

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Чорноморський національний університет

імені Петра Могили

Факультет комп'ютерних наук

Кафедра АКІТ

ДОПУЩЕНО ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри,

Кандидат технічних наук,

доцент

_____ М. І. Сіделєв

«__» _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

на тему «**Моніторинг повітряного простору з метою реалізації системи
кур'єрської доставки**»

Спеціальність 151 АКІТ

151 – КБР.01 – 471.22017110

Студент

_____ Р. З. Плієв

підпис

«__» _____ 202__ р.

Керівник

_____ М. І. Сіделєв

підпис

«__» _____ 202__ р.

Миколаїв – 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Чорноморський національний університет імені Петра Могили
Факультет комп'ютерних наук
Кафедра АКІТ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри _____ М. І. Сіделєв

« _____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ
на виконання кваліфікаційної бакалаврської роботи

Видано студенту групи 471 факультету комп'ютерних наук

Плієву Руслану Зауровичу
(прізвище, ім'я, по батькові студента)

1. Тема кваліфікаційної роботи

Моніторинг повітряного простору з метою реалізації системи кур'єрської доставки

Затверджена наказом по ЧНУ ім. Петра Могили від 30.01.2024 № 17.

2. Строк представлення кваліфікаційної роботи « _____ » _____ 20__ р.

3. Очікуваний результат роботи та початкові дані, якщо такі потрібні
Очікуваним результатом роботи є: реалізація системи безпечної кур'єрської доставки за допомогою БПЛА. Вхідними даними роботи є: специфікація вимог, що описує характеристики зазначеного апаратного та програмного забезпечення.

4. Перелік питань, що підлягають розробці

1) Аналітичний огляд сучасної технічної літератури виконання місії польотів БПЛА;

2) Огляд і аналіз існуючих світових компаній що надають кур'єрські послуги за допомогою БПЛА;

3) Дослідження систем забезпечення безпечного польоту та моніторингу повітряного простору з метою виконання місії польоту;

4) Моделювання експериментального пристрою на основі завдання;

5) 5) Реалізація та дослідження розробленого макету.

5. Перелік графічних матеріалів

- Блок-схема алгоритму моніторингу повітряного простору;
- Функціональна схема обраного пристрою;
- Електрична принципова схема експериментального макету;
- Печатна плата пристрою;
- Блок-схема алгоритму виконання експерименту з обраним пристроєм.

6. Завдання до спеціальної частини

Проаналізувати вплив дотримання стандартів безпеки та гігієни праці на продуктивність та здоров'я працівників у системах автоматизованого проектування. Зокрема, розглянути використання периферійних пристроїв та їхній внесок у зменшення ризиків травм та втоми, базуючись на нормативних документах.

7. Консультанти:

| Консультант | Кафедра (організація) | Частина роботи |
|-----------------------------|---|------------------------------------|
| Макарова О. В. ст. викл. | кафедра екології Медичного інституту ЧНУ імені Петра Могили | Спеціальна частина з охорони праці |

Керівник роботи

Кандидат технічних наук, доцент кафедри АКІТ Сідєлєв Микола Іванович
(посада, прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Завдання прийнято до виконання

Плієв Руслан Заурович

(прізвище, ім'я, по батькові студента)

(підпис)

Дата видачі завдання « ____ » _____ 20 ____ р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН
виконання кваліфікаційної роботи

Тема: Моніторинг повітряного простору з метою реалізації системи кур'єрської доставки

| № | Найменування роботи | Початок | Закінчення | Примітки |
|----|---|------------|------------|----------|
| 1 | Розробка та затвердження завдання на виконання КР | 11.12.2023 | 12.12.2023 | Виконано |
| 2 | Огляд літератури за темою роботи | 15.12.2023 | 15.01.2024 | Виконано |
| 3 | Складання календарного плану БКР | 16.01.2024 | 01.02.2024 | Виконано |
| 4 | Аналіз предметної області | 01.02.2024 | 01.03.2024 | Виконано |
| 5 | Розробка проектних рішень | 01.03.2024 | 20.03.2024 | Виконано |
| 6 | Моделювання та конструювання АПЗ | 20.03.2024 | 20.04.2024 | Виконано |
| 7 | Перевірка працездатності, тестування та апробація розробленого АПЗ, аналіз результатів тестування | 20.04.2024 | 01.05.2024 | Виконано |
| 8 | Відгук керівника КР | 06.06.2024 | 07.06.2024 | Виконано |
| 9 | Оформлення БКР та презентації | 01.05.2024 | 28.05.2024 | Виконано |
| 10 | Перший попередній захист | 28.05.2024 | 28.05.2024 | Виконано |
| 11 | Другий попередній захист | 05.06.2024 | 05.06.2024 | Виконано |
| 12 | Рецензування | 06.06.2024 | 05.06.2024 | Виконано |
| 13 | Завершення оформлення КР та презентації | 06.06.2024 | 15.06.2024 | Виконано |
| 14 | Захист бакалаврської кваліфікаційної роботи | 24.06.2024 | 26.06.2024 | Виконано |

Розробив здобувач ВО Плієв Руслан Заурович
(прізвище, ім'я, по батькові) _____ (підпис)
« ____ » _____ 20__ р.

Керівник роботи к.т.н, доцент Сіделєв Микола Іванович
(посада, прізвище, ім'я, по батькові) _____ (підпис)

« ____ » _____ 20__ р.

АНОТАЦІЯ

до кваліфікаційної роботи бакалавра

**«Моніторинг повітряного простору з метою реалізації системи
кур'єрської доставки»**

Студент 471 гр.: Плієв Руслан Заурович

Керівник: кандидат технічних наук, доцент Сідєєв М.І.

Дипломна робота на тему "Моніторинг повітряного простору реалізація системи кур'єрських послуг" присвячена дослідженню та впровадженню технологій безпілотних літальних апаратів (БПЛА) для організації ефективних кур'єрських доставок.

У роботі розглянуто нормативно-правову базу, що регулює використання БПЛА в Україні та міжнародні стандарти, які визначають вимоги до безпечної експлуатації безпілотників. Розглянуто технічні аспекти моніторингу повітряного простору, включаючи вимоги до систем моніторингу, що дозволяють забезпечити безпеку польотів БПЛА, такі як радіолокаційні системи, GPS-трекери та інші технічні засоби.

Досліджено питання безпеки польотів та збереження вантажу, включаючи розробку та впровадження заходів для забезпечення безпеки польотів, таких як системи уникнення зіткнень, контроль за технічним станом апаратів та забезпечення збереження вантажу під час доставки.

Реалізовано експериментальний макет з метою дослідження сучасних викликів та технічних завдань, необхідних для реалізації системи надання кур'єрських послуг за допомогою БПЛА.

Дипломна робота має наступні характеристики:

Кількість сторінок – 97.

Кількість рисунків – 30.

Кількість таблиць – 3.

Кількість схем – 11.

ABSTRACT
of the Bachelor`s Thesis
**“Monitoring of Airspace for the Implementation of a Courier Delivery
System”**

Student of group 471: Pliiev Ruslan Zaurovych

Supervisor: PhD., Docent Siddelev N. I.

The thesis titled "Monitoring of Airspace. Implementation of Courier Services Using UAVs" is dedicated to the study and implementation of unmanned aerial vehicle (UAV) technologies for organizing efficient courier deliveries. The main goal of the work is to investigate the airspace monitoring system and identify key aspects that affect the safety and efficiency of UAV usage for delivery.

The thesis examines the regulatory framework governing the use of UAVs in Ukraine and international standards that define the requirements for the safe operation of drones. It explores the technical aspects of airspace monitoring, including the requirements for monitoring systems that ensure the safety of UAV flights, such as radar systems, GPS trackers, and other technical means.

The research addresses flight safety and cargo security issues, including the development and implementation of measures to ensure flight safety, such as collision avoidance systems, monitoring the technical condition of the devices, and ensuring cargo safety during delivery.

An experimental model was implemented to investigate current challenges and technical tasks necessary for the implementation of a courier service system.

The thesis has the following characteristics:

- The number of pages is 97.
- The number of drawings is 30.
- The number of tables is 3.
- The number of schemes is 11.

ЗМІСТ

| | |
|--|-----------|
| ВСТУП | 3 |
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ | 6 |
| 1 АНАЛІЗ ДАНИХ З ВИКОНАННЯ СИСТЕМИ КУР'ЄРСЬКИХ ДОСТАВОК БЕЗПЛОТНИМИ АПАРАТАМИ | 7 |
| 1.1 Дослідження даних місії для виконання спланованого польоту | 7 |
| 1.2 Планування місії польоту кур'єрського БПЛА | 8 |
| 1.3 Загальні відомості про надання кур'єрських послуг безпілотними апаратами | 12 |
| 1.4 Перелік фірм, що виконують кур'єрські послуги з використанням безпілотних апаратів | 14 |
| 1.5 Регулювання польотами БПЛА на законодавчому рівні в Україні | 22 |
| 1.6 Завдання до проектування | 24 |
| 2 ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ КУР'ЄРСЬКОГО БЕЗПЛОТНОГО АПАРАТУ | 27 |
| 2.1 Моніторинг польоту і повітряного простору | 27 |
| 2.2 Забезпечення безпеки польоту та безпеки вантажу | 29 |
| 2.3 Основні фактори забезпечення безпеки апарату за наявності зовнішнього впливу | 33 |
| 2.4 Функція RTH безпілотного апарату на прикладі рішень компанії DJI | 35 |
| 2.5 Розробка алгоритму дій оператора та без екіпажного апарату на основі вимог безпеки та функції RTH | 39 |
| Висновки до розділу 2 | 43 |
| 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ МАКЕТ ГЕНЕРАТОРА ВИСОКОЧАСТОТНИХ СИГНАЛІВ ВПЛИВУ | 45 |
| 3.1 Загальні теоретичні відомості про високочастотні сигнали | 45 |
| 3.2 Компонентна база експериментального макету | 47 |
| 3.3 Принцип роботи високочастотних генераторів | 49 |
| 3.4 Електрична принципова схема експериментального макету | 53 |
| 3.5 Налаштування та перевірка електронної схеми | 53 |
| 3.6 Розробка друкованої плати генератора впливу | 55 |
| 3.7 Алгоритм проведення експерименту дієздатності функції RTH з використанням експериментального макету | 57 |
| 3.8 Аналіз працездатності функції RTH при наявності зовнішнього впливу | 63 |
| Висновки до розділу 3 | 64 |
| ВИСНОВКИ | 67 |
| ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ | 69 |

ВСТУП

Актуальність теми. Актуальність дослідження теми “Моніторинг повітряного простору з метою реалізації системи кур’єрської доставки” надзвичайно висока в сучасному світі, особливо в умовах постійного розвитку технологій та підвищення вимог споживачів до швидкості та ефективності доставок. Використання безпілотних апаратів у кур’єрських послугах може значно поліпшити процес доставки, зменшити витрати на робочу силу та час, а також зробити доставку більш точною і надійною.

Однак, однією з основних перешкод у реалізації цього підходу є умови, несприятливі для зв’язку. У таких умовах, які можуть бути спричинені територіальними особливостями, погодними умовами або технічними перешкодами, безпілотні апарати можуть втратити зв’язок з базовою станцією або оператором, що може призвести до аварій або втрати посилок.

Тому аналіз функціональності безпілотних апаратів за несприятливих для зв’язку умов є надзвичайно важливим для розуміння можливостей та обмежень цієї технології в реальних умовах. Дослідження такої теми дозволить розробникам та операторам розробляти більш надійні системи кур’єрської доставки з використанням безпілотних апаратів, що в свою чергу сприятиме підвищенню якості послуг та задоволенню потреб споживачів.

Метою роботи є забезпечення гарантованої доставки вантажів з використанням БПЛА.

Об’єктами дослідження є: сучасні сервіси, що виконують кур’єрські замовлення безпілотними апаратами, методи забезпечення безпеки та моніторингу повітряного простору.

Наукова новизна. Наукова новизна дослідження полягає в розгляді технологічних викликів та розробці стратегій для ефективною та надійною роботи безпілотних апаратів в умовах обмеженого або непостійного зв’язку.

Практична цінність. Дослідження теми допоможе вдосконалити технології безпілотних доставок та підвищити їх ефективність і надійність в

реальних умовах, що в свою чергу сприятиме розвитку цього сектору та покращенню якості послуг доставки. На рисунку 1 зображено рівень росту популярності безпілотного контролю за останні роки.

ЗАДАЧІ

1. Аналіз існуючої технічної літератури з методів планування місій БПА
2. Розгляд світових компаній що пропонують кур'єрські доставки дронами
3. Дослід можливості реалізації безпілотних доставок в Україні опираючись на дійсні закони
4. Дослід методів забезпечення безпеки безпілотного апарату та вантажу під час виконання кур'єрських послуг
5. Розгляд існуючих правил та методів моніторингу повітряного простору та повітряного руху
6. Аналіз алгоритму RTN сучасних БПЛА
7. Розробка та створення експериментального макету впливу на основі генератору високочастотних сигналів
8. Проведення експерименту на основі впливу виконаного макету на працездатність алгоритму RTN
9. Виконання висновків стосовно функціональності алгоритму RTN за наявності несприятливих умов
10. Проведення розрахункової частини з питань охорони праці

Структура та обсяг. Дипломна робота складається з вступу, трьох розділів та висновків.

У першому розділі наведено загальні відомості про виконання кур'єрських послуг засобами безпілотних апаратів. Розглянуто сервіси та засоби що використовуються для надання даних послуг за кордоном та на території України. Проаналізовано актуальність безпілотних кур'єрських відповідно до регіонів та розглянуто засоби захисту посилок та апаратів.

У другому розділі виконано експериментальний макет впливу на систему керування безпілотним апаратом, що являє з себе регулюємий генератор високочастотних сигналів.

У третьому розділі розглянуто дії безпілотного апарату та оператора за несприятливих умов, створених експериментальним макетом генерації високочастотних сигналів виконаним у другому розділі роботи.

У висновках проаналізовані отримані результати роботи.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

БПЛА – безпілотний літальний апарат

БПА – безпілотний апарат

VTOL – літак вертикального зліту та посадки

DHL – німецький поштовий сервіс

UAV – без екіпажний апарат

GPS – глобальна система позиціювання

RTH – функція повернення до дому

GNSS – навігаційні супутникові системи

DJI – компанія що займається виготовленням безпілотних апаратів

1 АНАЛІЗ ДАНИХ З ВИКОНАННЯ СИСТЕМИ КУР'ЄРСЬКИХ ДОСТАВОК БЕЗПІЛОТНИМИ АПАРАТАМИ

1.1 Дослідження даних місії для виконання спланованого польоту

Обізнаність про ситуацію використовується для планування місії та вибору режиму польоту, що є елементами керування високого рівня. Для літаків пілот та інші члени екіпажу забезпечують дані місії для інтерпретації даних з різних джерел для виконання польоту. Значна частина цих даних використовується під час планування перед польотом або перед місією та оновлюється на борту під час виконання місії. У міру виконання сегментів місії та виникнення аномальних подій відбувається перемикання режимів польоту, що є елементом керування середнього рівня.

На літаку пілот керує апаратом і приймає необхідні рішення щодо перемикання режимів і реконфігурації управління за допомогою системи керування польотом. Він являє собою елемент управління на низькому рівні і використовується для виконання плавного переходу між режимами польоту, тобто переходу від висіння або зльоту до горизонтального польоту тощо, і залишатися в межах зони польоту БПЛА. Зовнішні аномальні умови змушують пілота вживати коригувальних дій, таких як уникнення перешкоди або ухилення від цілі чи загрози. Також можуть виникнути внутрішні ненормальні умови, такі як збій або несправність компонента на борту літака. Пілот надає дані для впровадження коригувальних дій, змінюючи свій набір елементів керування, щоб безпечно продовжувати політ або посадку літака.

Без пілота на борту БПЛА повинен або керуватися з землі наземним пілотом радіоуправління, або БПЛА повинен мати власний інтелект для автономного польоту. Автономне виконання місії БПЛА з вертикальним зльотом і посадкою (VTOL) було продемонстровано як БПЛА Georgia Tech, так і Sikorsky Aircraft у проекті Army Advanced Scout Rotorcraft Testbed (ASRT). Однак обидва літальні апарати не змогли використати всі можливості безпілотників у зоні польоту, значною мірою обмежені

реалізованими алгоритмами керування. Крім того, алгоритми керування були значною мірою налаштовані відповідно до характеристик конкретного транспортного засобу та розроблені за принципом проб і помилок. Крім того, обчислювальна архітектура на борту апарату не забезпечувала середовища для повторного використання та реконфігурації, не кажучи вже про підключення та роботу різних алгоритмів [1].

Ієрархічна структура управління для потоку інформаційних даних місії проілюстрована на рисунку 1.

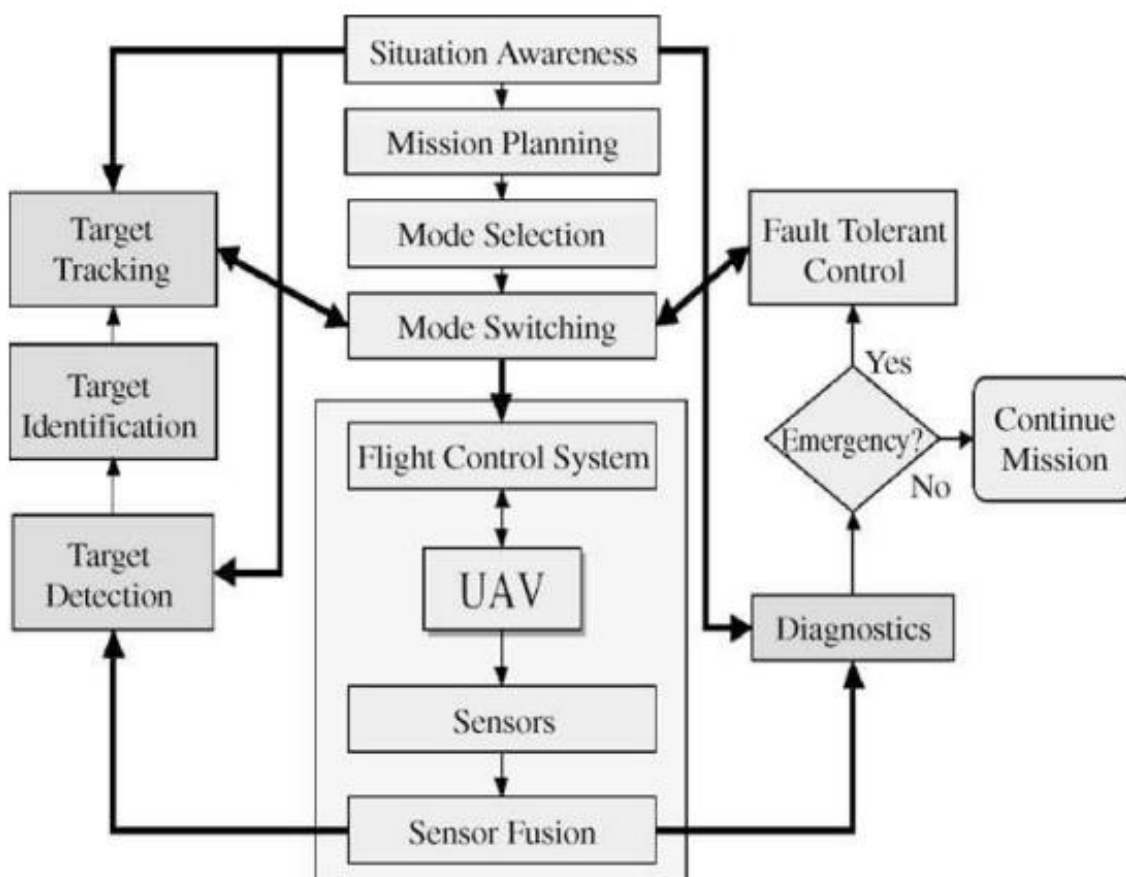


Рисунок 1 – Інформаційний потік даних про хід місії

1.2 Планування місії польоту кур'єрського БПЛА

На рисунку 2 зображено конфігурацію планувальника місії. Наглядний контролер високого рівня отримує команди завдань від командно-диспетчерського пункту та розкладає їх на підзавдання, які потім призначаються підключеним функціональним модулям. Після отримання

точок початку та призначення від диспетчера, планувальник маршруту генерує «найкращий» маршрут у формі точок шляху, за якими БПЛА буде слідувати. База даних місцевості у формі оцифрованої карти доступна планувальнику маршруту.

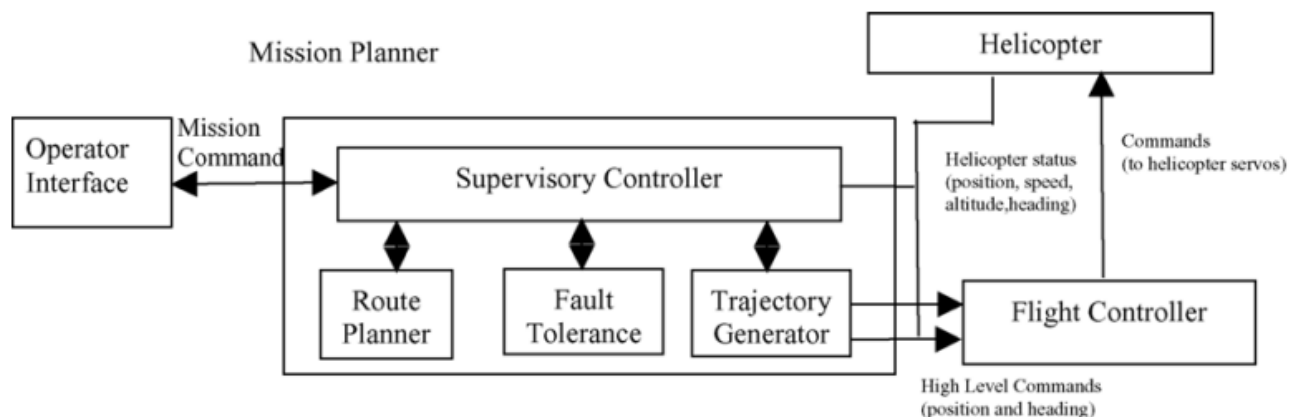


Рисунок 2 – Конфігурація планування місії

Конфігурація планувальника маршруту зображена на рисунку 3. Оцифрована карта має форму сітки рівних квадратних комірок, де кожна комірка або вільна, або зайнята перешкода. Маючи дві вільні комірки (тобто початкову та кінцеву), призначені контролюючим модулем, пошукова система A* здійснює пошук у сітці карти та планує маршрут на основі комірок, який простягається від початкової комірки до осередку призначення та уникає нерухомих перешкод. Згенерований маршрут клітини є неоптимальним з точки зору відстані, безпеки та маневрування (наприклад, кути повороту), тобто:

вартість маршруту = $(W_d \times \text{відстань}) + (W_h \times \text{небезпека}) + (W_m \times \text{маневрування})$;

де W_d , W_h і W_m є ваговими коефіцієнтами для трьох компонентів витрат, які призначаються диспетчерським модулем на основі цілей та обставин місії. Елементи вартості виражаються як нечіткі функції приналежності, що відображають притаманну невизначеність, пов'язану із запланованою траєкторією, перешкодами на шляху та маневрами, які

транспортний засіб повинен виконувати під час навігації по місцевості. A^* використовує евристичні знання про близькість цільового стану до поточного стану для керівництва пошуком. Вартість кожної шуканої комірки, n , складається з двох компонентів:

$$\text{вартість}(n) = k_g \times g(n) + k_h \times h(n);$$

де $g(n)$ – це вартість маршруту з найменшою вартістю (знайденого на даний момент під час пошуку) від початкової комірки до комірки n , $h(n)$ – евристична (тобто оцінена) вартість маршруту з мінімальною вартістю від комірки n до комірки призначення, а k_g , k_h — вагові коефіцієнти для $g(n)$ і $h(n)$ відповідно. Враховуючи простір станів пошуку, початковий стан (початковий вузол) і кінцевий стан (цільовий вузол), A^* знайде оптимальний (з найменшою вартістю) шлях від початкового вузла до цільового вузла, якщо такий шлях існує. Згенерований маршрут клітинки додатково оптимізується та згладжується за допомогою алгоритму фільтрації.

Відфільтрований маршрут — це серія послідовних маршрутних точок, якими може пройти БПЛА. Контролюючий модуль зчитує цілі та статус місії та на основі цього налаштовує пошукову систему та призначає ваги трьом компонентам вартості маршруту.

Крім того, керівний модуль вибирає початкову та кінцеву комірки для пошукової системи залежно від поточного стану БПЛА, тобто чи він нерухомий, чи вже рухається до пункту призначення та потребує перенаправлення до іншого пункту призначення. Модуль підтримки навчання отримує дані про вартість маршруту з пошукової системи на певних орієнтирах на карті та оновлює базу даних про вартість, яка використовується пізніше для забезпечення кращої евристики для керування пошуковою системою [2].

На рисунку 4 на блок-схемі показано кроки реалізації планування маршруту. Типові результати планування маршруту для БПЛА з фактичними картографічними даними показані на рисунку 3.

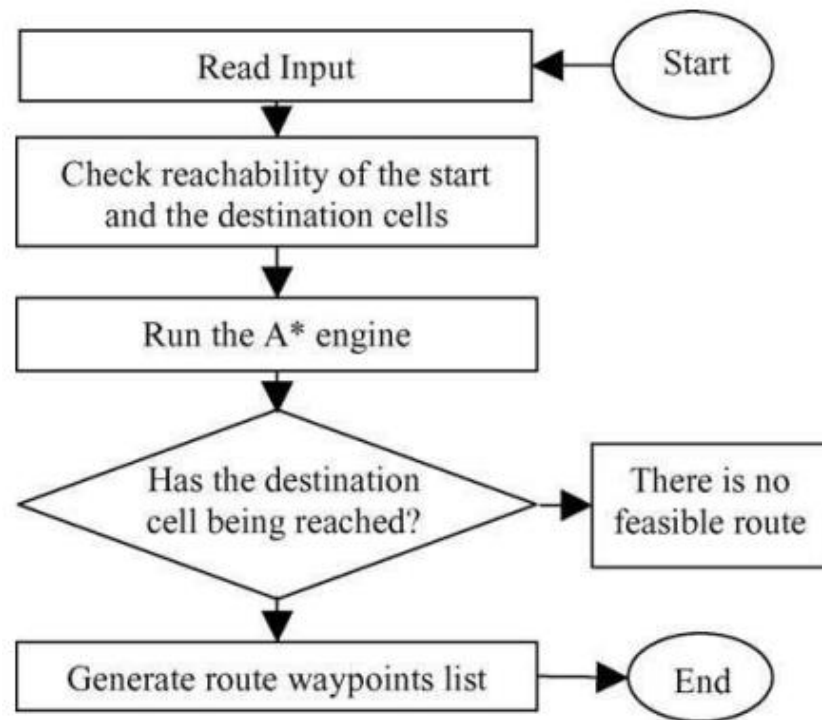


Рисунок 3 – Блок-схема планувальника маршруту

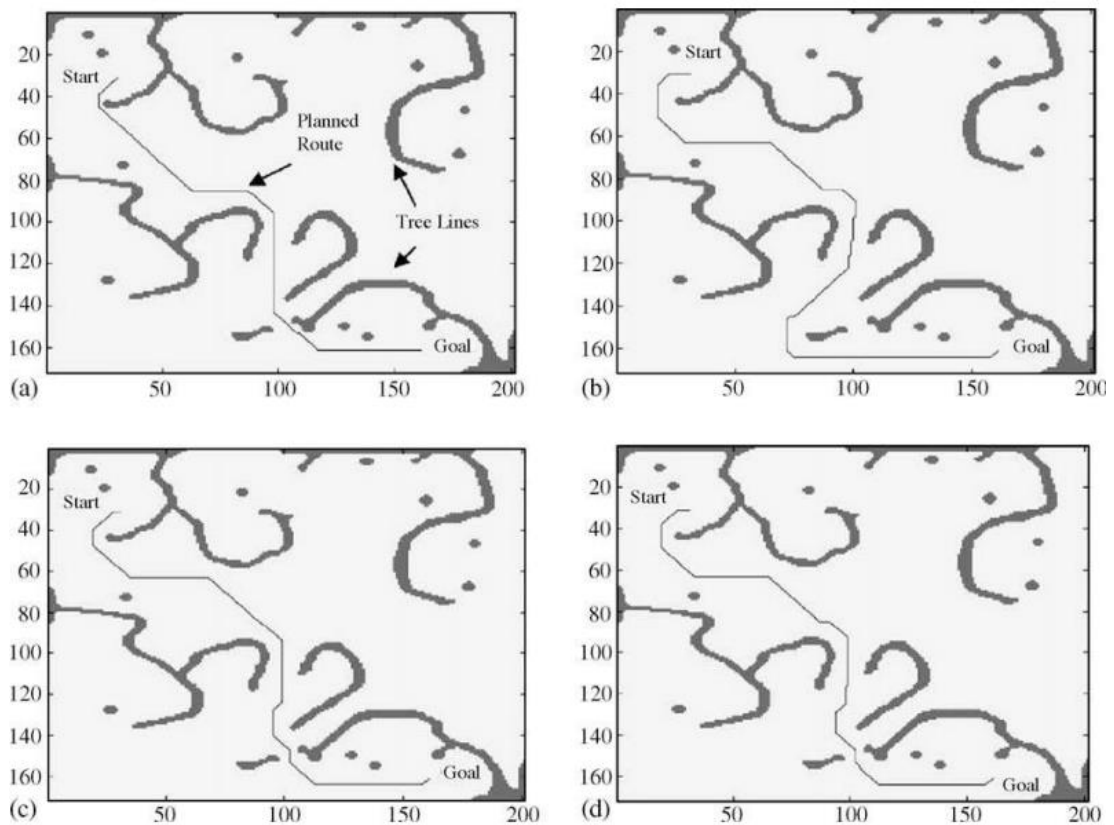


Рисунок 4 – Чотири заплановані нефільтровані маршрути: (а) мінімальна відстань; (б) мінімальна небезпека (або максимальна безпека); (с) мінімальне маневрування; (д) мінімальна відстань + небезпека).

1.3 Загальні відомості про надання кур'єрських послуг безпілотними апаратами

Безпілотна авіапошта (англ. delivery drone) - вид авіапошти, де доставка посилок здійснюється за допомогою безпілотних літальних апаратів.

Більшість запропонованих рішень на даний момент полягає у використанні дрону з шістьма та більше пропелерами. Кур'єрський контейнер поміщається у відсік у нижній частині дрону або кріпиться безпосередньо до самого літального апарату. Клієнт отримує посылку, забираючи її з відсіку дрона, що спустився на землю, або від'єднуючи від мотузки спускового механізму, завдяки якому дрон може не сідати на землю [3].



Рисунок 5 – Приклад кур'єрського дрона з закріпленням до нього контейнером

Безпілотні літальні апарати (БПЛА) перетворилися на справжніх помічників у сфері кур'єрських послуг, принесли інновації та ефективність в цей сектор. Завдяки поєднанню передових технологій, відмінних засобів

зв'язку та надійної навігації, БПЛА революціонізували доставку товарів і документів.

Переваги використання БПЛА в кур'єрських послугах неперевершені. Перш за все, вони дозволяють доставляти вантажі важкі чи великі для традиційного кур'єра на наземному транспорті в областях з важкодоступною територією, таких як гірські райони або острови. БПЛА можуть швидко переносити вантажі навіть через великі відстані, що робить їх ідеальними для міжнародних доставок.

Крім того, використання БПЛА зменшує вплив на довкілля, оскільки вони не використовують паливо і не викидають шкідливих викидів в атмосферу. Це важливо для компаній, що прагнуть зменшити свій вуглецевий слід та дотримуватися стандартів сталого розвитку.

Безпілотні кур'єри також відзначаються своєю точністю і надійністю. Завдяки передовим системам навігації та безпілотному управлінню, вони можуть точно визначити своє місцезнаходження і маршрут до пункту призначення, уникнувши заторів та інших перешкод на шляху. Це робить їх ідеальними для доставки в часово-обмежені та критичні ситуації.

Нарешті, використання БПЛА може значно знизити витрати на доставку для підприємств. Вони не потребують водіїв або пального, і їхнє обслуговування відносно недороге порівняно з традиційними засобами транспорту.

Загалом, використання безпілотних літальних апаратів в кур'єрських послугах відкриває нові можливості для ефективної та екологічно чистої доставки товарів та документів, революціонізуючи спосіб, яким ми розуміємо та використовуємо кур'єрські послуги [4].

1.4 Перелік фірм, що виконують кур'єрські послуги з використанням безпілотних апаратів

1) Amazon Prime Air. Компанія Amazon, найбільший Інтернет-рітейлер, в грудні 2013 року анонсувала свій найшвидший спосіб доставки покупок – Amazon Prime Air. За допомогою даного сервісу покупки, зроблені в Інтернет-магазині Amazon, будуть доставлятися клієнтам протягом 30 хвилин, що в 4 рази швидше, ніж найшвидший спосіб доставки Amazon Prime Now, що діє. Такого суттєвого прискорення планується досягти за рахунок використання дронів.

Передбачається, що працювати буде досить просто. Покупець робить онлайн замовлення та вказує Prime Air як спосіб доставки. У логістичному центрі компанії товар, обраний клієнтом, завантажуються БПЛА (Рисунок 6). Потім БПЛА летить за вказівною адресою, приземляється, проводить розвантаження товару та відлітає. Після цього клієнт забирає із землі упаковку із товаром.

У грудні 2016 року компанія провела першу тестову доставку з використанням Prime Air.

Річард Б., який живе в графстві Кембріджшир, Англія, замовив Amazon Fire TV та собачий корм. Вага замовлення становила 2.1 кг. Дрон, пролетівши кілька миль, доставив покупку протягом 13 хвилин. Управління польотом дрону від зльоту до посадки велоса автоматично. Люди виконували лише роль контролера. Поміщення вантажу в дрон перед зльотом також проводилося автоматично.

Компанія зазначає, що доставка за допомогою БПЛА може посправжньому розкритися тільки при використанні автоматичної системи управління польотами дронів, в яких людина виконувала б тільки роль контролера і могла одночасно обслуговувати кількох дронів [5].



Рисунок 6 – БПЛА компанії “Amazon Prime Air”

2) Google Project Wing. У 2012 р. корпорація Alphabet (материнська компанія Google), а точніше її підрозділ «X», що займається інноваційними розробками, почала опрацьовувати питання доставки вантажів дронами, а через два роки у серпні 2014 року був анонсований проект Wings.

Wings – це дослідницький проект, спрямований на розробку автоматизованого БПЛА та інфраструктури для його використання. На відміну від Amazon, яка розробляє безпілотники для себе, Google прагнула створити сервіс з доставки, який буде затребуваний іншими компаніями.

У проекті було продемонстровано кілька типів безпілотників (Рисунок 7), причому побудованих за різними аеродинамічними схемами. За останні кілька років було проведено ряд успішних тестових запусків та пілотних проектів, в яких дрони Project Wing доставляли різні товари до споживачів. Цей проект є одним із важливих напрямків розвитку технологій доставки майбутнього.



Рисунок 7 – БПЛА компанії “Google Project Wing”

3) DHL Parcelcopter. DHL – одна з найбільших логістичних компаній світу – виявляє стійкий інтерес до використання БПЛА для доставки вантажів.

Перші льотні випробування компанія провела у 2013 році у місті Бонн, Німеччина. У ході експерименту БПЛА (Рисунок 8), який у компанії називають «Parcelcopter», протягом тижня перевозив посылки через річку Рейн, і виглядало це так: на одному березі розташовувалося місце старту, де до дрону прикріплювався вантаж, і був оператор, управляючий польотом.

На іншому березі, поряд зі штаб-квартирою DHL, була точка скидання вантажу. Дрон злітав на одному березі, перелітав річку, скидав вантаж і повертався назад. Відстань між точками становила близько 1 кілометра.

Наступні льотні випробування проводилися через рік після перших восени 2014 р. Протягом 3 місяців дрони перевозили медикаменти та предмети першої необхідності з м. Нордайх, Німеччина, на острів Йюст, Німеччина. Маршрут польотів пролягав над Північним морем і мав довжину 12 км.

Для проведення польотів DHL отримала офіційний дозвіл від авіаційної влади, а сама зона польотів була закрита для цивільної авіації.

Загальна схема експерименту виглядала так: медики з острова Йюст робили замовлення на ліки. Після цього ліки доставлялися до точки запуску БПЛА на північному узбережжі м. Нордайх. Дрон із вантажем злітав і в автоматичному режимі летів на острів, де робив посадку. Ліки вивантажувалися з дрону та співробітник DHL доставляв їх замовнику.

З січня до березня 2016 р. DHL провела черговий етап випробувань дронів. На цей раз як зона здійснення польотів були обрані Баварські Альпи, Німеччина. Доставка проводилася між комуною Райт-ім-Вінкль, розташованої в долині, та гірським поселенням, розташованим на плато Вінкльмозальм. Відстань між ними становила 8,3 км, а перепад висот був 500 метрів.

У ході випробувань у комуні та у гірському селищі встановили гібриди автоматизованої поштової станції та аеропорту для дронів – DHL Packstation with SkyPort (далі – Skyport).

Коли мешканець гірського селища замовляв в Інтернет-магазині якийсь товар, той спочатку доставлявся до Skyport, розташований у комуні, а потім дроном перевозився до Skyport, розташованого на гірському плато, звідки його вже забирав покупець [6].



Рисунок 8 – БПЛА компанії “DHL Parcelcopter”

4) Zipline. У 2016 році каліфорнійська компанія Zipline за домовленістю з урядом Африканської держави Руанда розпочала доставку донорської крові та медикаментів за допомогою БПЛА.

Процес влаштований наступним чином: лікар клініки, яка потребує термінового постачання крові, відправляє заявку по SMS до спеціального логістичного центру. Після отримання заявки працівники центру завантажують запаси в безпілотник і запускають його. У проекті використовують БПЛА літакового типу (Рисунок 9), а зліт здійснюється за допомогою катапульти.

Діставшись місця призначення, безпілотник скидає посилку з вантажем на парашуті і летить назад в логістичний центр. Співробітник клініки, що замовила постачання, підбирає посилку із землі. Після повернення дрон приземляється на спеціальний аерофінішер.

Один логістичний центр здатний обслуговувати клініки у радіусі 70 км. Використання катапульти та аерофінішера звільняє проект від необхідності облаштування злітно-посадкової смуги та використання коліс на БПЛА для посадки.

Найважливішою особливістю проекту є те, що він функціонує у продуктивному режимі та повністю узгоджений з урядом Руанди. Більше того, воно навіть оплачує польоти.

Успішний досвід використання БПЛА, отриманий у Руанді, планують перенести до Танзанії та США.



Рисунок 9 – БПЛА компанії “Zipline”

5) Flirtey. Flirtey - це компанія, яка спеціалізується на розробці та впровадженні безпілотних літальних апаратів (дронів) для доставки товарів (Рисунок 10). Заснована у 2013 році, Flirtey стала одним з піонерів у галузі автономних доставок і відома своїми інноваційними підходами до цього виду технологій.

Основна мета Flirtey - забезпечити ефективну та безпечну доставку товарів, включаючи харчові продукти, медичні засоби, ліки та інші товари, за допомогою безпілотних літальних апаратів. Вони активно працюють над розвитком технологій дронів, програмного забезпечення та системи управління, щоб забезпечити найвищий рівень безпеки та ефективності у процесі доставки.

Компанія Flirtey випробовувала свої безпілотні дрони у різних областях, включаючи міські та сільські райони, а також в разі надзвичайних ситуацій, коли швидкість доставки має вирішальне значення. Вони також

співпрацюють з різними компаніями, урядовими органами та організаціями з метою впровадження своїх технологій у різні галузі та сегменти ринку.

Крім того, Flirtey активно працює над розробкою та впровадженням рішень, які дозволять їм взаємодіяти з повітряним простором та іншими безпілотними апаратами для забезпечення безпеки та координації у повітряному просторі. Їхній проект є одним із важливих напрямків розвитку технологій доставки майбутнього.



Рисунок 10 – БПЛА компанії “Flirtey”

б) Wingcopter. Wingcopter - це компанія, яка спеціалізується на розробці та виробництві безпілотних літальних апаратів (дронів) для широкого спектру застосувань, зокрема для доставки товарів, медичних послуг, досліджень та рятувальних операцій. Заснована в Німеччині у 2017 році, компанія вже має значний досвід і позиції на ринку автономних літальних апаратів.

Основний продукт Wingcopter - це безпілотні апарати (Рисунок 11), що відрізняються високою швидкістю, дальністю польоту та здатністю до вертикального зльоту та посадки (VTOL). Їх технологія дозволяє здійснювати ефективну доставку в урбанізованих та віддалених районах, переносячи великі об'єми товарів на великі відстані.

Однією з ключових особливостей Wingcopter є їхні гібридні апарати, які поєднують у собі переваги літального крила та вертикального зльоту та посадки. Це дозволяє їм працювати як ефективні кур'єрські дрони для швидкої доставки великих вантажів, так і дослідницькі апарати для виконання різних місій.

Компанія Wingcopter також активно співпрацює з різними партнерами, включаючи урядові організації, гуманітарні організації та приватні компанії, для розробки та впровадження своїх рішень у різних секторах економіки та соціальної сфери.

Компанія продовжує активно розвиватися і розширювати свої можливості у сфері безпілотних технологій, зокрема вдосконалюючи свої апарати та розробляючи нові рішення для відповіді на потреби сучасного ринку.



Рисунок 11 – БПЛА компанії “Wingcopter”

1.5 Регулювання польотами БПЛА на законодавчому рівні в Україні

З 24 лютого 2022 року, відповідно до Закону України "Про правовий режим воєнного стану", в Україні було введено режим воєнного стану. З цього дня повітряний простір України закрито для цивільних користувачів, включаючи безпілотні повітряні літальні апарати (БПЛА) [7].

Рішення про можливість використання повітряного простору безпілотними повітряними суднами в конкретному регіоні приймається Генеральним штабом Збройних Сил України. Для забезпечення належного використання безпілотних повітряних суден у сільськогосподарській діяльності, суб'єктам господарювання слід звернутися до обласної військової адміністрації, щоб з'ясувати можливість їх експлуатації в певній місцевості (районі).

Згідно з пунктом 4 розділу II Авіаційних правил, польоти безпілотних повітряних суден масою до 20 кг виконуються без необхідності подання заявок на використання повітряного простору, отримання дозволів чи інформування органів управління Повітряних Сил Збройних Сил України, органів об'єднаної цивільно-військової системи організації повітряного руху України, Державної прикордонної служби України та органів обслуговування повітряного руху, за умови дотримання певних вимог:

1. Польоти здійснюються без перетину державного кордону України;
2. Польоти проводяться поза межами зон з заборонами та обмеженнями використання повітряного простору, за винятком випадків, передбачених Положенням про використання повітряного простору, затвердженим постановою Кабінету Міністрів України від 6 грудня 2017 року № 954 (далі - Положення);

3. Польоти проводяться не ближче ніж 5 км від зовнішніх меж злітно-посадкових смуг аеродромів або не ближче ніж 3 км від зовнішніх меж злітно-посадкових смуг майданчиків/вертодромів, за винятком узгодження з експлуатантом аеродрому/майданчика/вертодрому;

4. Польоти здійснюються не ближче ніж 500 м від пілотованих повітряних суден;

5. Польоти не виконуються над:

- скупченням людей на відкритих просторах і місцями з щільною забудовою;
- об'єктами (зонами), визначеними Міністерством оборони України, Міністерством інфраструктури України, Міністерством внутрішніх справ України, Державною прикордонною службою України, Службою безпеки України, Національною поліцією України, Національною гвардією України, Державною фіскальною службою України, Службою зовнішньої розвідки України, Управлінням державної охорони України, іншими військовими формуваннями та правоохоронними структурами, створеними відповідно до законів України, які під охороною/державною охороною (за умови позначення території інформаційними знаками про заборону польотів БПЛА та/або публічного оголошення меж такої заборони), за винятком випадків виконання польотів з дозволу відповідних повноважних органів;

6. Польоти здійснюються в межах прямої видимості (VLOS);

7. Максимальна висота польотів не перевищує:

- 120 м над рівнем земної (водної) поверхні поза межами диспетчерської зони, аеродромної зони польотної інформації, зон та районів органів управління повітряним рухом відомчих органів, спеціально

встановлених зон, іншого спеціально зарезервованого повітряного простору;

- 50 м над рівнем земної (водної) поверхні в межах диспетчерської зони, аеродромної зони польотної інформації, зон та районів органів управління повітряним рухом відомчих органів, спеціально встановлених зон, іншого спеціально зарезервованого повітряного простору, якщо відсутня інформація про фактичний статус елементів структури повітряного простору на момент польоту;
- 50 м над статичними перешкодами на горизонтальній відстані не більше 100 м від таких перешкод, як відхилення від зазначених вище обмежень по висоті на запит власника такого об'єкта;

8. Швидкість польоту безпілотного повітряного судна не перевищує 160 км/год.

В інших випадках польоти безпілотних повітряних суден масою до 20 кг включно та всі польоти без винятку безпілотних повітряних суден масою понад 20 кг виконуються в межах спеціально визначених зон і маршрутів з дотриманням вимог щодо подання заявок на використання повітряного простору, отримання відповідних дозволів і умов використання повітряного простору, а також інформування органів управління Повітряних Сил Збройних Сил України, Державної прикордонної служби України, органів об'єднаної цивільно-військової системи організації повітряного руху України та органів обслуговування або управління повітряним рухом [8].

1.6 Завдання до проектування

Для даної дипломної роботи, поставлена нами задача полягає у створенні алгоритму моніторингу повітряного простору для реалізації системи кур'єрських доставок з використанням БПЛА, та у виконанні експериментального макету високочастотних сигналів впливу з метою

дослідження складнощів і викликів що стають перед реалізацією виконання точних та безпечних доставок.

Розробка схеми реалізації моніторингу польоту і повітряного простору оператором на основі підсистем БПЛА виконана у другому розділі. Розроблена схема зображена на рисунку 12.

Виконання експериментального високочастотного генератора описано у третьому розділі дипломної роботи. Електронна схема генератора зображена на рисунку 23.

Генератор працює на напрузі 5V. Вихідна частота генератора – 2.4Гг, що відповідає частоті зв'язку з БПЛА та цілком відповідає поставленій задачі на дослідження взаємодії високочастотного генератора впливу з БПА.

На основі електронної схеми виконано друковану плату та 3D модель друкованої плати генератора. Друкована плата та 3D модель відповідно зображені на рисунках 28 та 29.

Висновки до розділу 1

У першому розділі детально розглянуто сутність та актуальність використання безпілотних апаратів (БПЛА) для кур'єрської доставки. Підсумовуючи проведений аналіз, можна зробити такі висновки:

1. Швидкість та ефективність доставки: Безпілотні апарати значно скорочують час доставки товарів, особливо у містах з інтенсивним транспортним рухом, де традиційні методи логістики часто не справляються із заторами та іншими перешкодами. Використання БПЛА забезпечує оперативне виконання замовлень, що підвищує рівень задоволеності клієнтів.

2. Доступність важкодоступних районів: Завдяки своїм технічним можливостям, безпілотні апарати можуть доставляти товари до важкодоступних або віддалених районів, де традиційні кур'єрські служби не завжди мають змогу здійснювати своєчасну доставку. Це особливо актуально для сільських районів та територій з обмеженою інфраструктурою.

3. Технологічні виклики та обмеження: Незважаючи на численні переваги, використання БПЛА для кур'єрської доставки стикається з певними технічними та нормативно-правовими викликами. Це включає необхідність розробки та впровадження ефективних систем управління повітряним рухом безпілотників, забезпечення їхньої безпеки, а також адаптацію нормативно-правової бази до нових технологій.

4. Інтеграція з існуючими логістичними системами: Для максимальної ефективності використання безпілотних апаратів необхідна їх інтеграція з існуючими логістичними та інформаційними системами. Це дозволить оптимізувати процеси доставки, забезпечити точність та надійність виконання замовлень.

Перший розділ надав комплексне уявлення про поточний стан та перспективи розвитку кур'єрської доставки за допомогою безпілотних апаратів. Отримані висновки слугують основою для подальших досліджень у цій галузі, зокрема у питаннях забезпечення безпеки та регулювання використання БПЛА в комерційних цілях.

2 ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ КУР'ЄРСЬКОГО БЕЗПЛОТНОГО АПАРАТУ

2.1 Моніторинг польоту і повітряного простору

Моніторинг польоту і повітряного простору є важливим аспектом забезпечення безпеки та ефективності використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Ця система дозволяє оператору контролювати траєкторію польоту, стежити за параметрами БПЛА та швидко реагувати на зміни в навколишньому середовищі. Схема реалізації моніторингу польоту і повітряного простору оператором на основі підсистем БПЛА зображена на рисунку 12.

Основні компоненти системи:

1. Сенсори та датчики: Включають в себе GPS, інерціальні навігаційні системи (INS), альтиметри, барометри та інші датчики, що дозволяють збирати інформацію про позицію, висоту, швидкість та інші параметри польоту.
2. Камери та інфрачервоні сенсори: Для візуального контролю за польотом та навколишнім середовищем.
3. Бортовий комп'ютер: Виконує первинну обробку даних, отриманих з сенсорів і датчиків.
4. Алгоритми обробки даних: Включають фільтрацію шумів, об'єднання даних з різних джерел та обчислення важливих параметрів для моніторингу.
5. Радіозв'язок: Забезпечує передачу даних між БПЛА та наземною станцією управління.
6. Супутниковий зв'язок: Використовується для зв'язку на великих відстанях або у важкодоступних районах.
7. Операційний центр: Місце, де оператори здійснюють контроль та управління БПЛА.

8. Монітори та дисплеї: Відображають реальні дані про політ, а також відео з камер БПЛА.

9. Інтерфейс управління: Включає джойстики, клавіатуру та інші засоби введення для керування польотом БПЛА.

Принцип роботи системи:

1. Сенсори та датчики, встановлені на БПЛА, безперервно збирають дані про його стан та навколишнє середовище.

2. Бортовий комп'ютер виконує первинну обробку цих даних, використовуючи алгоритми фільтрації та об'єднання даних.

3. Оброблені дані передаються на наземну станцію управління за допомогою радіозв'язку або супутникового зв'язку.

4. Оператори на наземній станції отримують дані в реальному часі на монітори та дисплеї.

5. Оператори аналізують інформацію та приймають рішення щодо коригування траєкторії польоту або виконання інших дій для забезпечення безпеки та ефективності місії.

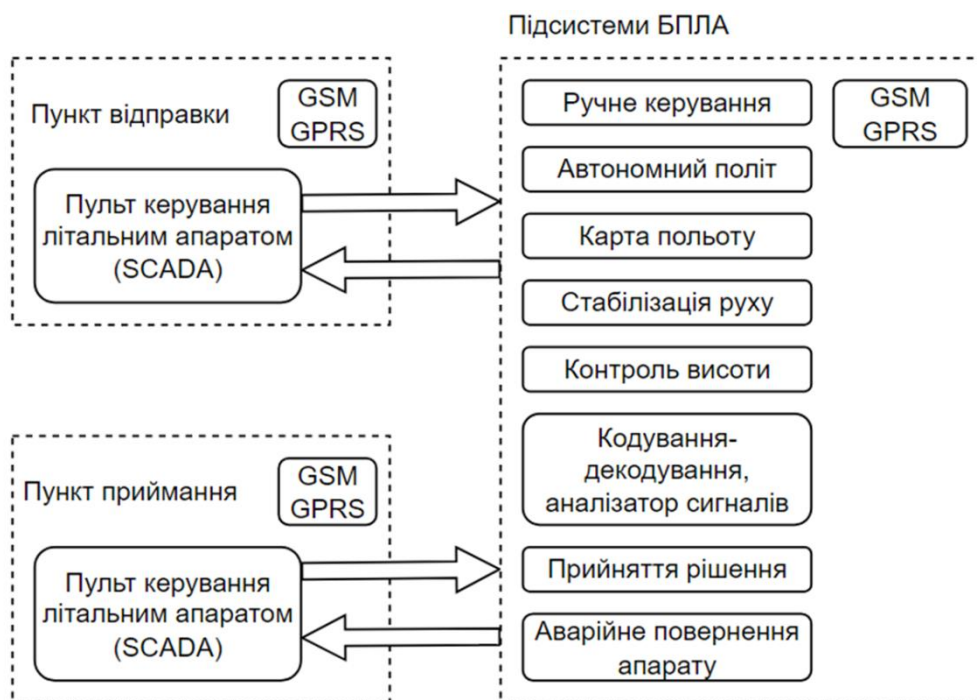


Рисунок 12 – Схема реалізації моніторингу польоту і повітряного простору оператором на основі підсистем БПЛА

2.2 Забезпечення безпеки польоту та безпеки вантажу

Забезпечення безпеки польоту та вантажу БПЛА - це складний процес, що включає в себе різноманітні технології та стратегії. Це охоплює все, від розробки надійних систем керування та автономних алгоритмів до впровадження заходів для запобігання зіткнень у повітрі. Ключові аспекти включають безперебійне забезпечення зв'язку, постійний моніторинг стану БПЛА, розробку систем виявлення та уникнення перешкод, а також дотримання всіх вимог безпеки та регулювань. Завдяки цим заходам можна забезпечити безпеку польоту та вантажу, що перевозяться БПЛА.

Основні фактори, що впливають на безпеку під час експлуатації безпілотних літальних апаратів на об'єктах транспортної інфраструктури, можна поділити на чотири групи:

1) Інфраструктурні фактори:

1. Близькість шляхів руху інших транспортних засобів. Повітряні коридори, виділені для руху БПЛА, не повинні перетинатися в одній площині з коліями (коридорами) руху інших ТЗ, що експлуатуються на транспортних шляхах;

2. мінімальна кількість вільного простору для маневрування. Простір для маневрування БПЛА на транспортних шляхах обмежено існуючими шляхами руху інших транспортних засобів, а також будівлями, спорудами та комунікаціями, наявними на транспортних шляхах.

2) Технологічні фактори:

1. На транспортних шляхах застосовується ряд типів обладнання, у технологічному процесі якого застосовуються радіоканали. БПЛА - це літальний апарат, управління яким здійснюється дистанційно по радіоканалу. У зв'язку з цим необхідно враховувати ризик збою в управлінні БПЛА через вплив інших радіосигналів;

2. На ряді транспортних шляхів застосовується обладнання, що генерує радіоперешкоди. При плануванні шляхів для пересування БПЛА необхідно враховувати, що на дорозі руху БПЛА не повинно бути ділянок з таким рівнем радіоперешкод, при якому можливі збої в управлінні літальним апаратом.

3) Нормативно-правові фактори:

1. Власник безпілотного літального апарату несе відповідальність за завдання БПЛА шкоди третім особам. При виборі маршруту руху БПЛА необхідно враховувати можливий ризик зіткнення не лише з транспортними засобами, але з людьми, які перебувають на об'єкті;

2. Власник безпілотного літального апарату зобов'язаний здійснювати встановлені законом реєстраційні дії та отримувати необхідні дозволи. Графіки та режими руху БПЛА мають бути узгоджені з контролюючими органами.

4) Фактори ризику несанкціонованого втручання чи впливу на БПЛА:

1. Існує ризик дистанційного перехоплення керування безпілотним літальним апаратом. В наш час не існує інструменту гарантованого захисту каналу управління БПЛА від несанкціонованого втручання та впливів з боку порушника. Необхідно враховувати ризик перехоплення керування літальним апаратом, у тому числі і з метою застосування БПЛА для здійснення незаконних актів;

2. Цивільні БПЛА не мають захисту від зовнішнього фізичного впливу. Необхідно враховувати, що БПЛА легко може бути пошкоджений, наприклад, невеликим предметом, кинутим у його бік порушником. При плануванні шляхів та інфраструктури для пересування БПЛА необхідно враховувати, що БПЛА повинні бути недоступні для прямого фізичного впливу з боку порушника.

Узагальнення факторів, що впливають на безпеку під час експлуатації безпілотних літальних апаратів на об'єктах транспортної інфраструктури, дозволяє сформулювати три основні умови безпечного застосування БПЛА на транспортних шляхах:

1. Зона можливого пересування БПЛА має перебувати в межах виділеного повітряного коридору. Ця умова обумовлена тим, що нині немає захисту від загрози неконтрольованої зміни траєкторії польоту БПЛА «Зміна траєкторії може статися як внаслідок помилок оператора», так і умисного несанкціонованого втручання та впливів з боку порушника, включаючи дистанційне перехоплення управління БПЛА. Крім того, існує загроза втрати управління над БПЛА за виникненні в ньому технічних несправностей, після чого БПЛА також може змінити траєкторію та зіткнутися з іншими транспортними засобами;

2. У міській місцевості допустимо застосування БПЛА лише «вертольотного» типу (Рисунок 13). Можливість застосування лише такого типу БПЛА обумовлена тим, що БПЛА інших типів, насамперед «літакового», можуть пересуватися з високою швидкістю і не призначені для маневрування у межах обмежених забудованих територій;



Рисунок 13 – БПЛА вертольотного типу

3. Допустиме застосування БПЛА лише з електричними двигунами. Вимога щодо застосування даного виду тяги обумовлено тим, що аварії за

участю «рідкопаливних» БПЛА мають ризик більш тяжких наслідків через можливе займання рідкого палива, що знаходиться на борту [9].

Для забезпечення безпеки Amazon [10] пропонує обмежити максимальну висоту польоту дронів в 400 футів (~ 122 м), що на 100 футів (~ 30 м) менше ніж мінімальна дозволена висота польотів цивільної авіації. Зони польотів безпілотних апаратів детально зображені на наведених компанією секторів зображених на рисунку 14.

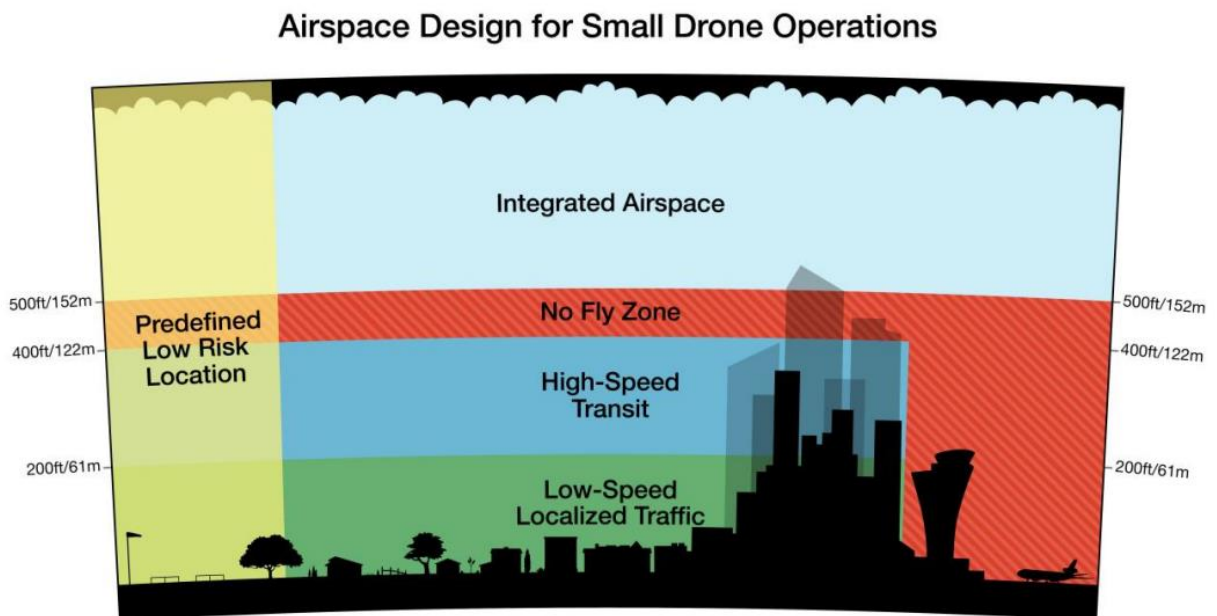


Рисунок 14 – Зони польотів БПЛА запропоновані компанією “Amazon”

Для збереження цілісності вантажу під час його доставки за допомогою безпілотних літальних апаратів (БПЛА) використовуються різні методи та технології. Основні з них:

1. Правильне пакування та фіксація: Важливо правильно пакувати вантаж та фіксувати його всередині БПЛА. Це може включати в себе використання спеціальних контейнерів або упаковки, що забезпечують стабільність та захист від пошкоджень під час транспортування.

2. Системи кріплення: Застосування ефективних систем кріплення дозволяє надійно закріпити вантаж всередині літального апарату, щоб уникнути його зміщення під час польоту та впливу гирьових сил.

3. Вбудовані стабілізаційні системи: Деякі БПЛА оснащені вбудованими стабілізаційними системами, які забезпечують плавний та стабільний політ, що допомагає уникнути пошкоджень вантажу внаслідок раптових рухів або турбулентності.

4. Моніторинг стану вантажу: Деякі БПЛА мають вбудовані системи моніторингу, які можуть відстежувати стан вантажу під час польоту, виявляти будь-які аномалії або пошкодження та повідомляти про них оператора.

5. Врахування атмосферних умов та температурних коливань: Під час планування маршруту та доставки важливо враховувати атмосферні умови та температурні коливання, які можуть впливати на вантаж, та вживати відповідні заходи для його захисту.

2.3 Основні фактори забезпечення безпеки апарату за наявності зовнішнього впливу

Безпека безпілотного апарату (БПА) є критично важливим аспектом його експлуатації, особливо в умовах наявності зовнішнього впливу, такого як погодні умови, перешкоди та можливе навмисне втручання. Для забезпечення безпеки БПА враховуються ключові фактори та інтегруються відповідні технічні та організаційні рішення.

1. Структурна цілісність

Для забезпечення структурної цілісності БПА необхідно використовувати високоякісні матеріали, що здатні витримувати зовнішні впливи, такі як вітер, дощ, пил та механічні пошкодження. Оптимізація аеродинамічного дизайну також сприяє зменшенню впливу зовнішніх сил, таких як турбулентність та сильний вітер. Використання композитних матеріалів та легких сплавів підвищує міцність і зменшує вагу апарату, що позитивно впливає на його маневреність та витривалість.

2. Сенсори та системи виявлення

Сучасні БПА оснащуються різноманітними сенсорами, такими як гіроскопи, акселерометри, лідарами та камерами, для моніторингу стану апарату та навколишнього середовища в режимі реального часу. Система уникнення перешкод, що використовує технології комп'ютерного зору та штучного інтелекту, дозволяє виявляти та уникати перешкоди на шляху БПА. Це особливо важливо при польотах в умовах міської забудови або складного рельєфу.

3. Програмне забезпечення

Програмне забезпечення БПА повинно бути адаптивним і здатним реагувати на змінні умови зовнішнього середовища. Адаптивні алгоритми управління забезпечують стабільність польоту навіть при раптових змінах погодних умов. Важливо також впроваджувати системи автономного повернення, які дозволяють апарату автоматично повертатися до бази у разі втрати зв'язку з оператором або виникнення технічних збоїв.

4. Комунікація

Забезпечення надійного та захищеного зв'язку між БПА та оператором є ключовим для безпеки його експлуатації. Використання зашифрованих каналів зв'язку запобігає втручанню та перехопленню сигналів. Наявність резервних систем зв'язку підвищує надійність управління і знижує ризик втрати контролю над апаратом у разі виходу з ладу основного каналу зв'язку.

5. Енергетична система

Стабільне та надійне джерело живлення є основою безперебійної роботи БПА. Використання сучасних акумуляторних батарей з високою енергоємністю та ефективністю дозволяє збільшити тривалість польоту. Важливо також враховувати умови експлуатації, такі як екстремальні температури, та забезпечувати належну терморегуляцію для уникнення перегріву або переохолодження елементів живлення.

6. Тестування та моделювання

Для оцінки ефективності заходів безпеки необхідно проводити як комп'ютерні симуляції, так і реальні випробування. Симуляції дозволяють моделювати різні сценарії зовнішніх впливів та оцінювати їхній вплив на БПА. Польові випробування в реальних умовах експлуатації підтверджують надійність та ефективність впроваджених заходів безпеки.

7. Ремонт та технічне обслуговування

Регулярне технічне обслуговування та перевірка всіх систем БПА на наявність зношування та можливих пошкоджень є важливими для запобігання аваріям. Планове обслуговування дозволяє вчасно виявляти та усувати потенційні проблеми. Організація швидкого реагування на випадки пошкодження забезпечує оперативний ремонт та заміну пошкоджених компонентів, що знижує час простою апарату [11].

2.4 Функція RTH безпілотного апарату на прикладі рішень компанії DJI

Функція повернення до дому, або RTH (Return To Home), є важливою складовою системи безпеки безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Ця функція дозволяє апарату автоматично повернутися до початкової точки зльоту або до іншої запрограмованої точки у разі виникнення непередбачених ситуацій, таких як втрата зв'язку, низький рівень заряду батареї або інші технічні збої. Розглянемо детально принцип роботи, технічні аспекти та переваги цієї функції.

Функція повернення до дому базується на використанні глобальних навігаційних супутникових систем (GNSS), таких як GPS або Galileo. БПЛА постійно відслідковує своє місцезнаходження за допомогою цих систем та зберігає координати точки зльоту. У випадку активації функції RTH апарат використовує ці координати для автоматичного повернення до початкової точки [12].

Проведемо розгляд функції RTN на прикладі безпілотних апаратів виробництва компанії DJI.

Загалом у апаратів компанії DJI у наш час існує три види сценаріїв повернення до оператора:

1. RTN при низькому заряді акумулятора

Дана функція вмикається, коли заряд батареї може не вистачити для повернення на базу. При вході в цей режим, у програмі DJI GO 4 з'явиться відповідне повідомлення (Рисунок 15). Якщо не скасувати дію протягом 10 секунд, дрон опуститься на безпечну висоту та полетить на базу. Якщо заряд батареї не залишилося зовсім, дрон приземлиться сам і пілот не зможе йому перешкодити. Краще не доводити дрон до необхідності використання цього режиму, адже й пілотові літака не хочеться екстрено сідати через повідомлення про порожній бак.

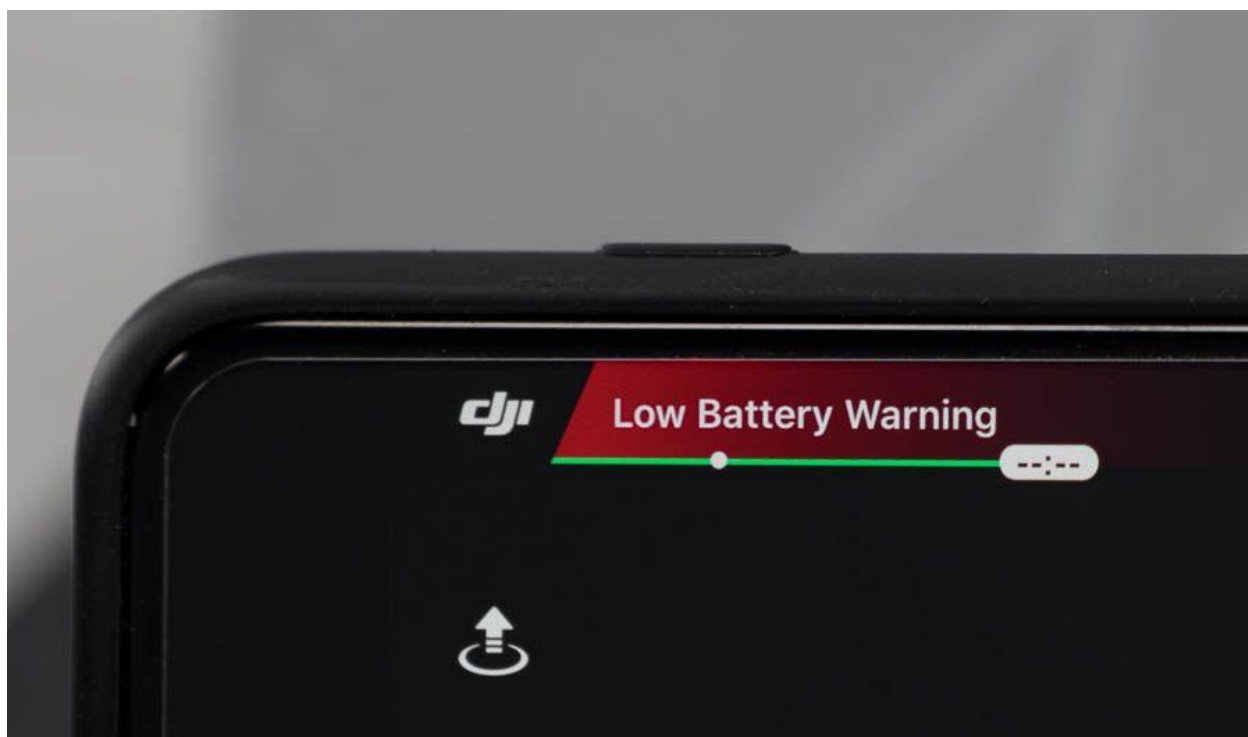


Рисунок 15 – Попередження про низький заряд батареї

2. Повернення за втрати сигналу

Режим повернення на базу після втрати сигналу включається через 3 секунди після втрати сигналу з пульта або через 20 секунд після втрати Wi-Fi

сигналу. Ось три речі, які він може зробити у такому разі. Все залежить від того, яке ви виставите налаштування:

1) Дрон увійде в режим RTH і полетить до вас, опустившись на безпечну висоту. Як тільки сигнал повертається, цей процес можна скасувати.

2) Можна налаштувати дрон так, щоб він завис на місці при втраті сигналу. У цей час ви зможете дійти до нього і перепідключитися. Але, якщо у дрона мало заряду, він або полетить на базу або приземлиться, залежно від рівня заряду.

3) Можна налаштувати його на приземлення. Тож він просто приземлиться.

3. “Розумне” повернення до оператора

Цей режим вмикається оператором через пульт або програму. Відразу після натискання кнопки дрон полетить на базу. Процес можна перервати будь-якої миті натисканням на кнопку "Pause flight" на пульті управління, або на "Stop" у додатку. У випадку Phantom 4 Pro або Phantom 4 Advanced, дрон зупиниться на 30 секунд, простежить свій шлях, після чого полетить назад до вас. Потрібно пам'ятати, що якщо дрон знаходиться за 20 метрів від вас і ви включите функцію повернення додому, він просто приземлиться там, де є. Однак, якщо з якоїсь причини приземлитися не вдасться, він або знайде зручніше для приземлення місце, або зависне в повітрі, доки оператор не прийме керування.

Landing protection – Ще одна корисна функція. З нею дрон скануватиме поверхню, на яку збирається приземлитися (Рисунок 16). Якщо він не підходить для посадки, він шукає іншу. Precision landing – з цією функцією дрон зупиниться на пару секунд після зльоту, щоб зняти оточення. Таким чином, коли він повернеться, він спробує приземлитися у тій самій точці, де злетів.

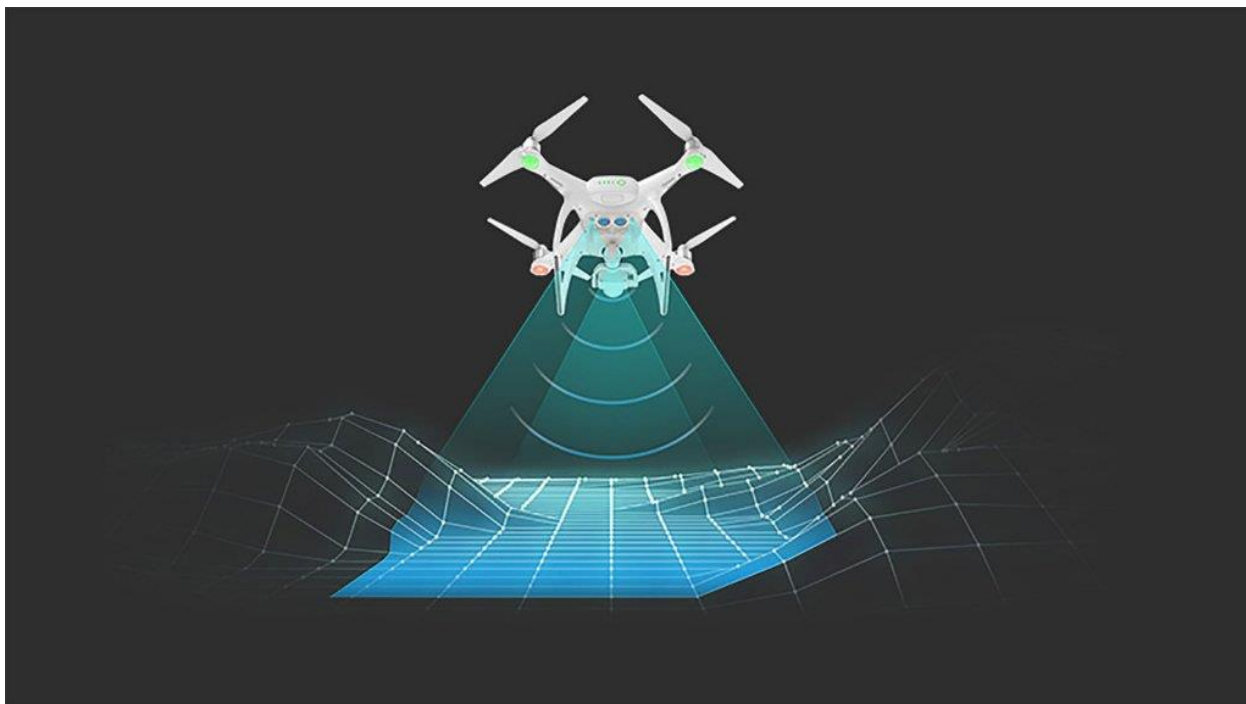


Рисунок 16 – Принцип дії функції “Landing Protection”

Функція RTH Obstacle Check означає, що дрон скануватиме свій шлях на предмет перешкод (Рисунок 17). І якщо вони будуть, то він набере висоту. Ця функція працюватиме навіть за відключеного режиму подолання перешкод.

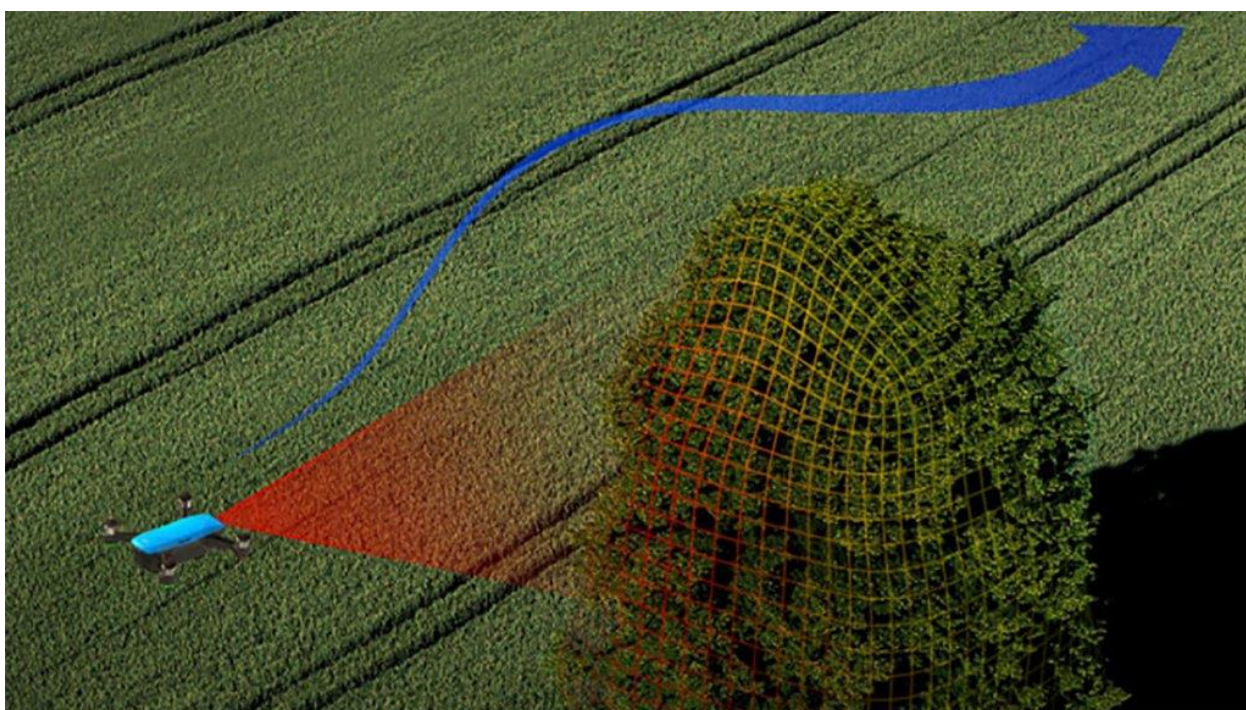


Рисунок 17– Принцип дії функції “Obstacle Check”

Щоб правильно використовувати функцію повернення на базу при використанні дронів компанії DJI по-перше, нам потрібно встановити точку, на якій знаходиться база, через GPS. Базою може бути точка, з якою злітає дрон або точка, в якій знаходиться пульт керування. По-друге необхідно переконатися, що виставлено досить високу висоту для функції RTH, щоб дрон перелетів усі перешкоди. Розумно буде поставити висоту – 100 метрів, якщо, звичайно, політ не відбувається у місті чи місці високими будинками. Тепер RTH буде безпечно використовувати, але для повної впевненості варто керувати дроном вручну.

2.5 Розробка алгоритму дій оператора та без екіпажного апарату на основі вимог безпеки та функції RTH

Функція повернення до дому (Return to Home, RTH) забезпечує автоматичне повернення безпілотного апарату (БПА) до початкової точки зльоту або до заздалегідь визначеної безпечної точки у випадку виникнення критичних ситуацій. Нижче представлено блок-схему алгоритму дій (Рисунок 18), яка описує виконання місії за умови наявності функції RTH. Опис роботи схеми наведений нижче:

Підготовка до польоту (Блок 1 блок-схеми алгоритму виконання місії безпілотним апаратом за наявності функції RTH)

1. Перевірка заряду батареї: Оператор перевіряє рівень заряду батареї, щоб забезпечити достатній запас енергії для виконання завдання та повернення до точки зльоту.

2. Технічний стан сенсорів та камер: Оператор перевіряє працездатність сенсорів (GPS, компас, гіроскопи тощо) та камер для забезпечення точності навігації та збору даних.

3. Перевірка комунікаційних систем: Оператор перевіряє стабільність і надійність зв'язку між оператором і БПА, а також функціональність резервних каналів зв'язку.

4. Визначення точки зльоту та посадки: Оператор обирає безпечну точку зльоту та посадки, враховуючи можливі перешкоди та обмеження на місцевості.

5. Розробка маршруту польоту: Оператор створює план польоту, включаючи всі ключові точки, які БПА повинен відвідати. Маршрут завантажується в навігаційну систему БПА.

6. Встановлення параметрів функції RTH: Оператор налаштовує критичні параметри для активації функції RTH, такі як мінімальний рівень заряду батареї та максимальний час втрати зв'язку.

7. Активізація систем уникнення перешкод: Оператор переконується, що всі системи уникнення перешкод активовані та налаштовані для забезпечення безпечного польоту.

Виконання польоту (Блок 2 блок-схеми алгоритму виконання місії безпілотним апаратом за наявності функції RTH)

1. Запуск БПА: Оператор запускає БПА та контролює його підйом до робочої висоти, перевіряючи стабільність польоту.

2. Підтвердження зв'язку: Оператор перевіряє стабільність зв'язку між оператором і БПА, щоб забезпечити безперервний контроль над апаратом.

3. Виконання запланованих завдань: БПА виконує заплановані завдання, такі як доставка вантажу або збір даних, відповідно до маршруту польоту.

4. Моніторинг польоту: Оператор здійснює моніторинг польоту в реальному часі за допомогою телеметрії та відеопотоку, що надходять від БПА.

Аварійні ситуації та активація функції RTH (Блок 3 блок-схеми алгоритму виконання місії безпілотним апаратом за наявності функції RTH)

1. Виявлення втрати зв'язку: БПА виявляє втрату зв'язку з оператором, якщо сигнал не відновлюється протягом певного періоду часу.

2. Активація функції RTH: БПА автоматично активує функцію RTH та повертається до точки зльоту або до визначеної безпечної точки.

Аварійні ситуації при котрих повернення на базу неможливо (Блок 4 блок-схеми алгоритму виконання місії безпілотним апаратом за наявності функції RTH)

1. Недостатній заряд батареї для виконання зворотнього польоту: БПЛА автоматично проводить аналіз місцевості, виконує зниження висоти з подальшою аварійною посадкою. Координати точки приземлення БПЛА надаються оператору.

2. Пошкодження безпілотного апарату: безпілотник за можливості виконує алгоритм аварійного приземлення. Координати точки приземлення БПЛА надаються оператору.

Завершення польоту (Блок 5 блок-схеми алгоритму виконання місії безпілотним апаратом за наявності функції RTH)

1. Автоматичне приземлення: БПА автоматично знижується до точки зльоту або до іншої безпечної локації, визначеної оператором.

2. Підтвердження приземлення: Оператор підтверджує успішне приземлення та завершує польотне завдання.

Аналіз польоту (Блок 6 блок-схеми алгоритму виконання місії безпілотним апаратом за наявності функції RTH)

1. Аналіз даних польоту: Оператор аналізує дані польоту, включаючи телеметрію та відеозаписи, для оцінки ефективності виконання завдань та виявлення можливих проблем.

2. Технічне обслуговування: Проведення технічного обслуговування БПА після польоту для підготовки до наступних місій.

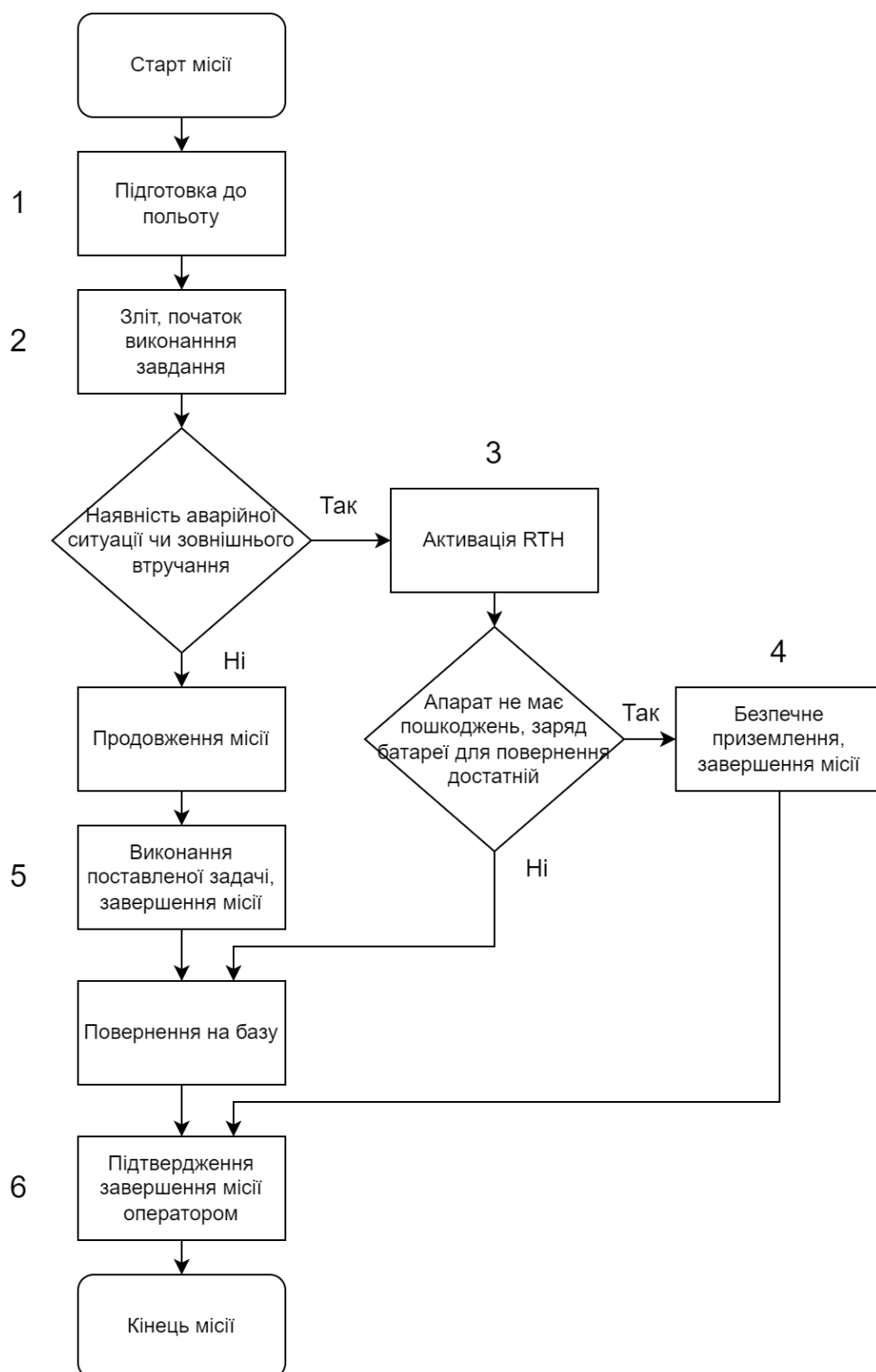


Рисунок 18 – Блок-схема алгоритму виконання місії безпілотним апаратом за наявності функції RTN

На основі створеного блоку-схеми алгоритму дій ми проведемо виконання експериментального макету височастотних сигналів впливу з метою дослідження працездатності функції RTN та аналізу отриманих

результатів з метою покращення надання послуг за допомогою кур'єрських безпілотних апаратів. Виконання експериментального макету описано у третьому розділі.

Висновки до розділу 2

У другому розділі детально розглянуто аспекти забезпечення безпеки кур'єрського безпілотного апарату (БПЛА) з акцентом на законодавче регулювання, технічні заходи безпеки та функціональні можливості апарату. Нижче наведено ключові висновки, отримані з кожного підрозділу.

1. Забезпечення безпеки польоту та безпеки вантажу

Забезпечення безпеки польоту та вантажу є ключовим аспектом для кур'єрських БПЛА. У підрозділі було розглянуто різні технічні та організаційні заходи:

- **Технічні рішення:** Використання сучасних сенсорів, систем навігації та контролю дозволяє в режимі реального часу моніторити стан апарату та навколишнє середовище, забезпечуючи безпеку польоту.
- **Безпека вантажу:** Захист вантажу від пошкоджень та крадіжок досягається за рахунок використання надійних кріплень, спеціалізованих контейнерів та систем моніторингу.

2. Основні фактори забезпечення безпеки апарату за наявності зовнішнього впливу

У цьому підрозділі розглянуто різні зовнішні фактори, що можуть впливати на безпеку БПЛА, та способи їх нейтралізації:

- **Погодні умови:** Використання аеродинамічного дизайну та міцних матеріалів допомагає знизити вплив несприятливих погодних умов.
- **Технічні несправності:** Регулярне технічне обслуговування та планові перевірки всіх систем дозволяють вчасно виявляти та усувати можливі несправності.

- Зовнішні загрози: Використання захищених каналів зв'язку та систем виявлення перешкод забезпечує надійний захист від можливих зовнішніх загроз.

3. Функція RTH безпілотного апарату

Функція повернення до дому (Return To Home, RTH) є важливим елементом безпеки БПЛА. Вона забезпечує автоматичне повернення апарату до бази у випадку виникнення критичних ситуацій:

- Автоматизація процесу повернення: RTH дозволяє автоматично повернути апарат до точки зльоту при втраті зв'язку або низькому рівні заряду батареї, що знижує ризик втрати апарату.
- Надійність і зручність: Оператор може бути впевнений у безпечному поверненні апарату навіть у непередбачених обставинах, що підвищує загальну ефективність експлуатації.
- Точність навігації: Використання супутникових навігаційних систем забезпечує високу точність визначення координат і маршруту повернення.

Другий розділ дипломної роботи демонструє, що забезпечення безпеки кур'єрського безпілотного апарату є багатогранним завданням, яке вимагає комплексного підходу. Інтеграція сучасних технічних рішень, адаптивних алгоритмів управління та надійних комунікаційних каналів дозволяє забезпечити високу надійність та ефективність експлуатації БПЛА. Ретельне планування та виконання заходів безпеки сприяє зниженню ризиків та підвищенню довіри до безпілотних технологій у сфері кур'єрських послуг.

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ МАКЕТ ГЕНЕРАТОРА ВИСОКОЧАСТОТНИХ СИГНАЛІВ ВПЛИВУ

3.1 Загальні теоретичні відомості про високочастотні сигнали

Високочастотний зв'язок і високочастотні сигнали є невід'ємними елементами сучасних телекомунікаційних і бездротових технологій. Ці явища базуються на використанні електромагнітних хвиль високої частоти, що дозволяє передавати дані на великі відстані з високою швидкістю та ефективністю. Розглянемо основні теоретичні аспекти, що визначають суть високочастотного зв'язку та властивості високочастотних сигналів [13].

Високочастотний зв'язок

Високочастотний зв'язок являє собою технологію передачі інформації за допомогою електромагнітних хвиль високої частоти. Основні компоненти систем високочастотного зв'язку включають передавачі, приймачі, антени та канали передачі. Ці системи можуть використовувати різні діапазони частот, такі як мікрохвилі, радіочастоти та інші, в залежності від конкретного застосування.

Однією з головних переваг високочастотного зв'язку є можливість передачі великого обсягу даних на значні відстані з високою швидкістю. Це робить його незамінним для мобільних мереж, бездротового інтернету, супутникового зв'язку та інших телекомунікаційних систем.

Характеристики високочастотного зв'язку

1. **Пропускна здатність:** Високочастотний зв'язок може підтримувати великий обсяг даних, що робить його ідеальним для мереж з великою кількістю підключених пристроїв.
2. **Швидкість передачі даних:** Використання високочастотних сигналів дозволяє досягати значної швидкості передачі даних, що є важливим для сучасних мобільних мереж та бездротового зв'язку.

3. Затримка: Затримка у високочастотному зв'язку зазвичай низька, що дозволяє здійснювати швидку передачу в реальному часі, що є критичним для таких застосувань, як голосова та відеокommунікація.
4. Мобільність: Високочастотні технології часто використовуються для розвитку мобільного зв'язку, де важливими є мобільність та стабільність сигналу.

Високочастотні сигнали

Високочастотні сигнали характеризуються своєю частотою, що знаходиться у високому діапазоні електромагнітного спектру, включаючи мікрохвильовий, міліметровий та радіочастотний діапазони. Їхні короткі довжини хвиль дозволяють їм проникати через перешкоди та забезпечувати високу роздільну здатність передачі інформації.

Для генерації високочастотних сигналів використовуються спеціалізовані електронні пристрої, такі як високочастотні генератори та підсилювачі. Ці сигнали можуть бути як аналоговими, так і цифровими, що робить їх придатними для широкого спектру застосувань у бездротовому зв'язку, медицині, вимірювальних приладах та наукових дослідженнях.

Характеристики високочастотних сигналів

1. Довжина хвилі: Високочастотні сигнали мають короткі довжини хвиль у порівнянні з низькочастотними сигналами, що робить їх ефективними для передачі даних в умовах високої щільності інформації.
2. Проникнення через перешкоди: Завдяки коротким довжинам хвиль високочастотні сигнали краще проникають через перешкоди, такі як стіни або будівлі, що робить їх ідеальними для бездротових технологій.
3. Шум та втрати сигналу: Високочастотні сигнали більш схильні до впливу шуму та втрат через атмосферні умови, тому ці фактори важливо враховувати при розробці систем високочастотного зв'язку.

Застосування високочастотного зв'язку та сигналів

Високочастотні сигнали використовуються у багатьох галузях, зокрема:

1. Мобільний зв'язок: Використання високочастотних сигналів у мережах 4G та 5G забезпечує користувачам високошвидкісний та стабільний мобільний зв'язок.
2. Мікрохвильова техніка: Мікрохвильові діапазони використовуються для передачі великих обсягів даних, зокрема для радіорелейного зв'язку, супутникового зв'язку та мікрохвильових печей.
3. Бездротовий інтернет: Високочастотний зв'язок забезпечує ефективну роботу бездротових мереж, таких як Wi-Fi, що дозволяє швидку та надійну передачу даних у домашніх та офісних умовах.
4. Радіолокаційні системи: Високочастотні сигнали використовуються у радіолокаційних системах для виявлення об'єктів та навігації.

Високочастотний зв'язок та сигнали відіграють важливу роль у технологічному прогресі сучасних засобів зв'язку, інформаційних технологій та бездротових комунікацій, забезпечуючи швидку та ефективну передачу даних у різних сферах суспільства.

3.2 Компонентна база експериментального макету

Генератори високочастотних сигналів є важливими компонентами в численних електронних пристроях, від радіоприймачів до медичних приладів і сучасних засобів зв'язку. Вони працюють на основі електронних коливальних контурів, що забезпечують стабільне та повторюване утворення високочастотних сигналів.

Основні Компоненти

Генератори високочастотних сигналів складаються з кількох ключових елементів:

1. Осцилятор: Центральний компонент, який генерує високочастотний сигнал. Осцилятор підтримує постійні коливання на заданій частоті завдяки зворотному зв'язку.
2. Підсилювач: Використовується для збільшення амплітуди сигналу, оскільки вихідний сигнал осцилятора може бути занадто слабким.
3. Контур (фільтр частоти): Деякі генератори оснащені фільтрами для вибору конкретної частоти і підтримки стабільності сигналу.

Принцип Роботи Осцилятора

1. Зворотний зв'язок: Осцилятор використовує механізм зворотного зв'язку, який дозволяє частині вихідного сигналу повертатися на вхід, створюючи умови для самопідтримуючих коливань на стабільній частоті.
2. Коливальна ланка: Основою осцилятора є коливальна ланка, яка може бути реалізована з використанням різних елементів, таких як LC-коливальні контури, кварцові кристали або інші компоненти, залежно від вимог до точності та стабільності.

Підсилення та Фільтрація

1. Підсилювачі: Після генерування сигналу може знадобитися підсилення, щоб забезпечити достатню потужність для подальшого використання.
2. Фільтри: Деякі генератори мають фільтри для обмеження частотного діапазону та підтримки стабільності частоти.

Типи Генераторів Високочастотних Сигналів

1. Аналогові генератори: Використовують аналогові контури, такі як LC-коливання, і забезпечують високу стабільність при невеликому споживанні енергії.
2. Цифрові генератори: Базуються на числових алгоритмах і цифрових схемах, що дозволяє їм забезпечувати велику гнучкість та точність у виборі частоти.

Ці принципи та компоненти дозволяють генераторам високочастотних сигналів ефективно працювати в різних пристроях, забезпечуючи високу якість і надійність передачі сигналів.

3.3 Принцип роботи високочастотних генераторів

Структурну схему генератора високої частоти можна побачити на рисунку 19. У генераторі, що задає (ЗГ), генеруються високочастотні коливання, які потім підсилюються і модулюються в підсилювачі (У), а потім через атенюатор (АТ) надходять на вихід. Генератори можуть працювати з різними модуляторами (М), наприклад, синусоїдальними або імпульсними генераторами, а також можуть приймати зовнішні сигнали. Деякі з них мають функцію частотної модуляції. У таких генераторах зазвичай є два вольтметри: В1 для вимірювання несучої частоти і В2 для вимірювання глибини модуляції (модулометр).

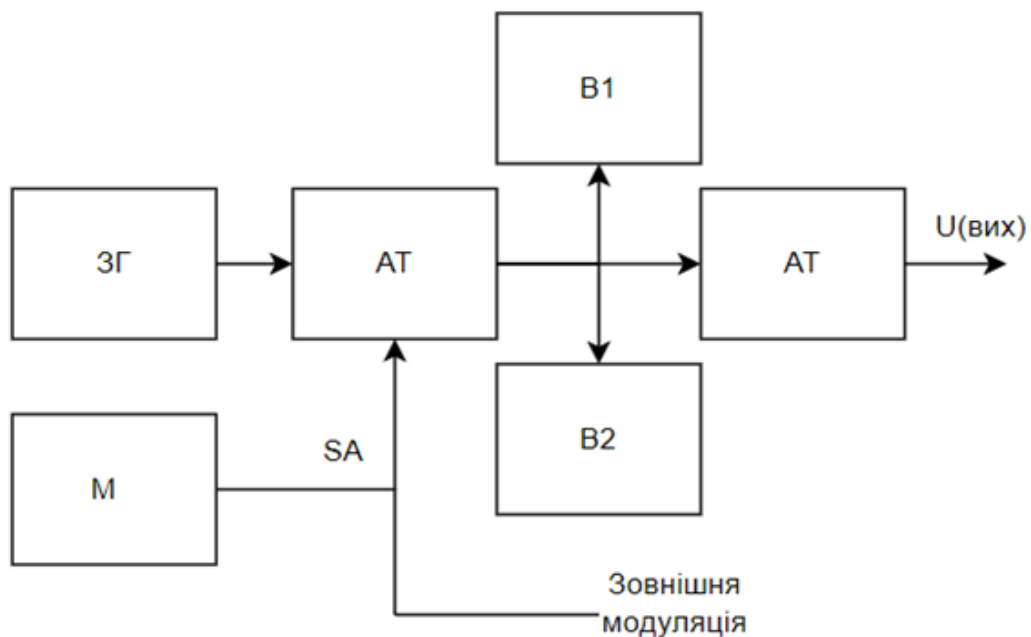


Рисунок 19 – Структурна схема високочастотного генератора

Високочастотні вимірювальні генератори зазвичай базуються на LC-генераторах. Резонансна частота LC-ланцюга визначається за формулою:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Сигнал цієї частоти підсилюється і надходить на вихід генератора, при цьому частина сигналу спрямовується назад у ланцюг зворотного зв'язку для компенсації втрат в LC-ланцюзі.

Розглянемо два приклади LC-генераторів: індуктивний і ємнісний триточкові генератори.

Один із варіантів індуктивного триточкового генератора зображений на рисунку 20.

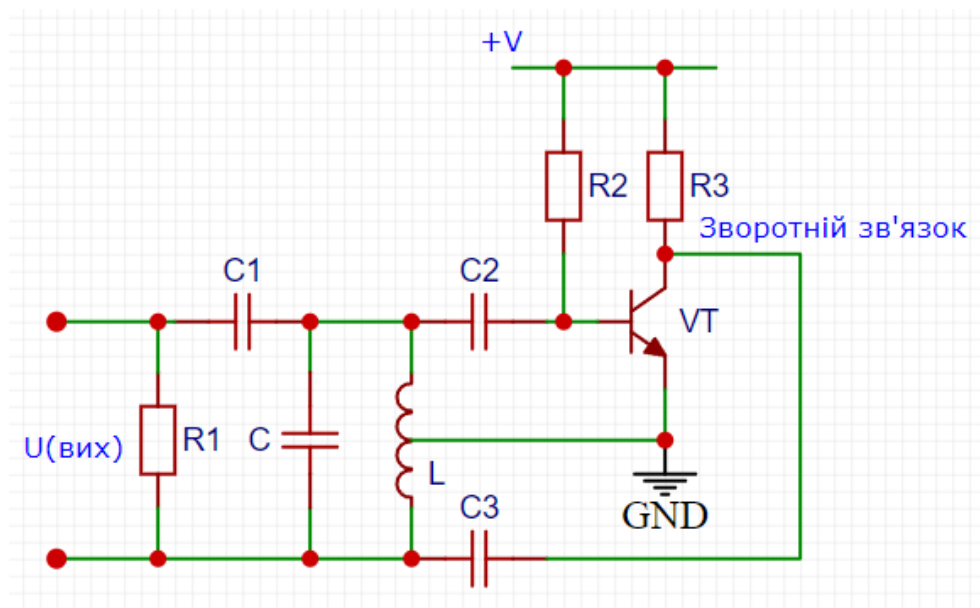


Рисунок 20 – Виконання індуктивного триточкового генератора показників

Ємність C шунтує індуктивність з відведенням L , утворюючи LC-контур. Зворотний зв'язок здійснюється через RC-ланцюг. Транзистор забезпечує фазовий зсув на 180° , а додатковий зсув на 180° між виходом і петлею зворотного зв'язку досягається за допомогою відведення від індуктивності L . Конденсатор C має змінну ємність для зміни частоти генератора.

Ємнісний триточковий генератор, показаний на рисунку 21, використовує трансформаторний вихід. Схема схожа на індуктивний генератор, але замість індуктивності з відведенням використовуються дві ємності. Частота генерації розраховується за формулою:

$$C = C_1 C_2 / (C_1 + C_2)$$

Зворотний зв'язок залежить від значень C_1 та C_2 і зростає зі зменшенням C_1 . Резистор R_2 викликає загасання коливань, тому його значення має бути оптимально малим. R_1 і C_3 забезпечують подачу зміщення на базу транзистора.

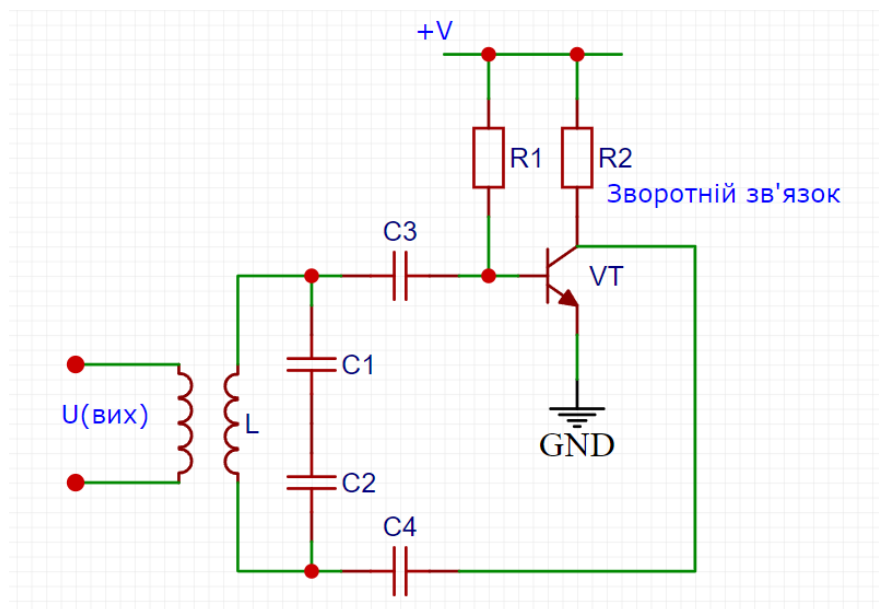


Рисунок 21 – Три точковий генератор з використанням трансформаторного виходу

Для отримання широкого діапазону частот генератори можуть бути багато діапазонними з малим перекриттям діапазонів. Для великого перекриття діапазону при збереженні стабільності частотної характеристики застосовуються схеми на біттях. Структурну схему такого генератора зображено на рисунку 22.

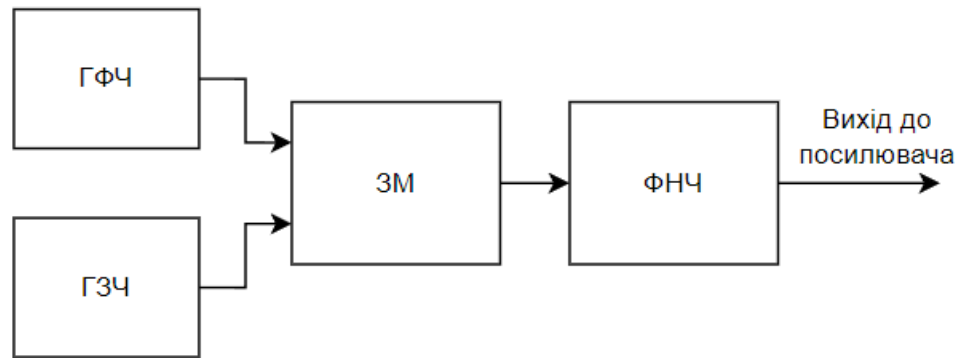


Рисунок 22 – Структурна схема генератору на биттях, де ГФЧ - генератор фіксованої частоти f_0 ; ГЗЧ - генератор змінної частоти $f + \Delta f$; ЗМ – змішувач; ФНЧ – фільтр нижніх частот

Частота вихідного сигналу може змінюватися від 0 до Δf при відносно невеликій зміні частоти генератора змінної частоти (ГЗЧ), що дозволяє забезпечити задану нерівномірність частотної характеристики.

Стабільність частоти вихідного сигналу залежить від стабільності частоти генераторів ГФЧ та ГЗЧ і визначається відношенням $f_0/\Delta f$. Чим більше це відношення, тим вищі вимоги до стабільності обох генераторів. Схеми цих генераторів виконуються однаково, щоб різні чинники однаково впливали на обидва генератори, і різниця частот залишалася постійною.

До недоліків схеми на биттях можна віднести її складність. Крім того, при частотах вихідного сигналу, близьких до нуля, можливе захоплення частот генераторів (самосинхронізація). Для уникнення цього явища схеми генераторів ретельно екрануються і розв'язуються живленням, між генераторами і змішувачем ставляться буферні підсилювачі, що ускладнює схему і конструкцію генераторів на биттях.

3.4 Електрична принципова схема експериментального макету

Електрична принципова схема високочастотного генератора базується на функціональній схемі, представленій на рисунку 19, а її електрична принципова схема зображена на рисунку 23.

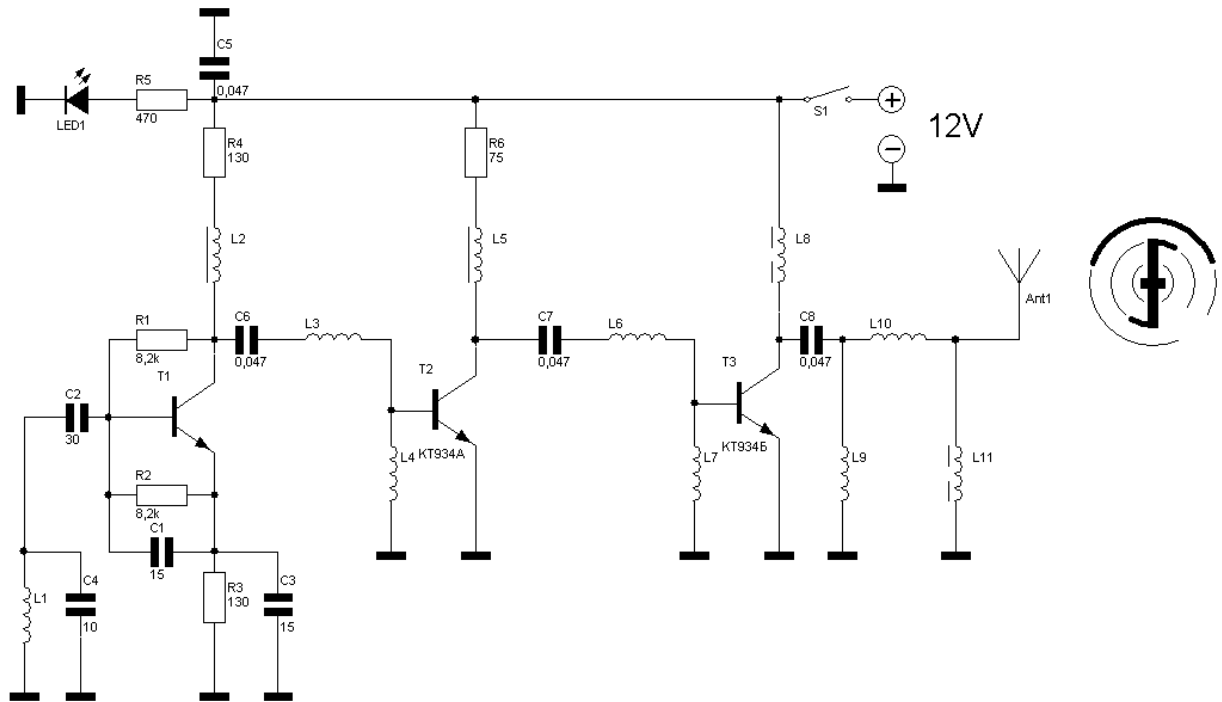


Рисунок 23 – Схема експериментального макету високочастотних сигналів

Генератор високочастотних впливів є пристроєм, що створює високочастотний (зазвичай радіочастотний) сигнал. Такий генератор застосовується в різних галузях, наприклад, для дистанційного керування або впливу на інші високочастотні сигнали.

Схема генератора розроблена для генерування високочастотних сигналів з метою створення несприятливих умов для безпілотних апаратів.

3.5 Налаштування та перевірка електронної схеми

Для перевірки працездатності обраної електричної принципової схеми та коректності вибраних номінальних значень компонентів було проведено детальне моделювання генератора впливу у середовищі MATLAB.

Високочастотний генератор впливу було змодельовано в додатку Simulink, де проведено тонке налаштування компонентної бази відповідно до наших вимог. Електрична принципова схема, яка була реалізована, представлена на рисунку 24.

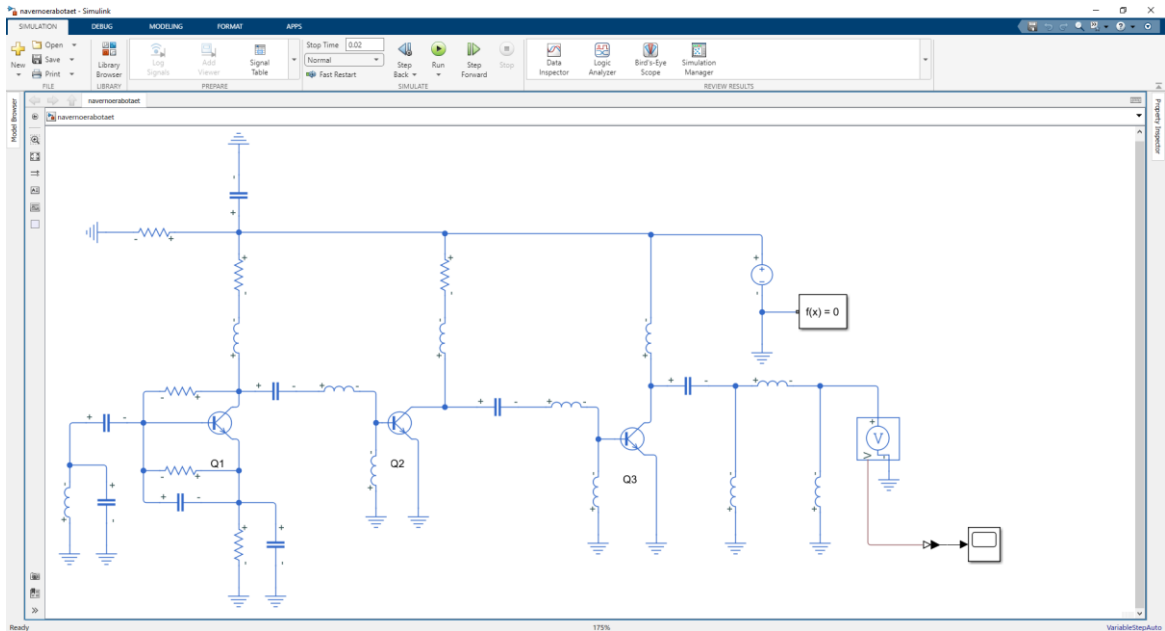


Рисунок 24 – Виконання схеми у середовищі Simulink

Використовуючи широкий функціонал MATLAB, була проведена візуалізація роботи змодельованої електричної схеми. На рисунку 25 показано загальний вигляд високочастотного пакетного сигналу.

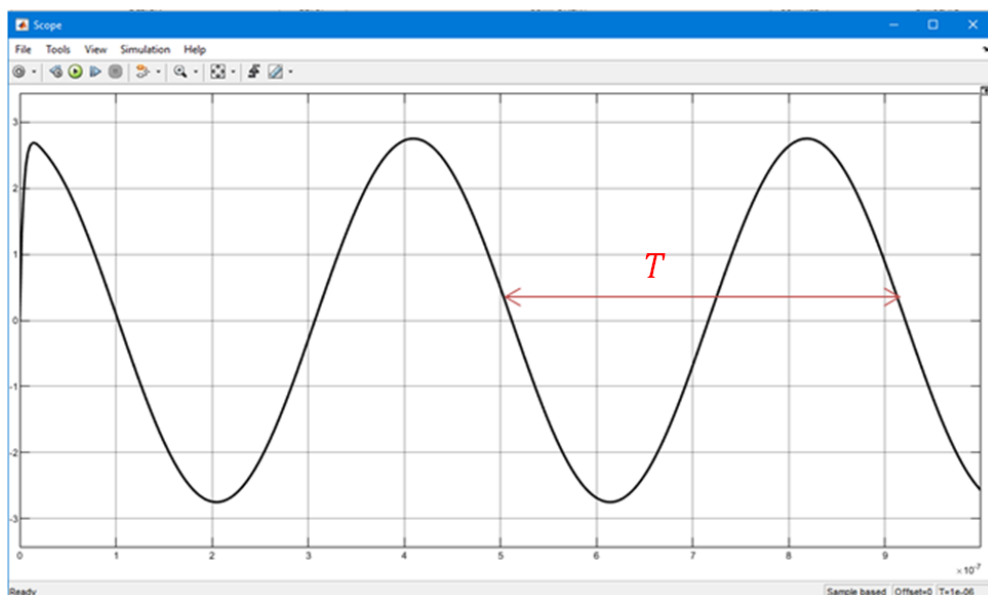


Рисунок 25 – Вигляд отриманого сигналу при зміненому масштабі

У процесі роботи зі схемою було встановлено, що крок значно впливає на результати моделювання. Відповідно до цього були встановлені налаштування кроку, які зображені на рисунку 26.

| | |
|--|------------|
| Fixed-step size (fundamental sample time): | 0.00000001 |
| Solver Jacobian method: | auto |
| Extrapolation order: | 4 |
| Number of Newton's iterations: | 1 |

Рисунок 26 – Налаштування кроку

Згідно до обраного кроку, ми отримуємо наступні дані:

$$T = (0.42) \times 10^{-6} = 0.00000042$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.00000042} \sim 2400000 \text{ Гц} = 2400 \text{ кГц} = 2,4 \text{ ГГц}$$

Згідно з обраним кроком, ми отримали наступні дані: Таким чином, робоча частота експериментального генератора становить 2.4 ГГц, що повністю відповідає нашим потребам у впливі на сигнали управління БПЛА.

Завдяки середовищу Simulink, яке є частиною бібліотеки MATLAB, була доведена працездатність змодельованої схеми та візуалізовано отриманий сигнал. Цей набір інструментів також дозволяє нам змінювати характеристики генератора сигналів та спостерігати за отриманими результатами без необхідності практичного виконання схеми для кожного експерименту.

3.6 Розробка друкованої плати генератора впливу

На завершальному етапі роботи з високочастотним генератором сигналів впливу була виготовлена плата за допомогою компонентів, наданих бібліотекою EasyEDA [16]. Було відтворено електричну принципову схему для подальшої конвертації в плату (Рисунок 27), а потім виготовлено саму плату (Рисунок 28).

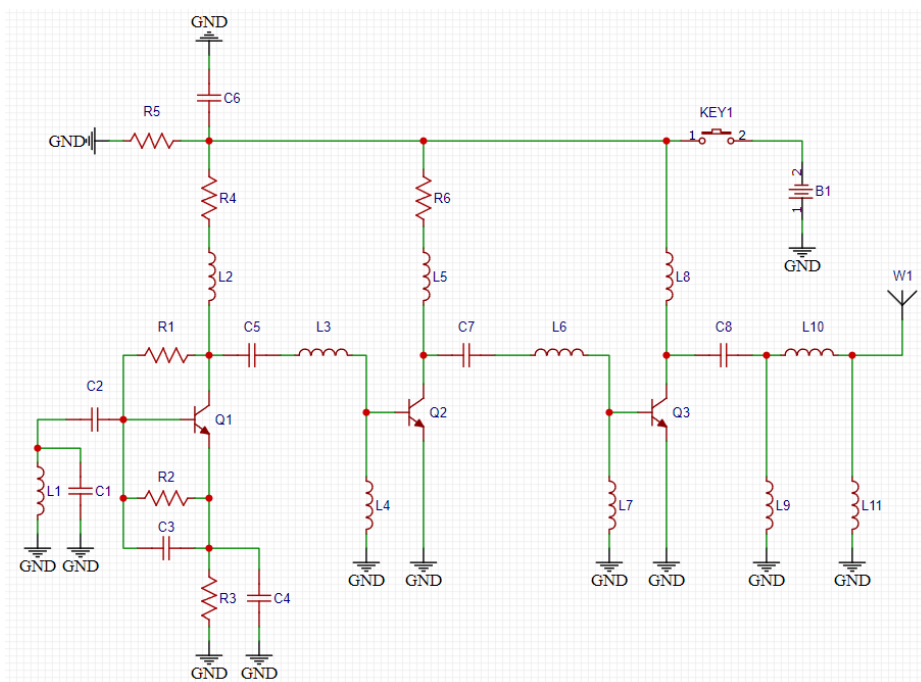


Рисунок 27 – Електрична принципова схема генератора сигналів виконана у середовищі EasyEDA

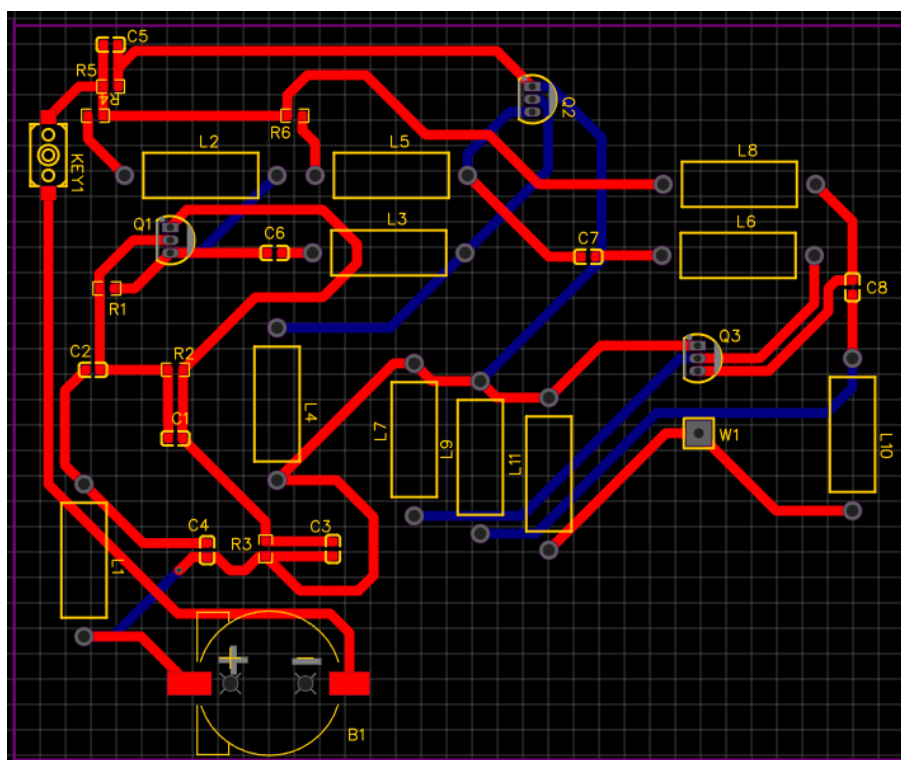


Рисунок 28 – Загальний вигляд виконаної плати

Ширина доріжок для з'єднання компонентів становить 1 мм, і доріжки не перетинаються. Працездатність схеми перевірено за допомогою

внутрішньої програмної функції «Перевірка DRC». Для виготовлення плати використано стандартні компоненти бібліотеки, уникнувши використання власноруч створених компонентів.

Згідно зі створеною платою, було виготовлено її 3D модель для візуалізації загального вигляду майбутнього пристрою. Модель створено за допомогою інтегрованих інструментів середовища EasyEDA, що дозволяють виконати 3D візуалізацію попередньо створених плат. Отримана модель представлена на рисунку 30.

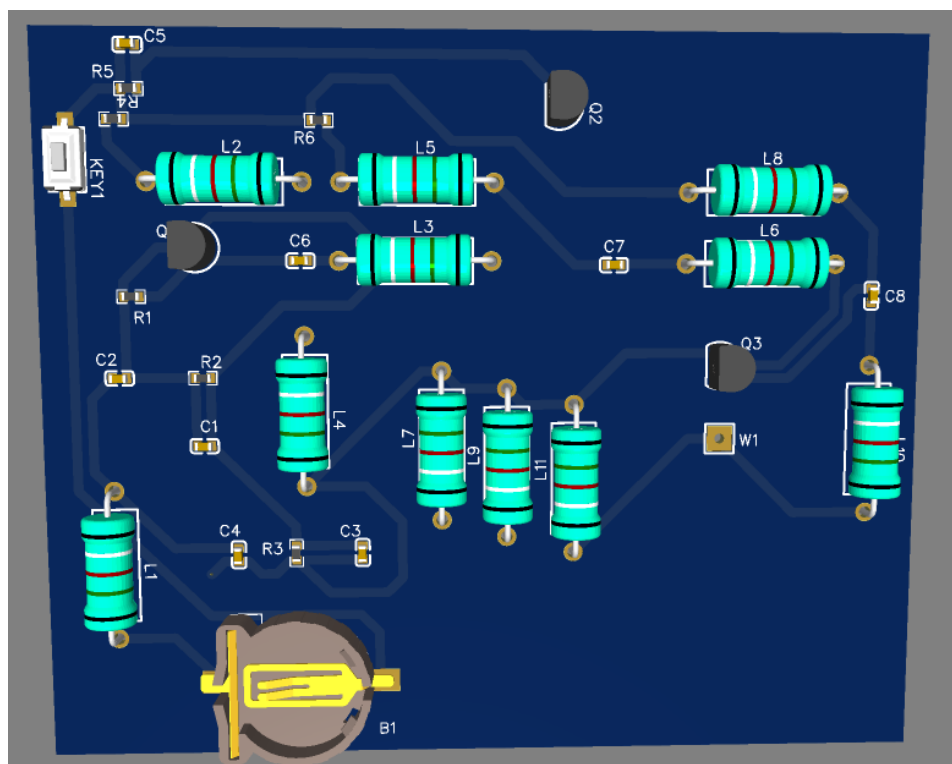


Рисунок 29 – 3-D модель виконаної плати обраного пристрою

3.7 Алгоритм проведення експерименту дієздатності функції RTH з використанням експериментального макету

На основі виконаного експериментального макету та аналізу алгоритму дій оператора та безпілотного апарату за наявності функції RTH, наведеного у другому розділі, розроблено наступний алгоритм проведення експерименту взаємодії виконаного експериментального генератору височастотних сигналів з БПА (Рисунок 30):

1. Підготовка експериментального макету (Блок 1 блок-схеми алгоритму проведення експерименту)

1.1 Перевірка правильності зібрання макету генератора височастотних сигналів

- Візуальний огляд генератора на предмет правильного з'єднання всіх компонентів.
- Виконання електричних тестів для перевірки функціональності кожного компонента окремо.

1.2 Переконавання в наявності всіх необхідних компонентів та їх справності

- Перевірка наявності усіх необхідних елементів, таких як осцилятори, підсилювачі, антени, джерела живлення.
- Замір основних параметрів генератора, такі як вихідна частота та амплітуда сигналу, і перевірка в їх відповідності заданим характеристикам.

1.3 Налаштування генератора на відповідну частоту та амплітуду сигналу

- Встановлення потрібних параметрів частоти та амплітуди на генераторі.
- Перевірка стабільності генерації сигналу протягом тривалого часу.

2. Підготовка безпілотного літального апарату (БПЛА) (Блок 2 блок-схеми алгоритму проведення експерименту)

2.1 Перевірка технічного стану БПЛА

- Огляд апарату на наявність механічних пошкоджень.
- Перевірка заряду акумуляторів і працездатності всіх електронних компонентів.

2.2 Забезпечення наявності та правильну калібровку всіх датчиків

- Переконатися в працездатності GPS-модуля, висотоміра, акселерометрів та інших датчиків.
- Виконати калібрування датчиків для забезпечення точних показників під час польоту.

2.3 Підключення системи моніторингу для реєстрації даних польоту

- Встановлення та налаштування програмного забезпечення для реєстрації та аналізу даних польоту.
- Перевірка працездатності системи моніторингу та впевнитися, що всі необхідні параметри реєструються коректно.

3. Вибір місця проведення експерименту (Блок 3 блок-схеми алгоритму проведення експерименту)

3.1 Вибір безпечної та віддаленої зони для експерименту

- Обрання місця далеко від людних місць та інших джерел радіоелектронних перешкод.
- Забезпечення наявності відкритого простору для безпечного зльоту та посадки БПЛА.

3.2 Визначення контрольних точок для запуску та приземлення

- Розмітка зони для запуску та приземлення БПЛА.
- Визначення контрольних точок для навігації під час польоту.

4. Налаштування та перевірка обладнання (Блок 4 блок-схеми алгоритму проведення експерименту)

4.1 Розміщення генератора височастотних сигналів на обраному місці

- Встановлення генератору у безпосередній близькості від зони польоту БПЛА.
- Забезпечення стійкого та безпечного кріплення генератора.

4.2 Перевірка роботи генератора

- Увімкнення генератору та перевірка наявності вихідного сигналу за допомогою осцилографа або спектроаналізатора.
- Налаштування параметрів генератора для отримання стабільного сигналу.

4.3 Перевірка працездатності апаратури для реєстрації результатів

- Перевірка працездатності усіх реєструючих пристроїв, таких як ноутбуки, датчики, реєстратори даних.

- Проведення тестового запису для перевірки коректності збору даних.

5. Проведення експерименту без впливу високочастотних сигналів (Блок 5 блок-схеми алгоритму проведення експерименту)

5.1 Виконання польотів з активацією функції RTH

- Запуск БПЛА та активування функції RTH у різних точках маршруту.
- Збір даних про роботу функції RTH без впливу перешкод.

5.2 Реєстрація поведінки БПЛА

- Запис даних про траєкторію польоту, час повернення та точність приземлення.
- Проведення аналізу зібраних даних для визначення базових характеристик функції RTH.

6. Проведення експерименту з впливом високочастотних сигналів (Блок 6 блок-схеми алгоритму проведення експерименту)

6.1 Активація генератора високочастотних сигналів

- Увімкнення генератору та переконатися у стабільній генерації сигналу.
- Перевірка впливу сигналу на навколишні пристрої.

6.2 Запуск БПЛА під впливом високочастотних сигналів

- Виконання кількох польотів з активацією функції RTH під впливом високочастотних сигналів.
- Збір даних про роботу функції RTH в умовах впливу перешкод.

6.3 Реєстрація поведінки БПЛА

- Запис даних про траєкторію польоту, час повернення та точність приземлення.
- Проведення аналізу впливу високочастотних сигналів на роботу функції RTH.

7. Аналіз зібраних даних (Блок 7 блок-схеми алгоритму проведення експерименту)

7.1 Порівняння даних про роботу функції RTH

- Порівняння зібраних даних про роботу функції RTH у нормальних умовах та під впливом високочастотних сигналів.
- Визначення відхилень в роботі функції RTH та їх причини.

7.2 Визначення ступеня впливу високочастотних сигналів

- Оцінка ступеня впливу перешкод на точність та надійність функції RTH.
- Проведення статистичного аналізу для визначення закономірностей.

8. Оцінка результатів та висновки (Блок 8 блок-схеми алгоритму проведення експерименту)

8.1 Аналіз причин відхилень в роботі функції RTH

- Розгляд можливих причин зниження ефективності функції RTH під впливом високочастотних сигналів.
- Виявити найбільш вразливі елементи системи.

8.2 Розробка рекомендацій щодо покращення стійкості функції RTH

- Запропонування технічних рішень для підвищення стійкості навігаційних та комунікаційних систем БПЛА.
- Розробка рекомендацій щодо захисту від високочастотних перешкод.

8.3 Підготовка звіту про результати експерименту

- Документування всіх етапів експерименту та результатів досліджень.
- Надання висновків про ефективність функції RTH та рекомендацій для подальших досліджень.

9. Документування та рекомендації (Блок 9 блок-схеми алгоритму проведення експерименту)

9.1 Задokumentування всіх етапів експерименту - Описати процес підготовки, проведення експерименту та зібрані дані. - Надати детальний опис експериментального макету генератора високочастотних сигналів.

9.2 Вказання можливих напрямків для подальших досліджень – Опис напрямків для вдосконалення функції RTH та системи навігації.

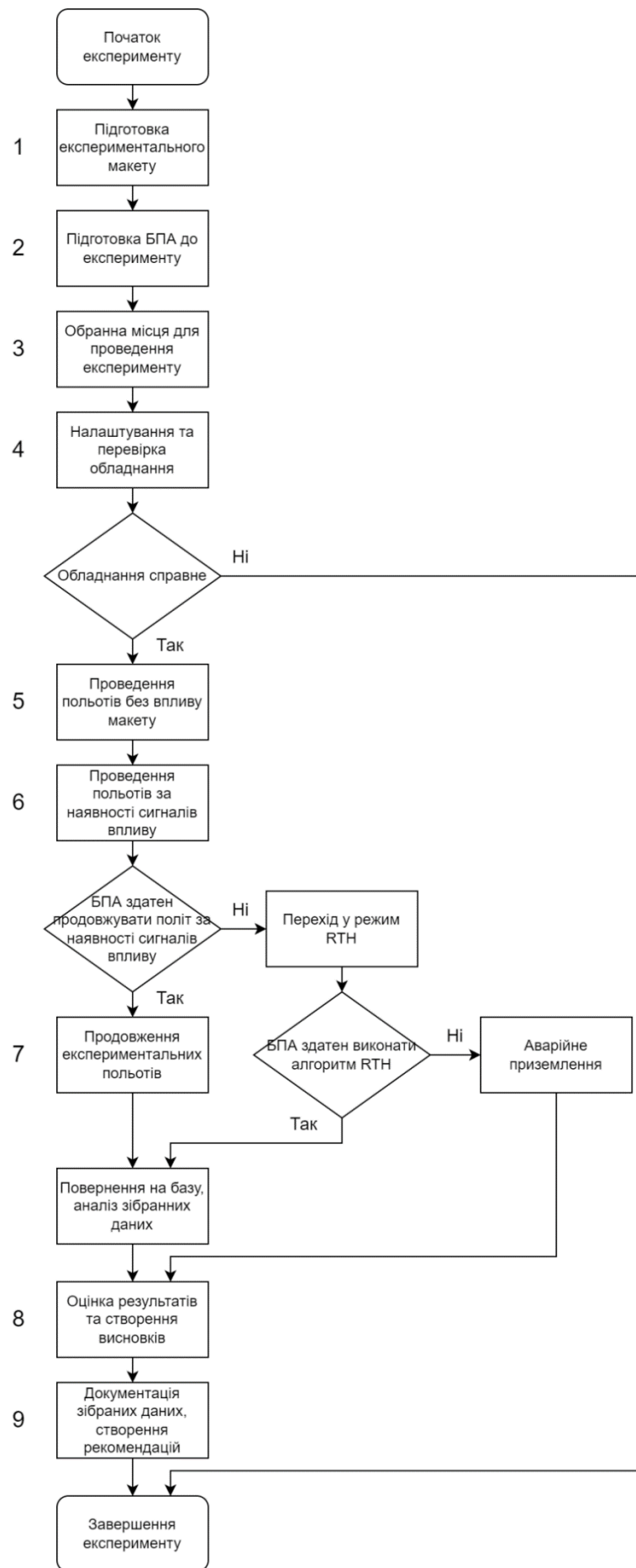


Рисунок 30 – Блок-схема алгоритму проведення експерименту

3.8 Аналіз працездатності функції RTN при наявності зовнішнього впливу

Аналіз впливу високочастотних перешкод:

1. Відкриті простори: Умови з мінімальними перешкодами показали високу ефективність функції RTN.
2. Урбанізовані зони: В умовах високої щільності забудови функція RTN показує зниження точності повернення, що зумовлено відбиттям сигналів GNSS від будівель.
3. Зони з високим рівнем перешкод: В умовах інтенсивних високочастотних перешкод функція RTN зазнає найбільших проблем. Відбуваються значні відхилення від маршруту повернення, а в деяких випадках БПЛА не має змоги повернутись до точки зльоту.
4. Час реакції на активацію функції RTN суттєво збільшується у зонах з високим рівнем перешкод. Це зумовлено складністю обробки сигналів та навігаційних даних в умовах інтерференції [17].

Точність повернення:

1. Умови мінімальних перешкод забезпечують високу точність повернення з відхиленням не більше кількох метрів.
2. В урбанізованих умовах відхилення збільшується до десятків метрів через відбиття сигналів.
3. В умовах інтенсивних перешкод відхилення досягають сотень метрів або функція RTN взагалі не може забезпечити повернення до визначеної точки.

Рекомендації для покращення функції RTN:

1. Розробка та впровадження більш досконалих алгоритмів обробки навігаційних даних, що враховують можливість перешкод та відбиття сигналів.

2. Інтеграція додаткових сенсорів, таких як камери або лідари, для покращення навігації та визначення точного місцезнаходження БПА в умовах перешкод.

3. Впровадження резервних комунікаційних каналів та протоколів, що забезпечують безперервний зв'язок навіть в умовах високої інтерференції.

4. Використання технологій захисту від перешкод для GNSS та інших навігаційних систем, таких як адаптивні фільтри та системи придушення інтерференції.

Дослідження працездатності функції RTH з використанням генератора високочастотних сигналів впливу показало, що високочастотні перешкоди суттєво впливають на надійність та точність функції RTH. Найбільші проблеми виникають в умовах урбанізованих зон та зон з високим рівнем інтерференції. Для покращення надання послуг за допомогою кур'єрських БПА необхідно вдосконалити алгоритми навігації, використовувати додаткові сенсори, розширити функціональність комунікаційних систем та покращити захист від перешкод. Ці заходи допоможуть підвищити надійність та ефективність використання функції RTH, що сприятиме розвитку кур'єрських послуг за допомогою БПА.

Висновки до розділу 3

Розділ, присвячений дослідженню впливу високочастотних сигналів на працездатність функції повернення до дому (RTH) безпілотних апаратів (БПА), містить наступні підпункти: загальні теоретичні відомості про високочастотні сигнали, компонентна база експериментального макету генератора високочастотних сигналів, принцип роботи високочастотних генераторів, виконання електричної принципової схеми, виконання плати обраного генератора, аналіз наявності зовнішнього впливу на працездатність функції RTH на основі експериментального макету високочастотних сигналів

впливу. Висновки цього розділу узагальнюють результати досліджень та надають рекомендації для подальшого покращення систем безпеки БПА.

Загальні теоретичні відомості про високочастотні сигнали:

1. Високочастотні сигнали мають широкий спектр застосувань в сучасних технологіях, але також можуть бути джерелом перешкод для навігаційних та комунікаційних систем БПА.

2. Розуміння характеристик високочастотних сигналів є ключовим для розробки засобів їх нейтралізації та забезпечення надійної роботи БПА.

Компонентна база експериментального макету генератора високочастотних сигналів:

1. Експериментальний макет включає в себе ключові компоненти, такі як високочастотні транзистори, резонатори, генератори сигналів, фільтри та підсилювачі.

2. Вибір компонентів базується на вимогах до частотного діапазону та потужності сигналів, необхідних для моделювання реальних умов роботи БПА.

Принцип роботи високочастотних генераторів:

1. Високочастотні генератори створюють сигнали заданої частоти та амплітуди, які використовуються для тестування стійкості навігаційних та комунікаційних систем БПА до перешкод.

2. Принцип роботи включає генерацію, фільтрацію та підсилення високочастотних сигналів для досягнення необхідного рівня впливу на системи БПА.

Виконання електричної принципової схеми:

1. На основі схеми розроблено електричну принципову схему високочастотного генератора у різних програмних середовищах, що забезпечує необхідні характеристики для експериментів.

2. Особлива увага приділялась забезпеченню стабільності генерації та мінімізації небажаних гармонійних компонентів сигналу.

Виконання плати генератора:

1. Виконано проектування та виготовлення друкованої плати для високочастотного генератора.

2. Плата забезпечує компактне та надійне розміщення всіх компонентів, а також можливість регулювання параметрів сигналу.

Аналіз наявності зовнішнього впливу на працездатність функції RTN на основі експериментального макету високочастотних сигналів впливу:

1. Проведені експерименти показали, що високочастотні сигнали суттєво впливають на роботу GNSS та комунікаційних систем БПА, що призводить до зниження точності та надійності функції RTN.

2. Результати тестування виявили, що в умовах інтенсивних перешкод функція RTN може не спрацювати належним чином, що підкреслює необхідність додаткових заходів для забезпечення безпеки польотів.

Проведені дослідження показали, що високочастотні перешкоди суттєво впливають на працездатність функції RTN безпілотних апаратів. Для покращення надання послуг за допомогою кур'єрських БПА необхідно впроваджувати більш стійкі навігаційні алгоритми, використовувати додаткові сенсори, покращувати комунікаційні системи та захищати їх від перешкод. Це дозволить забезпечити високу надійність та безпеку польотів БПА в різних умовах експлуатації.

ВИСНОВКИ

Дипломна робота на тему "Моніторинг повітряного простору з метою реалізації системи кур'єрської доставки" розглядає комплексні аспекти використання безпілотних літальних апаратів для здійснення кур'єрських доставок, забезпечення їх безпеки та аналіз впливу високочастотних сигналів на їх функціонування. В процесі дослідження вивчено технологічні, законодавчі та аспекти безпеки, що дозволило зробити наступні висновки.

Виконання кур'єрських доставок за допомогою безпілотних апаратів є перспективним напрямком, що забезпечує швидку, ефективну та економічно вигідну доставку товарів. Аналіз світового досвіду та національних умов показав, що використання БПЛА для кур'єрських послуг стає все більш поширеним завдяки їх здатності обійти транспортні затори та знизити витрати на логістику. Однак, для успішної інтеграції БПЛА в кур'єрські послуги необхідно враховувати низку викликів, включаючи регулювання польотів, управління флотом апаратів, а також питання безпеки.

Забезпечення безпеки кур'єрських безпілотних апаратів є критично важливим для їх широкого впровадження. В ході дослідження визначено основні фактори, що впливають на безпеку БПЛА, включаючи технічні аспекти конструкції, наявність зовнішніх впливів, а також функціональність навігаційних та комунікаційних систем. Одним з ключових елементів безпеки є функція повернення до дому (RTH), яка забезпечує автоматичне повернення апарату до бази у випадку втрати зв'язку або інших критичних ситуацій. Проведено аналіз ефективності функції RTH за різних умов, включаючи вплив високочастотних сигналів, що дозволило виявити її слабкі місця та надати рекомендації щодо вдосконалення.

Розробка експериментального макету генератора високочастотних сигналів впливу та його використання в тестуванні працездатності функції RTH стала важливим етапом дослідження. Генератор високочастотних сигналів дозволив моделювати реальні умови впливу перешкод на системи

навігації та зв'язку БПЛА, що дало змогу детально вивчити їхню стійкість та надійність. Результати експериментів показали, що високочастотні перешкоди можуть суттєво впливати на роботу функції RTN, знижуючи точність та надійність повернення апарату до бази. Виходячи з отриманих результатів, було розроблено рекомендації щодо покращення систем навігації та зв'язку, включаючи впровадження додаткових сенсорів та захисту від перешкод.

Таким чином, проведене дослідження підтвердило високу потенційну ефективність використання БПЛА для кур'єрських послуг за умови належного забезпечення їх безпеки та надійності. Подальше вдосконалення технічних рішень, розробка нових алгоритмів навігації та комунікації, а також врахування зовнішніх впливів дозволять значно підвищити ефективність і безпеку кур'єрських безпілотних апаратів, сприяючи їх широкому впровадженню у логістичну інфраструктуру.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. "The Development of an Unmanned Aerial Vehicle System with Surveillance, Watch, Autonomous Flight and Navigation Capability" –Ying-Chih Lai, National Cheng Kung University. URL: https://www.researchgate.net/publication/241751223_The_Development_of_an_Unmanned_Aerial_Vehicle_System_with_Surveillance_Watch_Autonomous_Flight_and_Navigation_Capability (дата звернення 27.05.2024)
2. "Introduction to Unmanned Aircraft Systems" by Douglas M. Marshall, Richard K. Barnhart, Stephen B. Hottman, Eric Shappee, Michael Thomas Most. URL: https://books.google.com.ua/books?id=hys-5V4IDwQC&printsec=frontcover&source=gbs_atb&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false (дата звернення 27.05.2024)
3. Вікіпедія. Безпілотна авіапошта. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Беспилотная_авиапочта#:~:text=Беспилотная%20авиапочта%20\(англ.,с%20помощью%20беспилотных%20летательных%20аппаратов.&text=Большинство%20предлагаемых%20решений%20на%20данный,с%20шестью%20и%20более%20пропеллерами.](https://ru.wikipedia.org/wiki/Беспилотная_авиапочта#:~:text=Беспилотная%20авиапочта%20(англ.,с%20помощью%20беспилотных%20летательных%20аппаратов.&text=Большинство%20предлагаемых%20решений%20на%20данный,с%20шестью%20и%20более%20пропеллерами.) (дата звернення: 09.05.2024)
4. Матухно В. В. Конференція PES: Ефективність використання безпілотних літальних апаратів у пошуку потерпілих (дата звернення 09.05.2024)
5. Amazon Prime Air. URL: <https://www.aboutamazon.com/news/tag/prime-air> (дата звернення 09.05.2024)
6. LogistToday. Тести Parcelcopter 4.0. URL: https://logist.today/dnevnik_logista/2018-12-17/dhl-obnarodovala-video-testov-bespilotnika-parcelcopter-4-0/ (дата звернення 09.05.2024)
7. Закон України Про правовий режим воєнного стану (Відомості Верховної Ради, 2015, № 28. Ст.250). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/389-19#Text> (дата звернення: 09.05.2024)

8. WikiLegalAid. Порядок використання цивільних повітряних дронів
URL:

[https://wiki.legalaid.gov.ua/index.php/Порядок_використання_цивільних_повітряних_дронів_\(безпілотників\)](https://wiki.legalaid.gov.ua/index.php/Порядок_використання_цивільних_повітряних_дронів_(безпілотників)) (дата звернення: 09.05.2024)

9. Shvetsova, S. V., Shvetsov, A. V., Balalaev, A. S. Prevention of Acts of Unlawful Interference at Infrastructure Facilities. World of Transport and Transportation. URL: <https://mirtr.elpub.ru/jour/article/download/1561/1837>. (дата звернення 09.05.2024)

10. Amazon Prime Air. Revising the Airspace Model for the Safe Integration of Small Unmanned Aircraft Systems. URL: https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/G/01/112715/download/Amazon_Revising_the_Airspace_Model_for_the_Safe_Integration_of_sUAS.pdf (дата звернення 09.05.2024)

11. Wild, G., Murray, J., Baxter, G. Exploring civil drone accidents and incidents to help prevent potential air disasters. Aerospace, 2016. URL: https://miningquiz.com/pdf/Drone_Safety/Aerospace-Drons_UAV_txt.pdf. (дата звернення 09.05.2024)

12. "Small Unmanned Aircraft: Theory and Practice" by Randy Beard and Timothy McLain. URL: https://github.com/randybeard/mavsim_public (дата звернення 27.05.2024)

13. Сигнал: інтернет ресурс «Вікіпедія». URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Сигнал> (дата звернення 27.05.2024)

14. Генератори сигналу: інтернет ресурс «Преса». URL: <https://presa.com.ua/aktualne/generatori-signalu-skhema-printsip-diji-pristriji-vidguki-2.html> (дата звернення 27.05.2024)

15. Електричний сигнал: інтернет ресурс «Вікіпедія» URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Електронний_генератор (дата звернення 27.05.2024)

16. Онлайн сервіс для роботи з електричними принциповими схемами: інтернет ресурс «EasyEDA». URL:

<https://easyeda.com/editor#id=1fe91f090d9a480b9f8dafa7bbcf76dd> (дата звернення 27.05.2024)

17. "Assessing the Risks of Integrating Unmanned Aircraft Systems into the National Airspace System " – The National Academies Press. URL: <https://www.tc.faa.gov/its/worldpac/uas/integrate%20with%20nas%20NAP.pdf> (дата звернення 27.05.2024)

18. Генератор сигналів високочастотний UA Г4-301: направлення правового регулювання використання високочастотних сигналів. URL: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/11349/1/11_p186.pdf (дата звернення 27.05.2024)

19. Генератори сигналів. Інтернет ресурс «Підручники для студентів онлайн».URL:https://stud.com.ua/175348/tehnika/generatori_elektrichnih_signali_v (дата звернення 27.05.2024)

20. Генератори сигналів: Військовий інститут Київського національного університету імені Тараса Шевченка. URL: <https://ppt-online.org/82297> (дата звернення 27.05.2024)

21. Онлайн сервіс для створення діаграм та блок схем: інтернет ресурс «Draw.io».URL:https://app.diagrams.net/#G1VD4WMbMvjPZF0GVsXsniui0YLi_u4jo27 (дата звернення 27.05.2024)

22. Офіційний сайт Федерального управління авіації США (FAA) URL: <https://www.faa.gov> (дата звернення 27.05.2024)

23. Офіційний сайт Європейського агентства з авіаційної безпеки (EASA) URL: <https://www.easa.europa.eu/en> (дата звернення 27.05.2024)

24. "Introduction to Unmanned Aircraft Systems" by Douglas M. Marshall, Richard K. Barnhart, Stephen B. Hottman, Eric Shappee, Michael Thomas Most. URL:https://books.google.com.ua/books?id=hys-5V4IDwQC&printsec=frontcover&source=gbs_atb&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false (дата звернення 27.05.2024)

25. Сіделєв М. І., Плієв Р. З. Системи керування польотом в умовах зовнішніх перешкод / Могилянські читання – 2023 : Досвід та тенденції

розвитку суспільства в Україні : глобальний, національний та регіональний аспекти : XXVI Всеукр. наук.-практ. конф. присвячена Всесвіт. дню науки в ім'я миру та розвитку : 6–10 листоп. 2023 р., м. Миколаїв : тези доповідей / М-во освіти і науки України ; ЧНУ ім. Петра Могили ; ДНУ «Інст-т модернізації змісту освіти» ; Півд. наук. центр НАН та МОН України ; Інст-т укр. археографії та джерелознавства ім. М. С. Грушевського НАН України. – Миколаїв : Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2023. – С. 353-355

Охорона праці

Спеціальний розділ до дипломної роботи бакалавра на тему: «Моніторинг повітряного простору з метою реалізації системи кур'єрської доставки»

Спеціальність 151 «АКІТ»

151 – КРБ.1 – 471.17122010

Студент _____ Р. З. Плієв

«__» червня 2024 р.

Керівник _____ М. І. Сіделєв

д.т.н., доцент

«__» червня 2024 р.

Консультант _____ О.В. Макарова

ст. викладач

«__» червня 2024 р.

Завідувач кафедри _____ М. І. Сіделєв

д.т.н., доцент

«__» червня 2024 р.

ЗМІСТ

| | |
|---|-----------|
| ЗМІСТ | 2 |
| ВСТУП | 3 |
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ | 4 |
| 4.2 Нормативно-правова база в галузі охорони праці при роботі з безпілотними апаратами ... | 7 |
| 4.3 Нормативно-правова база в галузі охорони праці при роботі з високочастотними сигналами | 10 |
| 4.4 Організація робочого місця при роботі з електричними приладами | 13 |
| 4.5 Загальні вимоги організації робочого приміщення | 15 |
| 4.5.1 Вимоги до мікроклімату в робочому приміщенні | 15 |
| 4.5.2 Рівень звукового тиску у робочому приміщенні | 18 |
| 4.5.3 Освітленість робочого приміщення | 19 |
| 4.6 Організація пожежної безпеки на робочому місці | 20 |
| ВИСНОВКИ | 22 |

ВСТУП

У сучасних умовах швидкого розвитку технологій і зростання обсягів електронної комерції кур'єрська доставка стала невід'ємною складовою логістичних систем. Водночас, збільшення кількості безпілотних літальних апаратів (БПЛА) для доставки товарів вимагає впровадження ефективних систем моніторингу повітряного простору, що дозволяє забезпечити безпеку польотів та оптимізацію маршрутів.

Моніторинг повітряного простору включає в себе низку технологічних рішень і процедур, спрямованих на контроль та управління рухом БПЛА. Це дозволяє запобігти зіткненням, уникати зон з підвищеним рівнем небезпеки та забезпечувати своєчасне реагування на надзвичайні ситуації. Важливим аспектом реалізації такої системи є дотримання норм і стандартів охорони праці, що забезпечує безпеку операторів, технічного персоналу та громадськості.

У цьому розділі розглядаються основні принципи та заходи охорони праці при впровадженні системи моніторингу повітряного простору для кур'єрської доставки. Особлива увага приділяється питанням забезпечення безпеки під час експлуатації БПЛА, організації робочих місць операторів, а також оцінці та мінімізації ризиків, пов'язаних з використанням новітніх технологій у цій сфері.

Розділ також містить аналіз нормативно-правової бази, що регулює питання охорони праці у сфері використання безпілотних технологій, та рекомендації щодо впровадження ефективних заходів безпеки на підприємствах, які здійснюють кур'єрську доставку за допомогою БПЛА.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

КЗпП – кодекс законів про працю в Україні

ДСТУ – державний стандарт України

БПЛА – безпілотний літальний апарат

БПА – без екіпажний апарат

ЗІЗ – засоби індивідуального захисту

ДСН – державні санітарні норми

ДБН – державні будівельні норми

4.1 Нормативно-правова база в галузі охорони праці при роботі з електричними приладами

Нормативно-правова база, що регулює охорону праці при роботі з електричними приладами, включає низку законів, стандартів, правил і положень, спрямованих на забезпечення безпеки працівників та попередження нещасних випадків. Нижче наведено основні нормативні документи, що діють в Україні у цій сфері [1].

1. Законодавчі акти

1. Закон України "Про охорону праці": Основний закон, що регулює питання охорони праці на всіх підприємствах незалежно від форми власності та виду діяльності. Визначає основні принципи державної політики у сфері охорони праці, права та обов'язки роботодавців і працівників, а також основні вимоги до створення безпечних і здорових умов праці.

2. Кодекс законів про працю України (КЗпП): Встановлює основні права та обов'язки працівників і роботодавців, включаючи питання охорони праці. Регулює порядок організації роботи, умови праці, охорону здоров'я працівників та відповідальність за порушення вимог охорони праці.

2. Нормативні акти Кабінету Міністрів України

1. Постанова Кабінету Міністрів України від 17 грудня 1993 року № 1094 "Про затвердження Положення про порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці": Визначає порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці з метою забезпечення безпеки та здоров'я працівників, які працюють з електричними приладами.

2. Постанова Кабінету Міністрів України від 10 жовтня 2018 року № 817 "Про затвердження Правил охорони праці під час експлуатації електроустановок споживачів": Встановлює вимоги до організації та проведення робіт в електроустановках, а також заходи щодо забезпечення безпеки працівників під час роботи з електричними приладами.

3. Нормативні акти Державної служби України з питань праці (Держпраці)

1. Правила охорони праці під час роботи з інструментами та пристроями (затверджені наказом Міністерства соціальної політики України від 12 березня 2012 року № 328): Визначають вимоги до безпечного використання інструментів і пристроїв, у тому числі електричних приладів.

2. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів (затверджені наказом Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 12 січня 2012 року № 23): Встановлюють вимоги до організації безпечної експлуатації електроустановок, включаючи заходи щодо запобігання електротравмам.

4. Державні стандарти

1. ДСТУ EN 50110-1:2014 "Експлуатація електроустановок. Частина 1. Загальні вимоги": Визначає загальні вимоги до експлуатації електроустановок, включаючи вимоги до безпеки працівників під час роботи з електричними приладами.

2. ДСТУ EN 61140:2014 "Захист від ураження електричним струмом. Загальні вимоги до забезпечення безпеки": Встановлює загальні вимоги до захисту від ураження електричним струмом при роботі з електрообладнанням.

5. Інші нормативні акти та положення

1. Інструкції з охорони праці для працівників, які працюють з електричними приладами: Роботодавці зобов'язані розробляти та затверджувати інструкції з охорони праці для працівників, які працюють з електричними приладами. Ці інструкції повинні відповідати вимогам законодавства та специфіці робіт, що виконуються.

2. Накази та розпорядження підприємств: На підприємствах можуть видаватися накази та розпорядження, що регулюють питання охорони праці, зокрема при роботі з електричними приладами. Вони повинні відповідати загальним вимогам законодавства та забезпечувати безпеку працівників.

Дотримання зазначених нормативних документів та вимог є обов'язковим для всіх суб'єктів господарювання, що використовують електричні прилади, та забезпечує захист працівників від потенційних небезпек, пов'язаних з електроустановками [2].

4.2 Нормативно-правова база в галузі охорони праці при роботі з безпілотними апаратами

Робота з безпілотними літальними апаратами (БПЛА) вимагає дотримання певних нормативних актів і стандартів, що забезпечують безпеку працівників та навколишнього середовища. Нижче наведені основні нормативно-правові акти та стандарти, що регулюють охорону праці при роботі з безпілотними апаратами в Україні.

1. Законодавчі акти

1. Закон України "Про охорону праці": Основний закон, що регулює питання охорони праці на всіх підприємствах незалежно від форми власності та виду діяльності. Визначає основні принципи державної політики у сфері охорони праці, права та обов'язки роботодавців і працівників, а також основні вимоги до створення безпечних і здорових умов праці.

2. Кодекс законів про працю України (КЗпП): Встановлює основні права та обов'язки працівників і роботодавців, включаючи питання охорони праці. Регулює порядок організації роботи, умови праці, охорону здоров'я працівників та відповідальність за порушення вимог охорони праці.

3. Закон України "Про транспорт": Регулює діяльність у сфері транспорту, включаючи використання безпілотних літальних апаратів, зокрема у сфері кур'єрської доставки [3].

2. Нормативні акти Кабінету Міністрів України

1. Постанова Кабінету Міністрів України від 30 листопада 2011 року № 1258 "Про затвердження Правил надання послуг поштового зв'язку": Включає положення щодо використання безпілотних літальних апаратів для надання послуг кур'єрської доставки.

2. Постанова Кабінету Міністрів України від 18 березня 2022 року № 314 "Про затвердження Порядку реєстрації безпілотних літальних апаратів": Регулює порядок реєстрації БПЛА, вимоги до експлуатації та заходи безпеки при використанні безпілотників.

3. Нормативні акти Державної служби України з питань праці (Держпраці)

1. Правила охорони праці під час експлуатації безпілотних літальних апаратів (затверджені наказом Міністерства соціальної політики України від 15 травня 2023 року № 545): Встановлюють вимоги до організації безпечної експлуатації БПЛА, включаючи заходи щодо запобігання нещасним випадкам та забезпечення безпеки працівників.

4. Державні стандарти

1. ДСТУ EN 16716:2018 "Безпілотні авіаційні системи (UAS). Загальні вимоги": Визначає загальні вимоги до безпеки експлуатації безпілотних авіаційних систем, включаючи вимоги до технічного обслуговування та управління ризиками.

2. ДСТУ ISO 45001:2018 "Системи управління охороною здоров'я і безпекою праці. Вимоги та настанови щодо застосування": Встановлює вимоги до систем управління охороною праці, які можуть застосовуватися до підприємств, що експлуатують БПЛА.

5. Інші нормативні акти та положення

1. Інструкції з охорони праці для операторів безпілотних літальних апаратів: Роботодавці зобов'язані розробляти та затверджувати інструкції з охорони праці для операторів БПЛА. Ці інструкції повинні відповідати вимогам законодавства та специфіці робіт, що виконуються.

2. Накази та розпорядження підприємств: На підприємствах можуть видаватися накази та розпорядження, що регулюють питання охорони праці, зокрема при роботі з безпілотними апаратами. Вони повинні відповідати загальним вимогам законодавства та забезпечувати безпеку працівників.

3. Наказ Міністерства інфраструктури України "Про затвердження Правил виконання польотів безпілотними літальними апаратами": Встановлює правила виконання польотів БПЛА, вимоги до безпеки та заходи щодо запобігання нещасним випадкам під час експлуатації безпілотників.

Дотримання зазначених нормативних документів та вимог є обов'язковим для всіх суб'єктів господарювання, що використовують безпілотні літальні апарати, та забезпечує захист працівників від потенційних небезпек, пов'язаних з експлуатацією БПЛА [4].

4.3 Нормативно-правова база в галузі охорони праці при роботі з високочастотними сигналами

Робота з високочастотними сигналами вимагає суворого дотримання вимог з охорони праці для забезпечення безпеки працівників. Нижче наведені основні нормативно-правові акти та стандарти, що регулюють охорону праці при роботі з високочастотними сигналами в Україні.

1. Законодавчі акти

1. Закон України "Про охорону праці": Основний закон, що регулює питання охорони праці на всіх підприємствах незалежно від форми власності та виду діяльності. Визначає основні принципи державної політики у сфері

охорони праці, права та обов'язки роботодавців і працівників, а також основні вимоги до створення безпечних і здорових умов праці.

2. Кодекс законів про працю України (КЗпП): Встановлює основні права та обов'язки працівників і роботодавців, включаючи питання охорони праці. Регулює порядок організації роботи, умови праці, охорону здоров'я працівників та відповідальність за порушення вимог охорони праці.

2. Нормативні акти Кабінету Міністрів України

1. Постанова Кабінету Міністрів України від 17 квітня 2019 року № 337 "Про затвердження Правил захисту працівників від впливу електромагнітних полів": Регулює вимоги до захисту працівників, які піддаються впливу електромагнітних полів, включаючи високочастотні сигнали. Встановлює гранично допустимі рівні впливу електромагнітних полів на працівників, заходи зменшення впливу та методи контролю за дотриманням нормативів [5].

3. Нормативні акти Державної служби України з питань праці (Держпраці)

1. Правила охорони праці під час роботи з електроустановками споживачів (затверджені наказом Міністерства соціальної політики України від 29 квітня 2014 року № 338): Включають вимоги до безпечної експлуатації електроустановок, що можуть створювати високочастотні сигнали. Регулюють питання організації робочого місця, використання засобів індивідуального захисту та технічних засобів безпеки.

2. Правила безпечної експлуатації електронних пристроїв та засобів зв'язку (затверджені наказом Міністерства соціальної політики України від 10 серпня 2015 року № 476): Регулюють питання безпечної експлуатації електронних пристроїв та засобів зв'язку, що працюють з високочастотними сигналами. Включають вимоги до організації робочого місця, методів

захисту від шкідливого впливу електромагнітного випромінювання та засобів індивідуального захисту.

4. Державні стандарти

1. ДСТУ EN 62311:2018 "Оцінювання електричних і магнітних полів в частотному діапазоні від 0 Гц до 300 ГГц стосовно впливу на людей": Визначає методи оцінювання впливу електричних і магнітних полів на людей, включаючи високочастотні сигнали. Встановлює гранично допустимі рівні впливу та методи контролю.

2. ДСТУ ISO 45001:2018 "Системи управління охороною здоров'я і безпекою праці. Вимоги та настанови щодо застосування": Встановлює вимоги до систем управління охороною праці, що можуть застосовуватися до підприємств, які працюють з високочастотними сигналами. Містить вимоги до організації робочих місць, проведення навчання працівників, моніторингу умов праці та заходів з покращення безпеки.

5. Інші нормативні акти та положення

1. Інструкції з охорони праці для працівників, що працюють з високочастотними сигналами: Роботодавці зобов'язані розробляти та затверджувати інструкції з охорони праці для працівників, які працюють з високочастотними сигналами. Ці інструкції повинні відповідати вимогам законодавства та специфіці робіт, що виконуються.

2. Накази та розпорядження підприємств: На підприємствах можуть видаватися накази та розпорядження, що регулюють питання охорони праці, зокрема при роботі з високочастотними сигналами. Вони повинні відповідати загальним вимогам законодавства та забезпечувати безпеку працівників.

3. Наказ Міністерства охорони здоров'я України "Про затвердження Гранично допустимих рівнів електромагнітних полів на робочих місцях": Встановлює гранично допустимі рівні впливу електромагнітних полів на

робочих місцях, включаючи високочастотні сигнали, для забезпечення захисту здоров'я працівників.

Дотримання зазначених нормативних документів та вимог є обов'язковим для всіх суб'єктів господарювання, що працюють з високочастотними сигналами, та забезпечує захист працівників від потенційних небезпек, пов'язаних з впливом електромагнітних полів [6].

4.4 Організація робочого місця при роботі з електричними приладами

Організація робочого місця при роботі з електричними приладами є ключовим фактором для забезпечення безпеки працівників. Правильна організація робочого місця допомагає мінімізувати ризик ураження електричним струмом, пожеж та інших небезпек. Нижче наведені основні вимоги та рекомендації щодо організації робочого місця при роботі з електричними приладами.

1. Вибір місця та обладнання

1. Робоче місце повинно бути розташоване у сухому, добре провітрюваному приміщенні, яке захищене від прямих сонячних променів, вологи та інших несприятливих умов.

2. Робочі столи та інші поверхні, на яких будуть проводитися роботи з електричними приладами, повинні бути виготовлені з матеріалів, що не проводять електричний струм (наприклад, дерево, пластик).

3. Електричне обладнання: Всі електричні прилади повинні бути встановлені на спеціальні стійки або підставки, що забезпечують їх стійкість і запобігають випадковому падінню або зсуву.

2. Електробезпека

1. Всі електричні прилади повинні бути правильно заземлені. Для цього використовується спеціальне заземлювальне обладнання, яке з'єднується з заземлювальним контуром будівлі.

2. Ізоляція: Всі електричні дроти та кабелі повинні бути ізольовані і не мати пошкоджень. Ізоляція повинна відповідати номінальній напрузі обладнання.

3. Захист від перевантажень: На робочому місці повинні бути встановлені пристрої захисту від перевантажень та коротких замикань (автоматичні вимикачі, плавкі вставки тощо).

4. Розетки та вимикачі: Розетки та вимикачі повинні бути встановлені на доступній висоті та знаходитись в легкодоступних місцях. Вони повинні бути захищені від випадкового дотику та пошкоджень [7].

3. Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ)

1. Діелектричні рукавички: Працівники повинні використовувати діелектричні рукавички, що захищають від ураження електричним струмом.

2. Діелектричне взуття: Взуття з діелектричними властивостями запобігає утворенню електричного контакту з землею.

3. Захисні окуляри: Захисні окуляри використовуються для захисту очей від можливих іскор або уламків при роботі з електричними приладами.

4. Діелектричні килимки: Робоче місце повинно бути обладнане діелектричними килимками, що забезпечують додатковий захист від ураження струмом.

4. Організаційні заходи

1. Інструктаж та навчання: Всі працівники повинні проходити регулярні інструктажі та навчання з питань електробезпеки. Важливо забезпечити, щоб всі працівники знали правила користування електричними приладами та засобами індивідуального захисту.

2. Періодичні перевірки: Регулярно проводити перевірки стану електричного обладнання та засобів індивідуального захисту. Всі несправності повинні негайно усуватись.

3. Знаки та маркування: На робочому місці повинні бути встановлені знаки безпеки та попередження про небезпеку ураження електричним струмом. Всі електричні прилади повинні мати відповідне маркування.

4. Організація аварійної зупинки: На робочому місці повинні бути передбачені засоби для швидкої аварійної зупинки електричних приладів (наприклад, кнопки аварійної зупинки).

5. Порядок дій у разі аварії: Розробити та забезпечити працівників інструкціями з порядку дій у разі аварії або ураження електричним струмом. Працівники повинні знати, як швидко відключити електроживлення та надати першу допомогу постраждалим.

Дотримання всіх вищезазначених вимог та рекомендацій забезпечить безпеку працівників при роботі з електричними приладами та мінімізує ризики, пов'язані з ураженням електричним струмом та іншими небезпеками.

4.5 Загальні вимоги організації робочого приміщення

Організація робочого приміщення має велике значення для забезпечення безпеки, ефективності та комфорту праці. Основні вимоги стосуються належної організації простору, дотримання санітарно-гігієнічних норм, безпеки праці та забезпечення належного рівня освітлення, вентиляції і температурного режиму.

4.5.1 Вимоги до мікроклімату в робочому приміщенні

Згідно з ДСН 3.3.6.042-99 "Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень", в робочому приміщенні повинні дотримуватися такі параметри мікроклімату [8]:

Температура:

Оптимальна:

1. 18-20°C для робіт, що не потребують значної фізичної активності.
2. 20-22°C для робіт з незначною фізичною активністю.
3. 22-24°C для робіт з помірною фізичною активністю.
4. 24-25°C для робіт з важкою фізичною активністю.

Допустима:

1. 15-17°C для робіт, що не потребують значної фізичної активності.
2. 16-18°C для робіт з незначною фізичною активністю.
3. 17-20°C для робіт з помірною фізичною активністю.
4. 20-22°C для робіт з важкою фізичною активністю.

Відносна вологість:

1. Оптимальна: 40-60%.
2. Допустима: 30-75%.

Швидкість руху повітря:

1. Оптимальна: 0,1-0,2 м/с.
2. Допустима: 0,1-0,3 м/с.

Крім того, в робочому приміщенні повинні бути відсутні:

1. Шкідливі речовини, що виділяються у повітря робочою зоною у концентраціях, що перевищують гранично допустимі концентрації (ГДК).
2. Запах, який може негативно впливати на самопочуття та працездатність людей.
3. Місцеві надмірності температури, відносної вологості та швидкості руху повітря.

Для створення та підтримки оптимальних параметрів мікроклімату в робочому приміщенні рекомендується використовувати такі системи:

- Системи опалення та вентиляції.

- Кондиціонери.
- Очищувачі повітря.
- Зволожувачі повітря.
- Теплові завіси.

Також важливо регулярно проводити прибирання та дезінфекцію робочого приміщення.

Дотримання вимог до мікроклімату в робочому приміщенні дозволяє:

- Зберегти здоров'я та працездатність працівників.
- Знизити рівень захворюваності.
- Покращити умови праці.
- Підвищити продуктивність праці.

Табл. 4.1

Вимоги до мікроклімату в приміщеннях

| Пора року | Категорія робіт | Температура повітря, град. С | Відносна вологість повітря, % | Швидкість руху повітря, м/с |
|-----------|-----------------|------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| | | оптимальна | оптимальна | оптимальна |
| Холодна | Легка – 1 а | 22 – 24 | 40 – 60 | 0,1 |
| | легка – 1 б | 21 – 23 | 40 – 60 | 0,1 |
| Тепла | легка – 1 а | 23 – 25 | 40 – 60 | 0,1 |
| | легка – 1 б | 22 – 24 | 40 – 60 | 0,2 |

Табл. 4.2

Рівень іонів у повітрі

| Рівні | Кількість іонів в 1 см. куб. повітря | |
|----------------------|--------------------------------------|-----|
| | n + | n + |
| Мінімально необхідні | 400 | 600 |

| | | |
|-----------------------|-------------|-------------|
| Оптимальні | 1500 – 3000 | 3000 – 5000 |
| Максимально допустимі | 50000 | 50000 |

4.5.2 Рівень звукового тиску у робочому приміщенні

Згідно з ДСН 3.3.6.037-99 "Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку", рівень звукового тиску на робочих місцях не повинен перевищувати таких значень:

Табл. 4.3

Рівні звукового тиску на робочих місцях

| Допустимі рівні звуку, еквівалентні рівні звуку і рівні звукового тиску в октавних частотних смугах | | | | | | | | | | |
|---|---|----|-----|-----|-----|------|------|------|------|---|
| Вид трудової діяльності, робочі місця | Рівні звукового тиску в дБ | | | | | | | | | |
| | в октавних смугах із середньгеометричними частотами, Гц | | | | | | | | | |
| | 31,5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | Рівні звуку, еквівалентні рівні звуку, дБА/дБАекв |
| Програмісти | 86 | 71 | 61 | 54 | 49 | 45 | 42 | 40 | 38 | 50 |
| Оператори в залах | 96 | 83 | 74 | 68 | 63 | 60 | 57 | 55 | 54 | 65 |
| В приміщеннях для розташування шумних агрегатів | 103 | 91 | 83 | 77 | 73 | 70 | 68 | 66 | 64 | 75 |

Для робіт, пов'язаних з впливом інфразвуку та ультразвуку, встановлюються окремі гранично допустимі рівні.

Важливо зазначити, що вищезазначені рівні звукового тиску є максимально допустимими. Це означає, що протягом робочого дня працівник не повинен перебувати під впливом шуму вище цих рівнів [9].

Для зниження рівня звукового тиску на робочих місцях рекомендується використовувати такі заходи:

Технічні заходи:

- Застосування малошумних технологій та обладнання.
- Використання звукопоглинаючих та звукоізоляційних матеріалів.
- Установка шумоглушників та інших захисних пристроїв.

Організаційні заходи:

- Раціональне планування робочих місць.
- Чергування працівників на роботах з різним рівнем шуму.
- Використання засобів індивідуального захисту (навушники, беруші).

Необхідно також проводити регулярний контроль рівня звукового тиску на робочих місцях та вживати заходів щодо його зниження, якщо він перевищує допустимі норми.

Дотримання вимог щодо рівня звукового тиску на робочих місцях дозволяє:

- Зберегти слух та здоров'я працівників.
- Знизити рівень шумового забруднення.
- Покращити умови праці.
- Підвищити продуктивність праці.

4.5.3 Освітленість робочого приміщення

Згідно з ДБН В. 2.5-28:2018 "Організація робочих місць", освітленість робочого приміщення в Україні повинна відповідати таким вимогам:

Мінімальна освітленість:

1. Для робіт з високою чіткістю зору (робота з кресленнями, дрібними деталями, друкованим текстом):

- 500 лк (загальне освітлення).
- 300 лк (локальне освітлення).

2. Для робіт із середньою чіткістю зору (робота за комп'ютером, з друкованим текстом, з приладами):

- 300 лк (загальне освітлення).
- 200 лк (локальне освітлення).

3. Для робіт з низькою чіткістю зору (робота з великими деталями, контроль за ходом технологічного процесу):

- 200 лк (загальне освітлення).
- 100 лк (локальне освітлення).

Для створення та підтримки нормативної освітленості в робочому приміщенні рекомендується використовувати природне освітлення та штучне освітлення.

Дотримання вимог до освітленості робочого приміщення дозволяє:

- Зберегти зір працівників.
- Знизити рівень стомлюваності.
- Покращити умови праці.
- Підвищити продуктивність праці.

4.6 Організація пожежної безпеки на робочому місці

Організація пожежної безпеки на робочому місці є важливою складовою загальної безпеки працівників та збереження майна підприємства.

Основні аспекти організації пожежної безпеки включають:

1. Розробка плану евакуації:

- Визначення шляхів евакуації та виходів у разі пожежі.
- Розміщення відповідних знаків та інструкцій з евакуації.
- Проведення регулярних навчань та тренувань з евакуації.

2. Встановлення протипожежного обладнання:

- Встановлення вогнегасників у легкодоступних місцях.
- Монтаж систем автоматичного пожежогасіння та димовидалення.

- Регулярне обслуговування та перевірка справності протипожежного обладнання.

3. Навчання персоналу:

- Проведення інструктажів з пожежної безпеки для всіх працівників.
- Організація регулярних тренувань з використання протипожежного обладнання.
- Ознайомлення працівників з планом евакуації та їх ролями у разі пожежі.

4. Контроль потенційно небезпечних зон:

- Ідентифікація зон з підвищеним ризиком виникнення пожежі.
- Вживання заходів для мінімізації ризиків у цих зонах, таких як зберігання легкозаймистих матеріалів у безпечних умовах.

5. Документація та моніторинг:

- Ведення журналів обліку інструктажів, перевірок та обслуговування протипожежного обладнання.
- Проведення регулярних аудитів та оцінок ризиків пожежної безпеки.
- Звітування про виявлені недоліки та впровадження заходів для їх усунення.

6. Співпраця з відповідними службами:

- Налагодження співпраці з місцевими пожежними службами та іншими органами, відповідальними за пожежну безпеку.
- Участь у спільних тренуваннях та навчаннях.

Запровадження цих заходів допоможе забезпечити ефективну організацію пожежної безпеки на робочому місці, мінімізувати ризики виникнення пожежі та зменшити можливі збитки.

ВИСНОВКИ

Розділ "Охорона праці" дипломної роботи на тему "Моніторинг повітряного простору з метою реалізації кур'єрських доставок дронами" охоплює комплексний підхід до забезпечення безпеки працівників та ефективної організації робочого процесу при використанні безпілотних апаратів для доставки. Основні висновки з цього розділу включають:

1. Нормативно-правова база в галузі охорони праці при роботі з електричними приладами: Забезпечення безпеки при роботі з електричними приладами є пріоритетним завданням. Дотримання нормативно-правових актів, таких як правила експлуатації електричних пристроїв, інструкції з техніки безпеки, а також вимоги щодо використання захисного обладнання, є обов'язковими для попередження електротравм.
2. Нормативно-правова база в галузі охорони праці при роботі з безпілотними апаратами: Робота з безпілотними апаратами вимагає спеціальних знань та навичок. Важливо дотримуватись вимог законодавства щодо експлуатації безпілотників, зокрема правил щодо реєстрації апаратів, ліцензування операторів, а також обов'язкових перевірок і обслуговування дронів для забезпечення їхньої безпечної роботи.
3. Нормативно-правова база в галузі охорони праці при роботі з високочастотними сигналами: Використання високочастотних сигналів для керування безпілотниками потребує ретельного дотримання норм та стандартів електромагнітної безпеки. Зокрема, необхідно забезпечити відповідний рівень захисту від випромінювання для операторів та уникнути впливу на здоров'я працівників.

4. Організація робочого місця при роботі з електричними приладами: Раціональна організація робочого місця є ключовим фактором для забезпечення ефективної та безпечної роботи з електричними приладами. Важливо забезпечити наявність достатнього освітлення, правильної вентиляції, а також відповідних засобів захисту і ізоляції електричних ланцюгів.
5. Загальні вимоги організації робочого приміщення: Вимоги до організації робочого приміщення включають забезпечення належного рівня освітлення, вентиляції, температурного режиму та просторового розташування робочих місць. Також необхідно дотримуватися ергономічних норм для зменшення фізичного навантаження на працівників і забезпечення їхньої комфортної роботи.
6. Організація пожежної безпеки на робочому місці: Пожежна безпека є невід'ємною частиною загальної безпеки на робочому місці. Необхідно впровадити план евакуації, встановити протипожежне обладнання, регулярно проводити навчання та тренування для працівників, а також здійснювати постійний контроль за потенційно небезпечними зонами.

Дотримання цих вимог дозволить мінімізувати ризики для здоров'я та безпеки працівників, забезпечити безперебійну роботу безпілотних апаратів та створити умови для ефективного виконання кур'єрських доставок дронами.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями : наказ Міністерства соціальної політики України від 14.02.2018 № 207 // Відомості Верховної Ради України. Київ : Право, 2018. 112 с.
2. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин ДСанПІН 3.3.2.007-98 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0007282-98#Text> (дата звернення: 10.06.2024).
3. Державні санітарні правила і норми роботи з ВДТ ЕОМ : ДСанПІН 3.3.2.007-98 URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=2445> (дата звернення: 10.06.2024).
4. ДСТУ 7237:2011. Системи управління якістю. Вимоги : [чинний від 2012-01-01]. Київ : Мінекономрозвитку України, 2011. 16 с.
5. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0065583-99#Text> (дата звернення: 10.06.2024).
6. ГОСТ 12.1.005-88. ССБП URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200003608> (дата звернення: 10.06.2024).
7. СН 4088-86. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень URL: <http://docs.cntd.ru/document/901710059> (дата звернення: 10.06.2024).
8. Санітарно-гігієнічні норми №2152-80 // Законодавство про охорону здоров'я. Київ : Охорона здоров'я, 1980. 18 с.
9. СН 4557-88. Санітарні норми ультрафіолетового випромінювання // Стандарти санітарії. Київ : Охорона праці, 1988. 22 с.
10. ДСТУ EN 15221-3:2017. Устаткування офісів. Вимоги до освітлення. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017. 30 с.
11. Про охорону праці : Закон України від 14.10.1992 № 2694-XII URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text> (дата звернення: 10.06.2024).

12. Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин : затв. наказом Міністерства праці та соціальної політики України від 10.02.1999 № 21 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0211-99#Text> (дата звернення: 10.06.2024).