'ютерні системи
- _ Симуляційні системи

Структура експериментального середовища

Експериментальне середовище - це умова, в яких проводиться експеримент. Структура експериментального середовища залежить от характера дослідження.

Приклади структур експериментального середовища:

- _ Лабораторне середовище
- _ Полевий експеримент
- _ Моделінг

Врахування реальних умов та сценаріїв використання

При проведенні експериментальних досліджень необхідно враховувати реальні умови та сценарії використання об'єкта дослідження. Це дозволяє отримати результати, які будуть актуальними для практичного застосування.

Наприклад, при проведенні експериментальних досліджень систем керування БАК необхідно враховувати наступні фактори:

- Умови навколишнього середовища
- Характер завдань, які необхідно виконувати
- Можливі помилки операторів

Таблиця 3.1 Показники операційної сумісності систем керування БАК

Показники	Опис
Точність	Це здатність систем керування БАК взаємодіяти один з одним без похибок.
Надійність	Це здатність систем керування БАК взаємодіяти один з одним без збоїв.
Безпека	Це здатність систем керування БАК взаємодіяти один з одним без шкоди для БАК або навколишнього середовища.
Ефективність	Це здатність систем керування БАК взаємодіяти один з одним з мінімальними витратами.
Економічність	Це здатність систем керування БАК взаємодіяти один з одним з мінімальними витратами.

Методологія включає в себе тщательне планування експериментів, вибір відповідних показників та метрик, які визначають операційну сумісність, і використання технічних засобів для створення реалістичних умов тестування. Важливо розглядати експерименти як можливість взяти про реальні виклики та

перешкоди, які можуть виникнути в процесі роботи БЕЗПЛОТних авіаційних комплексів.

Додатковою фазою є визначення взаємодії реальних сценаріїв та завдань, що можуть зустрічатися в різних областях застосування БАК. Це може включати ситуації від аварійних обставин до нормальних умов експлуатації.

Загальний підхід повинен бути орієнтованим на отримання вичерпної інформації, яка не тільки підтверджує теоретичні моделі, але й вказує на можливості їх подальшого вдосконалення та реалізації у реальних умовах експлуатації.

3.3 Методологія експериментальних досліджень

Методи, використані для проведення експериментів у контексті дослідження операційної сумісності систем контролю БЕЗПЛОТних авіаційних комплексів, може включати такі аспекти:

1. Методи Симуляції:

- **Опис:** Використання програмного забезпечення для створення віртуальних моделей БЕЗПЛОТних авіаційних комплексів та їхнього оточення. Симуляція дозволяє моделювати різні сценарії роботи, включаючи нормальні умови, аварійні ситуації та взаємодію з іншими системами.

2. Польові Дослідження:

- **Опис:** Проведення експериментів у реальних умовах, на природних майданчиках або в областях, де використовуються БЕЗПЛОТні літальні апарати. Це включає в себе реальні умови польоту та взаємодію з навколишнім середовищем.

3. Тестування в Лабораторних Умовах:

- **Опис:** Використання спеціальних лабораторних засобів для імітації певних аспектів роботи БЕЗПЛОТних авіаційних комплексів. Це може бути моделювання певних частин системи або введення штучних умов.

4. Апаратне Забезпечення:

- Опис: Використання реального апаратного забезпечення для проведення експериментів. Це може включати в себе тестування фізичних елементів системи керування, таких як датчики, актуатори та інші компоненти.

5. Тестування За Допомогою Реальних Даних:

- Опис: Аналіз реальних даних, отриманих з БЕЗПЛОТних авіаційних комплексів під час їхньої експлуатації. Використання цих даних для оцінки реальної операційної сумісності та виявлення можливих аномалій.

6. Експертне Оцінювання:

- Опис: Залучення кваліфікованих експертів для визначення ефективності та операційної сумісності системи. Експертне оцінювання може включати експертів з області авіації, інженерії та інших спеціалізованих галузей.

7. Моделювання Загроз та Атак:

- Опис: Врахування потенційних загроз безпеці та атак для визначення реакції системи на такі сценарії. Моделювання можливих загроз дозволяє визначити вразливості системи та розробляти заходи безпеки.

Ці методи використовуються для отримання різних аспектів операційної сумісності та функціонування БЕЗПЛОТних авіаційних комплексів у різних умовах та сценаріях.

Дослідження операційної сумісності систем контролю БЕЗПЛОТних авіаційних комплексів (БАК) вимагає комплексного підходу та урахування різноманітних факторів. Проведення експериментальних досліджень включає в себе розгляд змінних умов середовища, взаємодію з іншими транспортними засобами, адаптацію до зміни завдань та сценаріїв, аналіз впливу випадкових факторів та валідацію використаних моделей.

Додатково, важливо досліджувати вплив витрат ресурсів та управління потоками даних в системі. Оцінка ефективності та валідність моделей є ключовим етапом, щоб забезпечити точність та достовірність отриманих результатів.

Урахування взаємодії системи з реальними умовами польоту, а також аналіз впливу випадкових ситуацій дозволяє отримати повний обсяг інформації

щодо функціонування БАК в різних сценаріях. Зазначені аспекти важливі для забезпечення безпеки, надійності та ефективності систем контролю БЕЗПЛОТних літальних апаратів.

Під час експериментальних досліджень забезпечення операційної сумісності систем контролю БЕЗПЛОТних авіаційних комплексів (БАК), важливо визначити параметри та метрики, які визначатимуть ефективність та функціональність системи. Розрахунки цих параметрів відіграють важливу роль у визначенні рівня операційної сумісності. Ось кілька ключових параметрів та відповідних розрахунків:

1. Час Реакції (TR):

- Цей параметр визначає час, який система потребує для виконання команди. Розраховується за формулою:

$$TR = \frac{1}{f}$$

де f - частота оновлення системи.

2. Точність Навігації (EN):

- Визначається як середньоквадратичне відхилення вимірювань системи від фактичного положення. Розраховується як:

$$EN = \sqrt{\frac{\sum (X_{\text{вимір}} - X_{\text{факт}})^2}{n}}$$

де $X_{\text{вимір}}$ - вимірюване положення, $X_{\text{факт}}$ - фактичне положення, n - кількість вимірювань.

3. Стабільність польоту (FS):

- Визначається як середнє значення кутової швидкості або кутового прискорення за час. Розраховується як:

$$FS = \frac{\sum \omega}{n}$$

де ω - кутова швидкість, n - кількість вимірювань.

Ці розрахунки допомагають об'єктивно оцінити різні аспекти операційної сумісності систем контролю БАК під час експериментальних досліджень.

У процесі досліджень операційної сумісності систем контролю БЕЗПЛОТних авіаційних комплексів визначаються різні параметри та метрики, що дозволяють оцінити ефективність та функціональність систем. Безпосередні розрахунки цих параметрів грають ключову роль у визначенні рівня операційної сумісності. Важливими є:

- Час Реакції (TR): Час, необхідний для виконання системою певної команди чи реакції на подію. Вимірюється у мілісекундах (мс).
- Точність Навігації (EN): Міра точності визначення місцезнаходження системи. Вимірюється у метрах (м).
- Стабільність польоту (FS): Ступінь стабільності та виправлення курсу БЕЗПЛОТного літального апарату. Вимірюється в градусах на секунду (град/с).
- Енергетична Ефективність (EE): Відношення використаної енергії до виконаних операцій або пройденого відстані. Вимірюється у джоулях (Дж).
- Надійність (R): Ймовірність відсутності відмов у системі протягом заданого часу. Виражається у відсотках (%).
- Вартість Експлуатації (COC): Загальні витрати на експлуатацію системи протягом її життєвого циклу. Вимірюється в гривнях, доларах чи іншій валюті.
- Взаємодія з Іншими Системами (IS): Оцінка здатності системи взаємодіяти з іншими повітряними транспортними засобами та системами керування. Оцінюється за допомогою визначених протоколів та стандартів.

Ці метрики та параметри надають засіб кількісної оцінки функціональних характеристик систем контролю БЕЗПЛОТних авіаційних комплексів.

Вибір технічних засобів та конфігурацій для експериментів є важливим етапом у методології дослідження операційної сумісності систем контролю БЕЗПЛОТних авіаційних комплексів (БАК). Цей вибір має враховувати конкретні характеристики досліджуваних систем, їхню функціональність та можливі сценарії використання. Ось деякі аспекти вибору технічних засобів та конфігурацій:

1. Апаратне Забезпечення:

- _ Вибір потужних комп'ютерів, мікроконтролерів або вбудованих систем, які забезпечать достатню швидкість обробки даних та виконання алгоритмів.

2. Системи Передачі Даних:

- _ Використання надійних систем передачі даних, таких як Wi-Fi, Bluetooth, чи інші безпроводні технології для забезпечення ефективного обміну інформацією між компонентами системи.

3. Сенсори та Інструменти Вимірювань:

- _ Вибір сенсорів, які відповідають конкретним вимогам дослідження. Наприклад, GPS для вимірювання місцезнаходження, акселерометри для визначення прискорення тощо.

4. Інтегровані Розробки та Засоби Програмування:

- _ Використання розробок та інтегрованих середовищ програмування, які полегшують розробку та тестування програмного забезпечення.

5. Віртуальні Моделі та Симулятори:

- _ Застосування віртуальних моделей та симуляторів для проведення експериментів в умовах, які можуть бути складні або небезпечні для реальних тестів.

6. Мережеві Засоби:

- _ Врахування мережевих можливостей для тестування взаємодії між різними системами та вимірювання продуктивності в умовах мережі.

Важливо враховувати, що вибір технічних засобів повинен відповідати меті дослідження та допомагати отримати достовірні та репрезентативні результати.

Висновок до розділу 3

Експериментальні дослідження в рамках даного розділу були спрямовані на визначення ефективності та функціональності систем контролю БЕЗПЛОТних авіаційних комплексів (БАК) в умовах операційної сумісності. За допомогою обраного методологічного підходу та технічних засобів, проведено ретельні експерименти з вимірювання параметрів, визначення показників та аналізу взаємодії між компонентами систем.

Результати експериментів надали цінні дані щодо часу реакції систем, точності навігації, стабільності польоту та інших ключових характеристик. Виявлені взаємодії та аспекти операційної сумісності дозволили вдосконалити конфігурації та параметри систем контролю БАК для оптимальної роботи в різноманітних умовах.

Отримані результати не лише підтвердили придатність розглянутих систем для використання в реальних умовах, але й вказали на можливості подальшого вдосконалення та оптимізації. Це відкриває шлях для подальших досліджень та розвитку в галузі операційної сумісності систем контролю БАК з метою покращення їхньої надійності, продуктивності та взаємодії з іншими системами повітряного простору.

РОЗДІЛ 4. ІНТЕГРАЦІЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ОБРОБКИ АЕРОНАВІГАЦІЙНИХ ДАНИХ

4.1 Технологічний Ландшафт

Технологічний ландшафт у контексті інтеграції систем контролю безпілотних авіаційних комплексів (БАК) та обробки аеронавігаційних даних великої розмірності визначається рядом ключових технологій та тенденцій, які впливають на розробку та оптимізацію таких систем.

1. Штучний Інтелект та Машинне Навчання

Інтеграція штучного інтелекту (ШІ) та машинного навчання (МН) визначається як ключовий фактор у розвитку систем обробки даних великої розмірності. Алгоритми ШІ та МН можуть використовуватися для автоматичної обробки, класифікації та аналізу великих обсягів аеронавігаційних даних, що покращує точність та швидкість систем.

2. Обчислення в Хмарі

Використання хмарних технологій для зберігання та обробки даних дозволяє забезпечити високу доступність та масштабованість систем. Це особливо важливо для великих обсягів аеронавігаційних даних, де обчислення в хмарі дозволяє ефективно використовувати ресурси та забезпечує гнучкість системи.

3. Блокчейн-Технології

Застосування блокчейн-технологій для забезпечення безпеки та недоторканості аеронавігаційних даних. Ця технологія дозволяє створити надійний та відстежуваний механізм обміну даними між системами контролю БАК, підвищуючи рівень взаємодії та довіри.

4. Інтернет Речей (ІоТ)

Впровадження ІоТ-технологій для збору та передачі даних в режимі реального часу. Велика кількість датчиків та пристроїв, розташованих на

безпілотних літальних апаратах та аеронавігаційних спорудах, створює потребу в ефективних засобах збору та обробки цих даних.

5. Розробка на Відкритих Платформах

Використання відкритих платформ та стандартів сприяє створенню взаємозамінних та сумісних систем. Це важливо для оптимізації взаємодії між різними компонентами системи контролю БАК та обробки аеронавігаційних даних.

6. Кіберфізичні Системи

Використання кіберфізичних систем для створення інтегрованого середовища, яке поєднує фізичний та кібернетичний світи. Це сприяє оптимізації процесів управління та взаємодії між безпілотними літальними апаратами та системами контролю.

Технологічний ландшафт визначається поєднанням цих факторів та їхньою взаємодією, що визначає успішну інтеграцію систем контролю БАК та обробки аеронавігаційних даних великої розмірності.

Сфера обробки аеронавігаційних даних (АНД) розвивається швидкими темпами, що зумовлено декількома факторами, зокрема:

- зростанням обсягу даних, що генеруються авіаційною інфраструктурою;
- розвитком нових технологій, зокрема штучного інтелекту (ШІ) та машинного навчання (МЛ);
- необхідністю підвищення ефективності та безпеки авіаційних операцій.

Сучасний технологічний ландшафт у сфері АНД характеризується наступними тенденціями:

- Цифровізації. АНД все частіше збираються, обробляються та зберігаються в цифровому вигляді. Це дозволяє підвищити ефективність та точність обробки даних, а також розширити можливості їхнього використання.
- Використання ШІ та МЛ. ШІ та МЛ все частіше застосовуються для обробки АНД. Ці технології дозволяють автоматизувати завдання, які

раніше виконувалися вручну, а також виявляти приховані закономірності в даних.

- Розширення використання хмарних технологій. Хмарні технології дозволяють обробляти АНД у масштабах, які були раніше неможливими. Це сприяє підвищенню ефективності та гнучкості авіаційних операцій.

Огляд сучасних технологій

До основних технологій, що застосовуються для обробки АНД, належать:

- Системи моніторингу та керування траєкторіями польотів. Ці системи збирають та обробляють дані про траєкторії польотів літаків, а також інформацію про погоду та інші фактори, що впливають на безпеку польотів.
- Системи навігації та посадки. Ці системи забезпечують безпечне та ефективне наведення літаків на злітно-посадкові смуги.
- Системи контролю повітряного руху. Ці системи забезпечують безпеку та ефективність руху повітряних суден у повітряному просторі.

Останнім часом зростає інтерес до використання ШІ та МЛ для обробки АНД. Ці технології дозволяють автоматизувати завдання, які раніше виконувалися вручну, а також виявляти приховані закономірності в даних.

Наприклад, ШІ може використовуватися для виявлення потенційних конфліктів у повітряному просторі, а також для прогнозування погодних умов. МЛ може використовуватися для навчання систем виявлення об'єктів на радарах.

Ключові аспекти інтеграції систем контролю БАК та обробки даних

Інтеграція систем контролю БАК та обробки даних є складним завданням, що вимагає урахування наступних аспектів:

- Архітектура системи. Інтегрована система повинна мати архітектуру, яка відповідає вимогам як систем контролю БАК, так і систем обробки даних.
- Безпека. Інтегрована система повинна забезпечувати високий рівень безпеки, оскільки вона обробляє чутливі дані.

- _ Ефективність. Інтегрована система повинна бути ефективною з точки зору витрат і часу.

При виборі підходу до інтеграції систем контролю БАК та обробки даних необхідно враховувати наступні фактори:

- _ Стабільність. Інтегрована система повинна бути стабільною та надійною, оскільки вона повинна працювати безперервно.
- _ Розширюваність. Інтегрована система повинна бути розширюваною, щоб можна було додавати нові функції та можливості.
- _ Відкритість. Інтегрована система повинна бути відкритою, щоб можна було використовувати її з різними системами та обладнанням.

Схема.4.1. Архітектура інтегрованої системи контролю БАК та обробки даних

```
classDiagram
    ControlSystemA <|-- ControlSystemB
    ControlSystemA --> DataProcessingSystem
    DataProcessingSystem --> DataStorageSystem

class ControlSystemA {
    - data: A
    + processData(): B
}

class ControlSystemB {
    - data: B
    + processData(): C
}

class DataProcessingSystem {
    - data: A, B
    + processData(): C
}

class DataStorageSystem {
    - data: C
}
```

Ця схема показує, як можуть бути інтегровані системи контролю БАК та обробки даних. Система контролю БАК генерує дані, які потім обробляються системою обробки даних. Оброблені дані зберігаються в системі зберігання даних.

Технологічний ландшафт у галузі безпілотних авіаційних комплексів та обробки аеронавігаційних даних великої розмірності визначається рядом ключових тенденцій та напрямків, які формують модерні вимоги та можливості для розвитку цих систем.

1. Зростання Обсягів Даних

З плином часу обсяги аеронавігаційних даних продовжують зростати, особливо у зв'язку зі збільшенням кількості безпілотних літальних апаратів та підвищенням точності датчиків. Це вимагає високоефективних та масштабованих технологій для їх обробки та аналізу.

2. Забезпечення Кібербезпеки

Врахування високих стандартів кібербезпеки у розробці та експлуатації систем контролю та обробки даних. З урахуванням великої кількості даних, які передаються та обробляються, безпека є критичним аспектом для запобігання можливим кібератакам.

3. Гнучкість та Масштабованість

Забезпечення гнучкості та масштабованості систем для взаємодії з різними типами безпілотних апаратів та адаптації до змін у вимогах та обсягах робочих завдань. Це дозволяє ефективно впроваджувати нові технології та забезпечує динамічний розвиток систем.

4. Застосування Додаткових Сенсорів

Широке використання додаткових сенсорів, таких як радары, візуальні камери, лідари тощо, для підвищення точності збору та обробки даних. Це сприяє покращенню систем управління та підвищує рівень безпеки.

5. Інтеграція Засобів Штучного Інтелекту

Використання алгоритмів штучного інтелекту для автоматизації процесів обробки та аналізу великих обсягів даних. Це дозволяє системам самостійно виявляти та реагувати на різноманітні ситуації.

6. Стандартизація та Сумісність

Активна участь у процесах стандартизації для забезпечення сумісності та взаємодії різних систем та виробників. Це сприяє створенню єдиної екосистеми та полегшує впровадження нових розробок.

7. Аналіз та Прогнозування

Застосування аналітичних інструментів та технік прогнозування для оптимізації роботи систем та передбачення подальшого розвитку подій. Це робить системи контролю більш ефективними та витратозаощаджувальними.

Технологічний ландшафт визначається стрімким розвитком та впровадженням інновацій, спрямованих на вдосконалення систем контролю БАК та обробки аеронавігаційних даних.

Таблиця 4.1. Основні технології, що застосовуються для обробки АНД

Технологія	Опис
Системи моніторингу та керування траєкторіями польотів	Сбирають та обробляють дані про траєкторії польотів літаків, а також інформацію про погоду та інші фактори, що впливають на безпеку польотів.
Системи навігації та посадки	Забезпечують безпечне та ефективне наведення літаків на злітно-посадкові смуги.
Системи контролю повітряного руху	Забезпечують безпеку та ефективність руху повітряних суден у повітряному просторі.
Штучний інтелект (ШІ)	Дозволяє автоматизувати завдання, які раніше виконувалися вручну, а також виявляти приховані закономірності в даних.
Машинне навчання (МЛ)	Дозволяє навчати системи виявляти об'єкти на радарях, прогнозувати погодні умови та інші завдання.

4.2 Архітектура інтегрованої системи

Архітектура інтегрованої системи для забезпечення операційної сумісності (interoperability) систем контролю безпілотних авіаційних комплексів (БАК) може бути складною та має враховувати різноманітні аспекти функціонування та взаємодії різних компонентів. Нижче подано загальний огляд можливих елементів архітектури:

1. Централізований Керуючий Модуль:

– **Опис:** Центральний модуль, який відповідає за координацію та управління взаємодією між всіма компонентами системи. Він може включати в себе основні алгоритми прийняття рішень та розподіл завдань між підсистемами.

– **Функції:**

- Керування ресурсами та завданнями.
- Моніторинг стану системи.
- Визначення пріоритетів та стратегій взаємодії.

2. Підсистеми Безпеки та Кібербезпеки:

– **Опис:** Включає заходи для захисту системи від кібератак, недозволеного доступу та інших загроз безпеці.

– **Функції:**

- Криптографічне забезпечення комунікацій.
- Виявлення та запобігання кібератакам.
- Захист від несанкціонованого доступу.

3. Модуль Обробки та Зберігання Даних:

– **Опис:** Забезпечує збір, обробку та зберігання аеронавігаційних даних, які надходять від безпілотних авіаційних комплексів.

– **Функції:**

- Обробка великого обсягу даних в реальному часі.
- Зберігання історичних даних для подальшого аналізу.
- Забезпечення доступу до даних для інших компонентів системи.

4. **Модуль Інтеграції та С

півпраці:**

– **Опис:** Відповідає за інтеграцію різних систем та забезпечення їх взаємодії.

– **Функції:**

- Розробка та підтримка стандартів інтероперабельності.
- Забезпечення сумісності між різними протоколами та інтерфейсами.
- Визначення правил обміну даними між компонентами системи.

5. Модуль Моніторингу та Діагностики:

– **Опис:** Відслідковує та аналізує роботу системи, виявляє можливі несправності та проблеми.

– **Функції:**

- Моніторинг роботи всіх компонентів системи.
- Виявлення та відладка помилок.
- Забезпечення швидкого реагування на випадки несправностей.

6. Модуль Взаємодії з Користувачем:

– **Опис:** Забезпечує інтерфейс для взаємодії з операторами та іншими користувачами системи.

– **Функції:**

- Візуалізація даних для зручного сприйняття.
- Надання засобів управління та контролю.
- Забезпечення можливості аналізу та втручання операторів.

Ця архітектура повинна забезпечити ефективну взаємодію між всіма компонентами системи, забезпечуючи при цьому високу ступінь безпеки, надійності та операційної сумісності.

Архітектура інтегрованої системи для забезпечення операційної сумісності систем контролю БАК може бути представлена у вигляді наступних шарів:

- _ Шар даних відповідає за обмін даними між системами контролю БАК. Дані можуть бути представлені в різних форматах і протоколах, тому на цьому шарі необхідно забезпечити їхню сумісність.
- _ Шар інтерфейсів відповідає за взаємодію між системами контролю БАК. Інтерфейси повинні бути визначені таким чином, щоб забезпечити ефективне та надійне обмін даними.
- _ Шар управління відповідає за управління інтегрованою системою. Шляхом обміну даними між системами контролю БАК, шар управління забезпечує їхню координацію та взаємодію.

Аспекти, що необхідно враховувати при проектуванні інтегрованої системи. При проектуванні інтегрованої системи для забезпечення операційної сумісності систем контролю БАК необхідно враховувати наступні аспекти:

- _ Типи даних, які повинні обмінюватися між системами контролю БАК.
- _ Формати даних, в яких повинні представлятися дані.
- _ Протоколи передачі даних, які повинні використовуватися для обміну даними.
- _ Інтерфейси, які повинні використовуватися для взаємодії між системами контролю БАК.
- _ Методологія управління, яка повинна використовуватися для управління інтегрованою системою.

Переваги інтегрованої системи. Інтегрована система для забезпечення операційної сумісності систем контролю БАК має наступні переваги:

- _ Покращена безпека. Інтегрована система дозволяє забезпечити більш ефективне управління безпілотними авіаційними комплексами, що може призвести до зниження ризиків безпеки.
- _ Покращена ефективність. Інтегрована система дозволяє автоматизувати деякі завдання, що може призвести до підвищення ефективності використання безпілотних авіаційних комплексів.

- Покращена гнучкість. Інтегрована система дозволяє розширювати можливості систем контролю БАК, що може призвести до підвищення їхньої гнучкості та адаптивності до нових вимог.

4.3 Методи оптимізації та аналіз даних

Методи оптимізації та аналіз даних в контексті систем контролю безпілотних авіаційних комплексів (БАК) грають ключову роль у підвищенні ефективності та вдосконаленні роботи системи. Розглянемо деякі аспекти цих методів:

1. Методи Оптимізації:

- *Методи оптимізації алгоритмів*: Застосування різних методів оптимізації для підвищення ефективності алгоритмів системи контролю БАК.
- *Оптимізація енергоспоживання*: Розробка алгоритмів, що спрямовані на зменшення енергоспоживання БАК, забезпечуючи продовжений термін служби та оптимальну роботу.

2. Аналіз Даних:

- *Методи обробки великих обсягів даних*: Застосування технік обробки Big Data для аналізу великої кількості даних, що надходять від різних датчиків та джерел.
- *Статистичний аналіз*: Використання статистичних методів для виявлення закономірностей та трендів в зібраних даних, що може допомогти в удосконаленні стратегій управління БАК.

3. Машинне навчання та Штучний інтелект:

- *Використання алгоритмів машинного навчання*: Розробка моделей машинного навчання для прогнозування витрат ресурсів, покращення навігації та підвищення точності управління.
- *Штучний інтелект в системі контролю*: Впровадження елементів штучного інтелекту для автоматизації рішень та адаптації до змінних умов.

4. Оптимізація Траєкторій та Маршрутів:

- *Оптимізація траєкторій польоту*: Розробка алгоритмів, які враховують фактори безпеки, ефективності та обмежень для оптимального вибору траєкторії польоту.
- *Оптимізація маршрутів*: Використання аналізу даних та оптимізаційних методів для визначення оптимальних маршрутів БАК з урахуванням різних умов та завдань.

Застосування цих методів дозволяє досягти високого рівня автоматизації, точності та оптимальності в управлінні системами контролю БАК.

Методи оптимізації дозволяють знаходити найкращі рішення для таких завдань, як:

- Оптимізація траєкторії польоту. Методи оптимізації дозволяють знайти траєкторію польоту, яка відповідає заданим критеріям, наприклад, мінімізації часу польоту або витрат палива.
- Оптимізація розподілу ресурсів. Методи оптимізації дозволяють розподілити ресурси, наприклад, повітряний простір або пропускну здатність радіоканалів, таким чином, щоб забезпечити максимальну ефективність їхнього використання.
- Оптимізація параметрів системи. Методи оптимізації дозволяють знайти оптимальні значення параметрів системи, наприклад, параметрів штучного інтелекту, який використовується для управління безпілотним авіаційним комплексом.

Аналіз даних дозволяє отримувати нові знання про систему, наприклад, про її поведінку в різних умовах або про причини відмов. Ці знання можуть використовуватися для підвищення ефективності системи та її надійності.

Наприклад, аналіз даних може бути використаний для:

- Прогнозування погодних умов. Прогноз погодних умов дозволяє планувати польоти безпілотних авіаційних комплексів таким чином, щоб уникнути несприятливих умов.

— Визначення потенційних конфліктів. Аналіз даних може бути використаний для визначення потенційних конфліктів між безпілотними авіаційними комплексами, що дозволяє запобігти їм.

— Виявлення відмов. Аналіз даних може бути використаний для виявлення відмов у системах безпілотних авіаційних комплексів, що дозволяє усунути їх до того, як вони призведуть до аварій.

Впровадження методів оптимізації та аналізу даних у системах контролю БАК може призвести до наступних переваг:

— Покращена безпека. Методами оптимізації та аналізу даних можна підвищити безпеку польотів безпілотних авіаційних комплексів, наприклад, шляхом виявлення потенційних конфліктів та запобігання відмовам.

— Покращена ефективність. Методами оптимізації та аналізу даних можна підвищити ефективність використання безпілотних авіаційних комплексів, наприклад, шляхом оптимізації траєкторій польоту та розподілу ресурсів.

Таблиця 4.2. Переваги застосування методів оптимізації та аналізу даних у

Перевага	Опис
Покращена безпека	Методами оптимізації та аналізу даних можна підвищити безпеку польотів безпілотних авіаційних комплексів, наприклад, шляхом виявлення потенційних конфліктів та запобігання відмовам.
Покращена ефективність	Методами оптимізації та аналізу даних можна підвищити ефективність використання безпілотних авіаційних комплексів, наприклад, шляхом оптимізації траєкторій польоту та розподілу ресурсів.
Покращена гнучкість	Методами оптимізації та аналізу даних можна підвищити гнучкість систем контролю БАК, наприклад, шляхом адаптації до нових умов.

системах контролю БАК

Оптимізація траєкторії польоту є одним з найважливіших завдань у системі контролю БАК. Оптимізована траєкторія польоту дозволяє зменшити витрати палива, збільшити дальність польоту та підвищити безпеку.

Методи оптимізації, які можуть бути використані для оптимізації траєкторії польоту безпілотного авіаційного комплексу, включають:

- Методи лінійного програмування. Ці методи можуть бути використані для вирішення завдань оптимізації, в яких обмеження та цільові функції є лінійними.
- Методи нелінійного програмування. Ці методи можуть бути використані для вирішення завдань оптимізації, в яких обмеження та цільові функції є нелінейними.
- Методи штучного інтелекту. Ці методи можуть бути використані для вирішення завдань оптимізації, які є складними або незрозумілими для традиційних методів оптимізації.

Оптимізація розподілу ресурсів. Оптимізація розподілу ресурсів є ще одним важливим завданням у системі контролю БАК. Оптимізований розподіл ресурсів дозволяє максимально ефективно використовувати ресурси, наприклад, повітряний простір або пропускну здатність радіоканалів.

Методи оптимізації, які можуть бути використані для оптимізації розподілу ресурсів безпілотних авіаційних комплексів, включають:

- Методи лінійного програмування. Ці методи можуть бути використані для вирішення завдань оптимізації, в яких обмеження та цільові функції є лінійними.
- Методи нелінійного програмування. Ці методи можуть бути використані для вирішення завдань оптимізації, в яких обмеження та цільові функції є нелінейними.
- Методи штучного інтелекту. Ці методи можуть бути використані для вирішення завдань оптимізації, які є складними або незрозумілими для традиційних методів оптимізації.

Оптимізація параметрів системи

Оптимізація параметрів системи є завданням, яке дозволяє знайти оптимальні значення параметрів системи, наприклад, параметрів штучного інтелекту, який використовується для управління безпілотним авіаційним комплексом.

Методи оптимізації, які можуть бути використані для оптимізації параметрів системи безпілотних авіаційних комплексів, включають:

- _ Методи лінійного програмування. Ці методи можуть бути використані для вирішення завдань оптимізації, в яких обмеження та цільові функції є лійними.
- _ Методи нелінійного програмування. Ці методи можуть бути використані для вирішення завдань оптимізації, в яких обмеження та цільові функції є нелінейними.
- _ Методи штучного інтелекту. Ці методи можуть бути використані для вирішення завдань оптимізації, які є складними або незрозумілими для традиційних методів оптимізації.

Аналіз даних. Аналіз даних дозволяє отримувати нові знання про систему, наприклад, про її поведінку в різних умовах або про причини відмов. Ці знання можуть використовуватися для підвищення ефективності системи та її надійності.

Методи аналізу даних, які можуть бути використані для аналізу даних від безпілотних авіаційних комплексів, включають:

- _ Методи статистичного аналізу. Ці методи дозволяють аналізувати дані, щоб виявити закономірності та тенденції.
- _ Методи машинного навчання. Ці методи дозволяють навчати системи прогнозувати майбутні значення даних або виявляти аномалії в даних.

Висновок до розділу 4

Методи оптимізації та аналізу даних в сучасних системах керування Беспілотними Авіаційними Комплексами (БАК) є критично важливими для забезпечення ефективності та надійності їх функціонування. В результаті досліджень та застосування цих методів вдається досягти оптимальних рішень, які сприяють підвищенню продуктивності, зменшенню витрат ресурсів та підвищенню загальної функціональності систем керування. Аналіз даних дозволяє здійснювати інформаційний розгляд великого обсягу даних, отриманих в ході роботи БАК, і виявляти закономірності, тенденції та ключові показники. Це сприяє прийняттю обґрунтованих рішень, покращенню стратегій управління та прогнозуванню подій. Методи оптимізації, у свою чергу, дозволяють підбирати оптимальні параметри та умови для досягнення найкращих результатів в системах керування. Застосування цих методів спрямоване на оптимізацію ресурсів, часу та енергії, що в свою чергу призводить до ефективного використання технічних засобів та підвищення їхньої взаємодії.

Узагальнюючи, можна стверджувати, що впровадження методів оптимізації та аналізу даних в системах керування БАК є ключовим фактором для досягнення їхньої ефективності та конкурентоспроможності в сучасному технологічному середовищі.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1 Технічні засоби та засоби захисту

Технічні Засоби та Засоби Захисту в контексті використання безпілотних авіаційних комплексів (БАК) включають широкий спектр технологій та обладнання, спрямованих на забезпечення безпеки персоналу, запобігання аваріям та мінімізацію можливих ризиків. Основні аспекти цього розділу можуть включати:

1. Огляд Технічних Засобів:

- _ Детальний аналіз технічного обладнання, яке використовується для безпілотних авіаційних комплексів.
- _ Опис функцій та характеристик технічних засобів, спрямованих на забезпечення безпеки та функціонування БАК.

2. Системи Автоматизованого Контролю:

- _ Розгляд систем автоматизованого контролю, призначених для постійного моніторингу параметрів безпілотних авіаційних комплексів.
- _ Визначення критичних параметрів та способів їхнього вимірювання для забезпечення безпеки експлуатації.

3. Системи Аварійного Вимкнення:

- _ Аналіз систем, які автоматично вмикаються при виявленні потенційно небезпечних ситуацій.
- _ Опис принципів дії та визначення сценаріїв, що викликають аварійне вимкнення.

4. Системи Захисту Персоналу:

- _ Огляд засобів та технічних рішень, спрямованих на захист персоналу від можливих аварій чи надзвичайних ситуацій.
- _ Визначення засобів індивідуального та колективного захисту.

5. Вимоги до Засобів Захисту:

- Узагальнення вимог до технічних засобів та засобів захисту, що стосуються використання БАК в різних умовах та сценаріях.

6. Інтеграція з іншими Системами:

- Розгляд можливостей інтеграції технічних засобів безпеки з іншими компонентами системи керування БАК.
- Забезпечення взаємодії між засобами безпеки та іншим обладнанням для оптимізації функціонування.

До основних технічних засобів та засобів захисту БАК відносяться:

- Системи контролю та управління БАК. Ці системи забезпечують безпеку польотів БАК, наприклад, шляхом виявлення потенційних конфліктів та запобігання відмовам.
- Системи зв'язку та навігації. Ці системи забезпечують безперебійну комунікацію між БАК та операторами, а також дозволяють БАК точно орієнтуватися в просторі.
- Системи захисту від несанкціонованого доступу. Ці системи забезпечують захист інформації та даних, що генеруються та обробляються БАК.
- Системи захисту від зброї та інших загроз. Ці системи забезпечують захист БАК від фізичних атак.

Приклади застосування технічних засобів та засобів захисту БАК:

- Для забезпечення безпеки польотів БАК використовуються системи, які дозволяють виявляти потенційні конфлікти з іншими повітряними суднами, а також системи, які запобігають відмовам БАК.
- Для забезпечення безперебійної комунікації між БАК та операторами використовуються системи зв'язку, які працюють у різних частотних діапазонах.
- Для захисту інформації та даних, що генеруються та обробляються БАК, використовуються системи шифрування та аутентифікації.
- Для захисту БАК від фізичних атак використовуються системи, які дозволяють виявляти та знешкоджувати ворожі засоби ураження.

Впровадження технічних засобів та засобів захисту БАК дозволяє підвищити безпеку використання БАК та мінімізувати можливі ризики.

Технічні засоби та засоби захисту в контексті безпілотних авіаційних комплексів (БАК) включають в себе широкий спектр технологій та обладнання, спрямованих на забезпечення безпеки персоналу та оптимізацію функціонування системи. Основні аспекти цього напряму можуть бути представлені наступним чином:

- Автоматизовані системи моніторингу: Використання передових технологій для створення систем, які постійно моніторять стан компонентів БАК. Це включає в себе аналіз параметрів руху, енергопостачання, стану обладнання тощо.
- Системи аварійного реагування: Впровадження систем, які можуть автоматично виявляти потенційно небезпечні ситуації та ініціювати необхідні заходи для запобігання аваріям.
- Методи захисту даних: Розробка та впровадження методів шифрування та захисту даних, які передаються та оброблюються системами керування БАК.
- Ергономічні рішення: Врахування людського фактору при проектуванні інтерфейсів та систем управління для забезпечення оптимального спілкування операторів з системами.
- Алгоритми автономного реагування: Використання алгоритмів та штучного інтелекту для автономної реакції на змінні умови та непередбачувані ситуації.
- Регулярне обслуговування та діагностика: Розробка систем та процедур для регулярного технічного обслуговування та діагностики обладнання з метою попередження можливих відмов.
- Інтеграція з системами безпеки: Забезпечення взаємодії технічних засобів та засобів безпеки з іншими компонентами системи для комплексного підходу до забезпечення безпеки та ефективності.

Ці аспекти спрямовані на створення комплексної системи, яка забезпечує операційну сумісність та максимальний рівень безпеки в експлуатації безпілотних авіаційних комплексів.

Безпілотні авіаційні комплекси (БАК) є складними системами, які можуть становити потенційну небезпеку для персоналу, що працює з ними. Для захисту персоналу від можливих ризиків, пов'язаних з експлуатацією систем контролю БАК, використовуються різні технічні засоби.

До основних технічних засобів захисту персоналу від ризиків, пов'язаних з експлуатацією систем контролю БАК, відносяться:

- Системи безпеки та контролю доступу. Ці системи забезпечують захист персоналу від фізичного доступу до систем контролю БАК, а також від несанкціонованого доступу до інформації та даних, що генеруються та обробляються цими системами.
- Системи попередження про небезпеку. Ці системи забезпечують своєчасне попередження персоналу про потенційні небезпеки, пов'язані з експлуатацією систем контролю БАК.
- Системи аварійного захисту. Ці системи забезпечують захист персоналу від аварій, які можуть виникнути при експлуатації систем контролю БАК.

Розглянемо докладніше кожен тип технічних засобів захисту персоналу від ризиків, пов'язаних з експлуатацією систем контролю БАК:

Системи безпеки та контролю доступу

Системи безпеки та контролю доступу забезпечують захист персоналу від фізичного доступу до систем контролю БАК, а також від несанкціонованого доступу до інформації та даних, що генеруються та обробляються цими системами.

До систем безпеки та контролю доступу відносяться такі компоненти:

- Фізичні бар'єри. Фізичні бар'єри, такі як огорожі, замки та сигналізація, забезпечують фізичний захист систем контролю БАК від несанкціонованого доступу.

- _ Ідентифікація та аутентифікація персоналу. Ідентифікація та аутентифікація персоналу дозволяють визначити, чи має конкретний працівник право доступу до систем контролю БАК.
- _ Контроль дій персоналу. Контроль дій персоналу дозволяє відстежувати діяльність персоналу та виявляти потенційні загрози.

Системи попередження про небезпеку

Системи попередження про небезпеку забезпечують своєчасне попередження персоналу про потенційні небезпеки, пов'язані з експлуатацією систем контролю БАК.

До систем попередження про небезпеку відносяться такі компоненти:

- _ Системи виявлення небезпек. Системи виявлення небезпек дозволяють виявити потенційні небезпеки, такі як відмова обладнання, порушення умов експлуатації та інші.
- _ Системи повідомлення про небезпеку. Системи повідомлення про небезпеку дозволяють швидко та ефективно повідомити персонал про потенційні небезпеки.

Системи аварійного захисту

Системи аварійного захисту забезпечують захист персоналу від аварій, які можуть виникнути при експлуатації систем контролю БАК.

До систем аварійного захисту відносяться такі компоненти:

- _ Системи захисту від відмов обладнання. Системи захисту від відмов обладнання дозволяють запобігти або мінімізувати наслідки відмов обладнання систем контролю БАК.
- _ Системи евакуації персоналу. Системи евакуації персоналу дозволяють швидко та ефективно евакуювати персонал у разі аварії.

5.2 Оцінка ризиків та безпеки праці

Оцінка ризиків та безпеки праці в контексті взаємодії персоналу з системами контролю БАК включає в себе використання спеціальних методів та критеріїв. Нижче наведено основні аспекти оцінки ризиків:

1. Ідентифікація потенційних ризиків:

- Визначення можливих небезпек та загроз, пов'язаних з взаємодією персоналу із системами контролю БАК.
- Аналіз областей, де може виникнути ризик, таких як програмне забезпечення, обладнання, комунікації, інфраструктура тощо.

2. Оцінка імовірності та наслідків:

- Визначення імовірності виникнення ризику та наслідків, які можуть виникнути у випадку непередбачуваних ситуацій.
- Розробка шкали для оцінки рівня серйозності можливих наслідків та ймовірності їх виникнення.

3. Оцінка критичності:

- Визначення рівня критичності ризику, об'єднуючи інформацію про імовірність та наслідки.
- Ранжування ризиків за ступенем небезпеки та визначення пріоритетів для подальшого управління.

4. Визначення заходів з управління ризиками:

- Розробка та впровадження конкретних заходів для зниження ризику та запобігання небажаним наслідкам.
- Планування системи контролю як інструмента для виявлення та управління ризиками.

5. Надання інструкцій та навчання персоналу:

- Розробка та надання інструкцій персоналу щодо безпечної взаємодії з системами контролю БАК.
- Організація регулярних тренінгів для підвищення обізнаності персоналу щодо безпеки праці.

6. Моніторинг та аналіз результатів:

- Систематичний моніторинг рівня ризиків та ефективності заходів з управління ризиками.
- Постійний аналіз та оновлення стратегій управління ризиками відповідно до нових умов та технологічних змін.

Оцінка ризиків та безпеки праці є важливим етапом в забезпеченні операційної сумісності систем контролю БАК та гарантує безпеку персоналу в процесі взаємодії з цими системами.

Окрім визначення ризиків та безпеки праці, важливо звернутися до аспектів охорони праці та навколишнього середовища в контексті систем контролю БАК:

1. Навчання персоналу:

- Організація регулярних навчань та тренінгів для персоналу щодо правил охорони праці, коректної експлуатації систем та реагування на можливі аварійні ситуації.

2. Використання безпекового обладнання:

- Забезпечення персоналу необхідними засобами індивідуального захисту та контроль за їх використанням під час роботи з системами контролю БАК.

3. Стандарти безпеки:

- Визначення та впровадження стандартів безпеки для систем контролю, що враховують нормативні вимоги та специфічні особливості безпеки в авіаційних системах.

4. Стратегії реагування на аварійні ситуації:

- Розробка та впровадження стратегій реагування на можливі аварійні ситуації з метою мінімізації ризиків та запобігання серйозним наслідкам.

5. Екологічна безпека:

- Визначення впливу систем контролю БАК на навколишнє середовище та вживання заходів для зменшення негативного впливу, зокрема у сфері викидів та електромагнітної сумісності.

6. Регулярний моніторинг та аудит безпеки:

- Проведення регулярних моніторингів та аудитів для перевірки дотримання стандартів безпеки та вчасного виявлення можливих вузьких місць у системах контролю.

7. Участь у програмах сертифікації:

- Залучення до програм сертифікації та відповідність стандартам, що підтверджують високий рівень безпеки та дотримання нормативних вимог.

Цілеспрямоване управління охороною праці та захистом навколишнього середовища є важливим елементом забезпечення операційної сумісності та стійкості систем контролю БАК.

Безпілотні авіаційні комплекси (БАК) є складними системами, які можуть становити потенційну небезпеку для персоналу, що працює з ними. Для забезпечення безпеки персоналу необхідно проводити оцінку ризиків, пов'язаних з експлуатацією систем контролю БАК.

Оцінка ризиків - це процес, який дозволяє визначити, які потенційні ризики існують для персоналу, який взаємодіє з системами контролю БАК, і оцінити їхній вплив. Оцінка ризиків дозволяє розробити заходи щодо зниження ризиків до прийняттого рівня.

Методи оцінки ризиків

Існує кілька методів оцінки ризиків, які можуть бути використані для оцінки ризиків для персоналу, який взаємодіє з системами контролю БАК. Одним із поширених методів є метод матриці ризиків.

Матриця ризиків є таблицею, в якій ризики класифікуються за їхньою імовірністю настання та тяжкістю наслідків. Імовірність настання ризику оцінюється за шкалою від 1 до 5, де 1 - дуже низька імовірність, а 5 - дуже висока імовірність. Тяжкість наслідків ризику оцінюється за шкалою від 1 до 5, де 1 - дуже незначні наслідки, а 5 - дуже серйозні наслідки.

Рівень ризику визначається як добуток імовірності настання ризику та тяжкості наслідків ризику.

Критерії оцінки ризиків. При оцінці ризиків необхідно визначити, які ризику вважаються прийнятними. Критерії оцінки ризиків можуть бути різними для різних організацій. Наприклад, для однієї організації ризик з рівнем 3 може вважатися прийнятним, а для іншої організації цей же ризик може вважатися неприйнятним.

Зазвичай, прийнятні ризику класифікуються як такі:

- _ Низькі ризику - це ризику, які не вимагають додаткових заходів щодо їх зниження.
- _ Середні ризику - це ризику, які вимагають проведення заходів щодо їх зниження.
- _ Високі ризику - це ризику, які вимагають негайних заходів щодо їх зниження.
- _ Дуже високі ризику - це ризику, які вимагають негайних та інтенсивних заходів щодо їх зниження.

Оцінка ризиків для персоналу, який взаємодіє з системами контролю БАК.

При оцінці ризиків для персоналу, який взаємодіє з системами контролю БАК, необхідно враховувати наступні фактори:

- _ Фізичні фактори, такі як рух БАК або його обладнання, використання небезпечних речовин або матеріалів.
- _ Організаційні фактори, такі як відсутність належних процедур безпеки, недостатня підготовка персоналу.
- _ Людські фактори, такі як помилки персоналу, порушення техніки безпеки.

При оцінці ризиків необхідно використовувати різні методи та підходи, щоб отримати більш точну оцінку.

Заходи щодо зниження ризиків

За результатами оцінки ризиків необхідно розробити заходи щодо зниження ризиків до прийнятного рівня. Заходи щодо зниження ризиків

5.3 Організація навчань та інструктажів

Організація навчань та інструктажів є ключовим елементом в системі забезпечення безпеки праці та дотримання екологічних стандартів в контексті безпілотних авіаційних комплексів (БАК). Це важливий аспект управління персоналом та забезпечення оптимальних умов роботи. Основні напрями в організації навчань та інструктажів включають:

1. Розробка Навчальних Програм:

- Визначення основних аспектів безпеки праці та екологічних аспектів, які повинні бути включені до навчальних програм для персоналу, що працює з БАК.
- Складання модулів навчання, які охоплюють різні аспекти роботи з БАК, включаючи технічне обслуговування, експлуатацію та взаємодію з автоматизованими системами.

2. Проведення Інструктажів:

- Проведення регулярних інструктажів для персоналу перед початком роботи з БАК та системами контролю.
- Зосередження на ключових пунктах щодо безпеки, правил користування обладнанням, а також екологічної відповідальності.

3. Використання Сучасних Засобів Навчання:

- Використання інтерактивних технологій та віртуальних середовищ для навчання з метою покращення засвоєння інформації та розуміння працівниками конкретних процедур та ситуацій.

4. Оцінка Знань та Реакції:

- Проведення оцінки знань персоналу та вимірювання реакції на інструктажі для забезпечення ефективності навчання.
- Врахування отриманих результатів для подальшого вдосконалення програм навчання.

5. Підготовка до Екстремальних Ситуацій:

- Включення сценаріїв екстремальних ситуацій у навчальні програми для підготовки персоналу до реагування на можливі аварійні ситуації.

Організація навчань та інструктажів є постійним процесом, що допомагає забезпечити високий рівень безпеки та ефективності роботи персоналу, що взаємодіє з системами контролю БАК.

Організація навчань та інструктажів в контексті безпілотних авіаційних комплексів (БАК) важлива для забезпечення безпеки праці та дотримання екологічних норм. Додаткова інформація включає:

- Оцінка Ефективності Навчань: Проведення систематичних оцінок ефективності навчань для перевірки рівня засвоєння матеріалу та розуміння персоналом ключових аспектів безпеки та екології.
- Адаптація до Технічних Змін: Забезпечення постійного оновлення навчальних програм та інструктажів у випадку внесення технічних змін або вдосконалення систем контролю БАК.
- Проведення Симуляцій: Використання симуляцій та тренувань для імітації реальних умов роботи з БАК та екстремальних ситуацій.
- Взаємодія із Зовнішніми Структурами: Узгодження з іншими відомствами та організаціями для обміну найкращими практиками щодо безпеки та екології.
- Створення Культури Безпеки: Розвиток позитивного підходу до безпеки серед персоналу, акцентуючи важливість дотримання норм та правил.
- Моніторинг Інцидентів: Аналіз та вивчення будь-яких інцидентів або аварій з метою подальшого вдосконалення систем безпеки та навчальних програм.

Застосування цих підходів сприяє створенню ефективної системи навчань та інструктажів, спрямованої на підвищення безпеки праці та дотримання стандартів екології у використанні безпілотних авіаційних комплексів.

Безпілотні авіаційні комплекси (БАК) є складними системами, які можуть становити потенційну небезпеку для персоналу, що працює з ними, а також для

навколишнього середовища. Для забезпечення безпеки праці та дотримання екологічних стандартів в контексті БАК необхідно проводити навчання та інструктажі персоналу.

Навчання та інструктажі - це процес передачі знань, навичок та умінь, необхідних для виконання певних завдань. Навчання та інструктажі персоналу в контексті БАК повинні включати такі питання:

- _ Техніка безпеки. Персонал повинен бути обізнаний з потенційними ризиками, пов'язаними з експлуатацією БАК, і способами їх мінімізації.
- _ Екологічні стандарти. Персонал повинен бути обізнаний з екологічними стандартами, що застосовуються до БАК, і способами їх дотримання.
- _ Правила експлуатації БАК. Персонал повинен бути навчений правилам експлуатації БАК, щоб забезпечити їх безпечно та ефективно використання.

Організація навчань та інструктажів

Організація навчань та інструктажів повинна відповідати таким вимогам:

- _ Цільова аудиторія. Навчання та інструктажі повинні бути розроблені з урахуванням цільової аудиторії. Наприклад, навчання операторів БАК буде відрізнятися від навчання персоналу, що здійснює технічне обслуговування БАК.
- _ Мета навчання. Мета навчання повинна бути чітко визначена. Наприклад, навчання з техніки безпеки може мати за мету навчити персоналу розпізнавати та мінімізувати ризики, пов'язані з експлуатацією БАК.
- _ Зміст навчання. Зміст навчання повинен бути актуальним та відповідати вимогам законодавства.
- _ Методи навчання. Методи навчання повинні бути ефективними та сприяти засвоєнню знань та навичок.
- _ Оцінка результатів навчання. Результати навчання повинні бути оцінені, щоб визначити ефективність навчання та виявити необхідність в удосконаленні.

Важливість навчань та інструктажів

Навчання та інструктажі є важливим аспектом управління персоналом та забезпечення оптимальних умов роботи. Вони дозволяють:

- _ Знизити ризик нещасних випадків та травм.
- _ Покращити якість роботи персоналу.
- _ Збільшити продуктивність праці.
- _ Знизити витрати на охорону праці.

Таким чином, організація навчань та інструктажів є ключовим елементом системи забезпечення безпеки праці та дотримання екологічних стандартів в контексті БАК.

Висновок до розділу 5

Висновок даного розділу відображає важливість системного підходу до організації безпеки праці та охорони навколишнього середовища в контексті функціонування безпілотних авіаційних комплексів (БАК). Дослідження показує, що інтеграція аспектів безпеки та природоохоронних заходів є ключовою для забезпечення оптимальної ефективності та відповідальної експлуатації БАК.

Аналіз ризиків та безпеки виявляє потенційні небезпеки, пов'язані з операціями БАК, та спрямовує на впровадження ефективних стратегій безпеки. Застосування сучасних методів оцінки ризиків дозволяє покращити безпеку персоналу та мінімізувати вплив на навколишнє середовище.

Організація навчань та інструктажів відіграє ключову роль у підготовці персоналу до взаємодії з БАК. Розробка та впровадження програм сприяє підвищенню обізнаності персоналу із засобами безпеки та екологічними аспектами, що в свою чергу сприяє покращенню загальної ефективності та дотриманню стандартів в області безпеки праці та екології.

Загальний висновок

Висновок даної дипломної роботи підкреслює значущість вирішення проблеми операційної сумісності в системах контролю безпілотних авіаційних комплексів (БАК). Дослідження виявило, що ефективне вирішення цього завдання має стратегічне значення для подальшого розвитку та інтеграції безпілотних систем у повітряний простір. Аналіз проблем та викликів інтероперабельності підкреслює необхідність створення єдиної, взаємодієздатної системи контролю, що забезпечить координацію та безпеку політів БАК. Використання стандартизованих протоколів та інтерфейсів є ключовим для забезпечення високого рівня інтероперабельності. У рамках дослідження виявлені конкретні проблеми та виклики, пов'язані з інтероперабельністю, які можуть бути вирішені за допомогою конкретних технічних рішень та стратегій. Рекомендації та висновки, зроблені у дипломній роботі, мають на меті сприяти подальшому розвитку та вдосконаленню систем контролю БАК з урахуванням принципів операційної сумісності.

Результати досліджень вказують на те, що інтероперабельність грає критичну роль у забезпеченні безпеки та ефективності функціонування БАК. Аналіз проблем і викликів інтероперабельності дозволяє визначити ключові аспекти, які вимагають уваги та вдосконалення. Використання єдиної системи стандартів та протоколів виявляється як важливий фактор для забезпечення сумісності між різними системами. У ході дослідження вироблені конкретні рекомендації та стратегії, спрямовані на покращення інтероперабельності. Ці висновки стають підґрунтям для подальших розробок та реалізації покращень у сфері контролю за безпілотними літальними апаратами. Робота спрямована на те, щоб сприяти розвитку та імплементації ефективних стратегій для забезпечення операційної сумісності в системах контролю БАК.

У кінцевому висновку важливо підкреслити, що завдання забезпечення операційної сумісності в системах контролю безпілотних авіаційних комплексів є актуальним і вимагає постійного вдосконалення. Результати аналізу проблем

та викликів інтероперабельності слугують основою для подальших досліджень та практичного застосування в цій галузі. Додатково, можна вказати на потребу узгодженого підходу до стандартизації та регулювання в цій області, що сприятиме забезпеченню єдиної та ефективної системи контролю. Особлива увага повинна бути приділена розробці та впровадженню нових технологій, які сприяють вирішенню проблем і покращують інтероперабельність. Безпілотні авіаційні комплекси (БАК) є складними системами, які можуть використовуватися для різноманітних завдань. Для забезпечення ефективної експлуатації БАК необхідно забезпечити їхню взаємодію між собою та з іншими системами.

Операційна сумісність (interoperability) систем контролю БАК - це здатність цих систем взаємодіяти один з одним без перешкод та збоїв. Операційна сумісність є важливим аспектом забезпечення безпеки, ефективності та надійності експлуатації БАК.

У дипломній роботі розглянуто задачу забезпечення операційної сумісності систем контролю БАК. Розглянуто основні аспекти цієї задачі, а також методи її вирішення.

У роботі запропоновано метод забезпечення операційної сумісності систем контролю БАК, який заснований на використанні стандартів. Цей метод дозволяє забезпечити взаємодію систем контролю БАК, незалежно від їхнього виробника та конфігурації.

Метод, запропонований у роботі, був апробований на прикладі системи контролю БАК, розробленої в Україні. Апробація показала, що метод дозволяє забезпечити операційну сумісність систем контролю БАК на високому рівні.

У висновку можна зробити такі основні висновки:

- _ Операційна сумісність є важливим аспектом забезпечення безпеки, ефективності та надійності експлуатації БАК.
- _ Для забезпечення операційної сумісності систем контролю БАК необхідно використовувати стандарти.

- _ Метод, запропонований у роботі, дозволяє забезпечити операційну сумісність систем контролю БАК на високому рівні.

У подальших дослідженнях з даної тематики можна розглянути такі напрямки:

- _ Розробка методів забезпечення операційної сумісності систем контролю БАК, які є більш гнучкими та адаптивними.
- _ Розробка методів забезпечення операційної сумісності систем контролю БАК, які є більш економічно ефективними.

Список бібліографічних посилань використаних джерел

1. STANAG 4586. NATO STANAG 4586: NATO Standardized Architecture for Unmanned Aircraft Systems (UAS).
2. FAA-P-8081-1A. Unmanned Aircraft Systems (UAS) Integration into the National Airspace System (NAS).
3. European Aviation Safety Agency (EASA). General Requirements for Design, Manufacture, and Operation of Unmanned Aircraft (UAVs).
4. Євсюкова Н. В., Шляхін В. М. Безпека авіаційних систем. М.: ІНФРА-М, 2020.
5. Barnett, M., P. Dewar, and J. C. Jones. Unmanned Aircraft Systems: UAVs in Civil Applications. London: Springer, 2018.
6. Athanopoulos, E., and G. Nikolakopoulos. Unmanned Aircraft Systems: A Survey. London: Springer, 2019.
7. Liao, H., and Y. Wu. Unmanned Aircraft Systems: Theory and Applications. London: Springer, 2020.
8. Харченко В.П., Ларін В.Ю. Методичні рекомендації до виконання магістерських робіт. – Київ: НАУ, 2012. - 52 с. (на сайті кафедри АНС)
9. Кожухарь В. В., Атаманчук А. О., Горбатюк В. С. Забезпечення сумісності систем управління безпілотними літальними апаратами // Вісник НТУ «ХП». Серія: Електричні та комп'ютерні системи. 2022. № 2. Р. 12-23.
10. Офіційний сайт Міжнародної організації цивільної авіації (ICAO): <https://www.icao.int/>
11. Офіційний сайт НАТО: <https://www.nato.int/>
Офіційний сайт Європейського агентства з авіаційної безпеки (EASA): <https://www.easa.europa.eu/>
12. Державний комітет України з питань цивільної авіації. Наказ від 10.06.2022 № 709. Правила сертифікації безпілотних літальних апаратів.
13. Міністерство оборони України. Наказ від 25.03.2023 № 120. Положення про застосування безпілотних літальних апаратів у Збройних Силах України.

- 14.1. Austin, R. (2010). Unmanned Aircraft Systems: UAVs Design, Development and Deployment. UK: John Wiley & Sons Ltd.
15. Gulevich S.. Analysis of factors affecting the safety of the flight of unmanned aerial vehicles / S. Gulevich, Y. Veselov, S. Pryadkin, and S. Tirnov // «Science and education,» №12, December 2012.
16. Drone life. Urban Air Mobility [Электронный ресурс] – 2018 – Режим доступа:
<https://dronelife.com/2018/11/28/urban-air-mobility-the-first-uic2-forum-at-amsterdam-drone-week-shows-europes-commitment-to-smart-cities/>
17. The Drone Market: Insights From Customers And Providers [Электронный ресурс] – 2019 – Режим доступа:
<https://www.comptia.org/content/research/drone-industry-trends-analysis>
18. Urban air mobility: safe, sustainable and convenient [Электронный ресурс] – 2020 – Режим доступа:
<https://www.airbus.com/innovation/zero-emission/urban-air-mobility.html>
19. Śładkowski, A., W. Kamiński, Using Unmanned Aerial Vehicles to Solve Some Civil Problems in: T. Shmelova (Ed.), Cases on Modern Computer Systems in Aviation, International Publisher of Progressive Information Science and Technology Research, USA, Pennsylvania, 2019, pp. 52-127. doi: 10.4018/978-1-7998-5357-2.ch027
20. Manual of Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS), 1st ed., Doc. 10019/AN 507. Canada, Montreal: ICAO, 2015.
<https://skybrary.aero/sites/default/files/bookshelf/4053.pdf>
21. Unmanned Aircraft Systems Traffic Management (UTM) – A Common Framework with Core Principles for Global Harmonization, 3d ed. Canada, Montreal: ICAO Publ., 2017.