

Хмельницький національний університет  
Факультет інформаційних технологій  
Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр

Освітній рівень

Кіберфізична система адаптивного застосування моніторингових елементів  
розвідувального БПЛА

Назва теми

КВРКІ 190186.19.01.08 ПЗ

Шифр

Галузь знань 12 «Інформаційні технології»

Шифр, назва

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

Шифр, назва

Освітня програма «Комп'ютерна інженерія та програмування»

Назва

Виконав: студент IV курсу, група Ki2c20-1



Підпис

Д. В. Коваль

Ініціали, прізвище

Керівник



Підпис, дата

О. В. Боровик

Ініціали, прізвище

Нормоконтролер



Підпис, дата

С.М. Лисенко

Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:  
Зав. кафедри комп'ютерної  
інженерії та інформаційних  
систем



Підпис

Т.О. Говорущенко

Ініціали, прізвище

«31» травня 2023 р.

# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Освітній рівень БАКАЛАВР

Галузь знань 12 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Спеціальність 123 КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ

Освітня програма «КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Т.О.Говорущенко

“ 10 ” 01 2023 р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Ковалю Дмитру Володимировичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проекту (роботи) Кіберфізична система адаптивного застосування моніторингових елементів розвідувального БПЛА

Керівник проекту (роботи) Боровик О.В., д.т.н., проф.

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджена наказом ректора університету від 01.03.2023 р. № 5

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 01.06.2023 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Завдання на кваліфікаційну роботу

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) \_\_\_\_\_

Кіберфізична система адаптивного застосування моніторингових елементів розвідувального БПЛА та постановка задачі щодо її удосконалення

Проектування системи обробки інформації у кіберфізичній системі адаптивного застосування моніторингових елементів розвідувального БПЛА

Програмно-апаратна реалізація кіберфізичної системи адаптивного застосування моніторингових елементів розвідувального БПЛА



5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень) \_\_\_\_\_

Архітектура ПЗ проекту

Архітектура ПЗ для кіберфізичної системи

Апаратне забезпечення проекту

6. Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Лисенко С.М., професор кафедри КПС		
Антиплагиат	Нічепорук А.О., доцент кафедри КПС		

7. Дата видачі завдання « 10 » 01 2023 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№з/п	Назва етапів (розділів) дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вибір напрямку дослідження та узгодження тематики кваліфікаційної роботи з керівником	10.01.2023	виконано
2	Ознайомлення з предметною областю; формулювання мети та задач дослідження; визначення об'єкта та предмета дослідження	01.02.2023	виконано
3	Робота над розділом 1 – дослідження предметної області та постановка задачі	01.03.2023	виконано
4	Робота над розділом 2 – вибір компонентів для проектування системи адаптивного застосування моніторингових елементів розвідувального БПЛА	01.04.2023	виконано
5	Робота над розділом 3 – проектування системи адаптивного застосування моніторингових елементів розвідувального БПЛА	29.04.2023	виконано
6	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	25.05.2023	виконано
7	Попередній захист ВКР	26.05.2023	виконано
8	Захист ВКР на засіданні ЕК	Червень 2023 року	

Студент

  
Підпис

Д. В. Коваль  
Ініціали, прізвище

Керівник роботи

  
Підпис

О. В. Боровик  
Ініціали, прізвище



## АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Кіберфізична система адаптивного застосування моніторингових елементів розвідувального БПЛА».

Автор роботи: Коваль Дмитро Володимирович.

Керівник роботи: Боровик Олег Васильович.

Пояснювальна записка: 70 с., 33 рис., 1 табл., 3 дод., 45 джерел.

Графічна частина: 3 креслення.

БПЛА, КІБЕРФІЗИЧНА СИСТЕМА, Архітектура, МОНІТОРИНГ, БАЗА ДАНИХ.

Метою дипломної роботи є визначення умов та особливостей застосування обладнання БПЛА, а також оцінка механізмів обробки інформації у кіберфізичній системі адаптивного застосування моніторингових елементів розвідувального БПЛА для забезпечення достатньої ефективності виявлення об'єктів.

Об'єктом дослідження є функціонування моніторингових елементів розвідувального БПЛА.

Предметом дослідження є оцінка режимів застосування моніторингових елементів розвідувального БПЛА.

Під час проведення даного дослідження був використаний метод систематичного огляду літератури для вивчення і аналізу предметної області даного дослідження з текстових джерел інформації.

  
Підпис студента

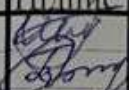



30.05.2023

Дата

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	4
<b>1 КІБЕРФІЗИЧНА СИСТЕМА АДАПТИВНОГО ЗАСТОСУВАННЯ МОНІТОРИНГОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ РОЗВІДУВАЛЬНОГО БПЛА ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ЩОДО ЇЇ УДОСКОНАЛЕННЯ</b> .....	6
1.1 Аналіз структурних і функціональних особливостей кіберфізичної системи адаптивного застосування моніторингових елементів розвідувального БПЛА .....	6
1.2 Аналіз програмно-апаратного забезпечення обробки інформації в кіберфізичній системі адаптивного застосування моніторингових елементів розвідувального БПЛА .....	20
1.3 Постановка задачі оцінки механізмів обробки інформації у кіберфізичній системі адаптивного застосування моніторингових елементів розвідувального БПЛА .....	24
1.4 Висновки .....	25
<b>2 ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ У КІБЕРФІЗИЧНІЙ СИСТЕМІ АДАПТИВНОГО ЗАСТОСУВАННЯ МОНІТОРИНГОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ РОЗВІДУВАЛЬНОГО БПЛА</b> .....	26
2.1 Визначення апаратних і програмних підсистем програмно-технічного засобу .....	26
2.2. Визначення способів взаємодії між підсистемами програмно- технічного засобу. ....	31
2.3. Опис функціонального призначення основних модулів та інформаційних ресурсів програмно-технічного засобу, їх взаємозв'язок та обмін даними.....	34
2.4 Висновки .....	47
<b>3 ПРОГРАМНО-АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ АДАПТИВНОГО ЗАСТОСУВАННЯ МОНІТОРИНГОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ РОЗВІДУВАЛЬНОГО БПЛА</b> .....	49

КвРКІ 190130.19.01.19 ПЗ

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата				
Виконав		Коваль Д.В.			Кіберфізична система адаптивного застосування моніторингових елементів розвідувального БПЛА Пояснювальна записка	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Боровик О.В.				у	2	72
Н.контр.		Лисенко С.М.			ХНУ КІ2с-20-1			
Затвер.		Говорушенко Т.О.						

3.1	Опис реалізації модулів апаратного та програмного забезпечення програмно-технічного засобу.....	49
3.2	Опис процесу створення баз даних .....	53
3.3	Опис функційних, електричних, принципових схем.....	55
3.5	Інструкції для користувачів.....	67
3.6.	Висновки.....	73
<b>ВИСНОВКИ.....</b>		<b>75</b>
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ .....		76
ДОДАТОК А Копія креслення «Архітектура ПЗ для кіберфізичної системи» .....		82
ДОДАТОК Б Копія креслення «Архітектура ПЗ проєкту» .....		83
ДОДАТОК В Копія креслення «Апаратне забезпечення проєкту».....		84

## ВСТУП

Актуальність дослідження. Практично кожен аспект нашого життя переповнений кіберфізичними системами. Розумні будинки, розумні виробництва та мережі, безпілотний транспорт і транспортні мережі, а також розумні міста – це лише деякі з них.

У воєнних конфліктах, що відбуваються в 21 столітті, безпілотні літальні апарати (БПЛА) стали переворотними факторами військової сфери. Встановлення поточних напрямків використання БПЛА в сучасних війнах є актуальним завданням. Аналіз недавніх військових конфліктів і локальних воєн у країнах, таких як Україна, Сирія, Лівія та інші регіони світу, відкриває очі на новий формат проведення бойових дій, який руйнує традиційні уявлення про стратегію та тактику у військових операціях, і суттєво впливає на досягнення переможних результатів для всіх сторін. Сучасні безпілотні літальні апарати можуть ефективно виявляти противника в будь-який час доби, насаджувати на нього вогневі засоби та самостійно нейтралізувати його на значній відстані від полів бою.

Безпілотний літальний апарат - це літальний пристрій, який оперує без присутності пілота та повністю контролюється з віддаленого місця (наприклад, землі, іншого літального апарату чи космосу), або має передвстановлену програму і функціонує в повній автономії.

На даний час дрони стали звичним явищем для звичайних користувачів, а їх обладнання досить складне, включаючи камери і відеокамери, системи «автопілот» і системи навігації.

На сучасному етапі спостерігається тенденція до зростання ефективності використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) у завданнях, пов'язаних з придушенням протиповітряної оборони, досягнення повітряної переваги і нанесення ударів по основних сухопутних засобах озброєння. Незалежно від того, як будуть розвиватися події у військових конфліктах, роль розвідувальних БПЛА буде зростати.

					КВРКІ 190186.19.01.08 ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З цими останніми здобутками можна зробити висновок про близьку зміну стратегії ведення воєн, зокрема щодо застосування безпілотних літальних апаратів (БПЛА). У майбутніх війнах можливе широке масове використання різних типів легких розвідувальних і ударних БПЛА в різних етапах операцій, а також можливе застосування "БПЛА-камікадзе". Зазначене вказує на актуальність дослідження питань використання розвідувальних БПЛА у збройних конфліктах.

Метою дипломної роботи є визначення умов та особливостей застосування обладнання БПЛА, а також оцінка механізмів обробки інформації у кіберфізичній системі адаптивного застосування моніторингових елементів розвідувального БПЛА для забезпечення достатньої ефективності виявлення об'єктів.

Об'єктом дослідження є функціонування моніторингових елементів розвідувального БПЛА.

Предметом дослідження є оцінка режимів застосування моніторингових елементів розвідувального БПЛА.

У процесі проведення цього дослідження використовувався метод систематичного огляду літератури для вивчення та аналізу предметної області даного дослідження з текстових джерел інформації.

					КВРКІ 190186.19.01.08 ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 КІБЕРФІЗИЧНА СИСТЕМА АДАПТИВНОГО ЗАСТОСУВАННЯ МОНІТОРИНГОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ РОЗВІДУВАЛЬНОГО БПЛА ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ЩОДО ЇЇ УДОСКОНАЛЕННЯ

1.1 Аналіз структурних і функціональних особливостей кіберфізичної системи адаптивного застосування моніторингових елементів розвідувального БПЛА

Кіберфізична система (КС) – це концепція інформаційних технологій, яка охоплює інтеграцію обчислювальних ресурсів усіх типів фізичних сутностей, у тому числі біологічних і створених людиною об'єктів. У кіберфізичних системах обчислювальна система поширюється на фізичну систему як носій і синергетично взаємодіє з її компонентами. Термін кіберфізичні системи почали використовувати в контексті четвертої промислової революції. У 2011 році в Німеччині вперше заговорили про «Промисловість 4.0». [1]. Ця концепція базується на тому факті, що ланцюги походять від машин, частин, систем і розумних мереж. Такі елементи можуть керувати один одним автономно. Для ефективного керування виробничими процесами, мережеві машини та виробничі системи повинні здійснювати обмін інформацією. Кіберфізичні системи базуються на існуючих тенденціях, а не на нових технологіях. КС складаються з датчиків, пристроїв і механізмів. Елементи кіберфізичної системи взаємодіють завдяки вбудованому програмному забезпеченню та мережі. Інформація, отримана від датчиків, зберігається та обробляється кіберфізичними системами та використовується для виконання інших процесів. Ефективний моніторинг і контроль фізичних систем вимагає ефективної інтеграції та захисту компонентів кіберфізичної системи (включаючи дротовий і бездротовий зв'язок). Вплив на кіберфізичні системи може мати такі характеристики: вплив на операційну систему; людино-машинний інтерфейс; в пристроях, які є частиною кіберфізичної системи; в мережевих протоколах і мережевому обладнанні. Існує ряд ризиків при створенні та робочих кіберфізичних системах: - неоднорідність даних повинна забезпечити можливість підтримки

					КВРКІ 190186.19.01.08 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

різних додатків та пристроїв; - Надійність - це здатність продовжувати працювати у разі адаптації до непередбачуваних та зовнішніх впливів; - Управління даними - Обробка даних повинна базуватися на стабільних та адаптованих запитах; - Безпека - Слід забезпечити безпеку комунікації, оскільки взаємозв'язок між елементами системи та контролем є в режимі реального часу. Необхідно також запам'ятати не тільки поточні дані, але й зберігати та використовуватися пізніше; - У реальному часі - багато даних системних датчиків повинні пояснити велику кількість системних датчиків, ефективні та своєчасні, оскільки фізичні процеси не залежать від результатів обчислення. Таким чином, метою забезпечення безпеки кіберфізичних систем є забезпечення безперервності процесів управління через конфіденційність, цілісність і доступність даних.

Безпілотний літальний апарат (БПЛА, англ.: Unmanned aerial vehicle – UAV) може виконувати кілька функціональних цілей без негайного залучення людини на борт для його пілотування. Загальноприйняте поняття досить широке, тому у даний клас не включаються безпілотні модифікації серійних літаків, що використовуються як повітряні цілі, а також всі види балістичних і крилатих ракет. [6].

БПЛА є одним із видів кіберфізичних систем.

Сучасні функціональні методи класифікації, якими користуються зарубіжні військові аналітики, базуються на принциповій відмінності бойових безпілотних літальних апаратів від БПЛА забезпечення. (рис. 1.1).

Спеціалізовані одноцільові та багатоцільові ударні БПЛА є обома типами бойових БПЛА. Найбільша увага при розробці бойових ударних БПЛА приділяється спеціалізованим ударним засобам багаторазового використання, які за своїми тактико-технічними характеристиками близькі до сучасних тактичних винищувачів.

					КВРКІ 190186.19.01.08 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7



Рисунок 1.1 – Загальна класифікація БПЛА

Ці засоби будуть використовуватися перед крилатими ракетами (КР) і бойовими літаками в якості першого ешелону повітряного удару. До характерних представників спеціалізованих багаторазових ударних систем БПЛА відносяться: RQ-1A «Хижак» і «Хижак-В» (General Atomic Aeronautical Systems Inc, США), RQ-3 DarkStar (Boeing, Lockheed Martin, США), UCAV-N («Northrop-Grumman», США), UCAR і «Black UCAV» («Lockheed-Martin», США), і та інші.

Розвідувальні, цільові та транспортні платформи виділяють БПЛА підтримки.

У певному сенсі цільові та транспортні платформи є еволюцією розвідувальних БПЛА. Тактичні розвідувальні БПЛА призначені для забезпечення розвідувальною інформацією з'єднань і частин сухопутних військ рівня корпусів і нижче, а також з'єднань і частин Військово-Морських Сил (ВМС). Тактичні розвідувальні безпілотні літальні апарати (БПЛА) також використовуються ВПС (ВВС) ряду країн.

Крім того, БПЛА класифікуються за організаційними (рис. 1.2) та технічними ознаками (рис. 1.3) характеристиками. Однак перелік цих ознак вказує на те, що БПЛА мають унікальні можливості для використання. Він також вказує на те, що необхідно мати широкий спектр систем.

Згідно з тактико-технічними характеристиками та сферою застосування БПЛА також можна розділити на 4 класи:

					КВРКІ 190186.19.01.08 ПЗ	Арк. 8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 клас, взводний: мікро БПЛА включаються в екіпірування солдата та здатні збирати та передавати інформацію на висоті польоту до 150 м, в радіусі дії до 8 км протягом 50 хвилин з масою корисного навантаження 0,4 кг;

2 клас, ротні: міні БПЛА збирають та передають інформацію підрозділам, забезпечують цілевказівки протягом 2 годин на відстані до 16 км і мають масу корисного навантаження до 5 кг;

3 клас: батальйонні БПЛА можуть виконувати більш широкий спектр завдань, працювати до 6 годин на відстані до 40 км, підтримувати міжпідрозділовий зв'язок, шукати вже встановлені міни, керувати радіаційною та біологічною обстановкою і навіть запускатись з непідготовлених місць;

4 клас: бригадні БПЛА працюють від 18 годин до доби на дальності до 75 км, виконують функції топографічної зйомки, ретрансляції, розвідки та спостереження.

Перш ніж визначити найкращий і найдоступніший спосіб знищення БПЛА, необхідно спочатку знайти та ідентифікувати його.

Як будь-який матеріальний об'єкт, БПЛА має демаскуючі ознаки, які виявляють його в навколишньому просторі, роблячи його видимим для спостереження. Розмір його радіочастотних, інфрачервоних і видимих сигнатур, а також його акустичних сигнатур — усі вони впливають на рівень видимості.

Сучасні легкі БПЛА мають ознаки невеликих розмірів: БПЛА виготовлені з композитних матеріалів, пластику зі спеціальним забарвленням і особливою комбінацією шарів, вони працюють практично безшумно завдяки невеличким бензиновим і електричним двигунам, що виділяють мало тепла.

Сьогодні розвідувальні БПЛА використовуються у повномасштабній війні, яку розгорнула росія проти України для ведення розвідки в інтересах артилерійських підрозділів як незаконних збройних формувань, так і підрозділів збройних сил рф.

Головними компонентами безпілотного літального апарату (БПЛА) є:

1. Повітряна платформа з системою спеціального посадки - це основна фізична структура БПЛА, яка забезпечує його підйом і польот.

					КВРКІ 190186.19.01.08 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Силова установка - використовується для надання енергії для приведення в рух повітряної платформи.
3. Джерело живлення - забезпечує електроенергію для роботи систем БПЛА.
4. Система електроживлення - відповідає за розподіл електроенергії між різними компонентами БПЛА.
5. Бортове радіоелектронне обладнання - включає в себе бортові системи управління та елементи цільового навантаження. Це включає бортову електронно-обчислювальну машину або спеціальні процесори, приймач сигналів радіонавігаційної системи, висотомір, гіровертикаль, бортову систему зв'язку та передачі даних, а також рульову машинку. [2].

Всі ці компоненти співпрацюють між собою, щоб забезпечити ефективну роботу БПЛА під час польоту та виконання визначених завдань.



Рисунок 1.2 – Класифікація за організаційними ознаками

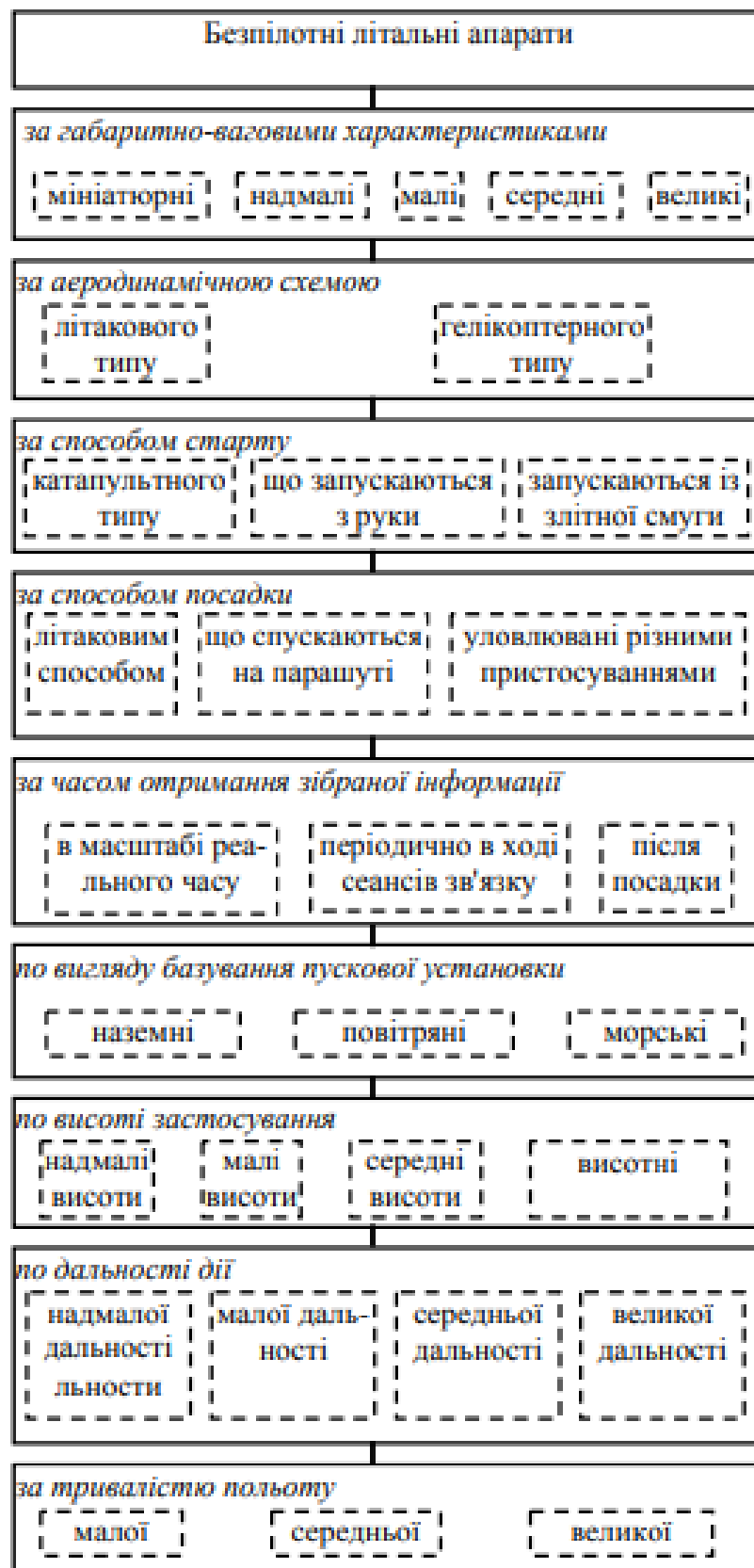


Рисунок 1.3 – Класифікація за технічними ознаками

Безпілотні літальні апарати (БПЛА) можуть мати різні конструктивні особливості, що визначають їх принцип роботи. Основні компоновальні схеми, якими керуються більшість сучасних БПЛА, включають:

1. Фіксоване крило: В цьому варіанті БПЛА мають компоновання, подібне до літака, з роторними або реактивними двигунами. Такий тип БПЛА є економічно ефективним з точки зору паливної ефективності та має великий радіус дії.

2. Мультикоптер: Ці БПЛА мають гвинтову конструкцію з двома або більше моторами, що забезпечує їм можливість вертикального зліту та посадки, а також статичне утримання у повітрі.

3. Вертолітний тип: В цьому випадку БПЛА мають вертолітну компоновальну схему з різними типами гвинтів, наприклад, співвісні гвинти, що нагадує моделі, такі як "Чорна акула".

4. Конвертиплан: Ця схема поєднує вертолітну та літакову компоновальні схеми. БПЛА такого типу здатні вертикально підніматись у повітря, а в польоті змінюють конфігурацію крила для літакового пересування з метою економії простору.

5. Планери: Цей тип БПЛА зазвичай не має власних двигунів і може бути випущений з більш великого літального апарату, рухаючись по заданій траєкторії. Цей тип БПЛА часто використовується для розвідувальних метою.

Кожна з цих компоновальних схем відповідає певним вимогам і завданням, що дозволяють БПЛА виконувати різноманітні функції, такі як розвідка, цілепокладання, транспортування та інші, у залежності від потреб використання.

Керуюча електроніка, пристрої керування та зв'язку розміщені в корпусі, на якому встановлена силова установка.

Стандартний набір керуючих систем:

- 1) процесор;
- 2) барометр для визначення висоти;
- 3) акселерометр;
- 4) гіроскоп;

					КВРКІ 190186.19.01.08 ПЗ	Арк. 12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 5) навігатор;
- 6) оперативний пристрій;
- 7) приймач сигналу.

Датчики різних типів передають інформацію оператору та ПЗ машини. Інфрачервоні, лазерні, звукові та інші методи використовуються.

Електронні карти та GPS служать для навігації.

Контролер перетворює вхідні сигнали на команди, які передаються на виконуючі пристрої, такі як керма висоти.

Зазвичай безпілотні літальні пристрої складаються з таких основних елементів:

- Акумуляторна батарея.
- Пристрій регулювання обертів двигуна.
- Пропелер.
- Двигун.
- Польотний контролер.
- Рама.

Основними функціями БПЛА слід вважати: розвідку (спостереження); цілевказання; відновлення та ретрансляцію зв'язку; радіаційну, хімічну та біологічну розвідки; виявлення мін (вибухонебезпечних об'єктів); транспортування вантажів; гасіння пожеж; пошук і рятування; (табл.1.1).

Таблиця 1.1 – Функції та завдання БпЛА БпАК

1.	Розвідка (спостереження)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– збір даних для виявлення, прогнозування та попередження надзвичайних ситуацій.</li> <li>– відстеження стану речей.</li> <li>– інформаційне забезпечення під час ліквідації НС та розвідки стану об'єктів.</li> <li>– контроль за результатами ліквідації НС;</li> <li>– збір інформації для оцінки збитків від НС.</li> </ul>
----	--------------------------	--



8.	Гасіння пожеж	<ul style="list-style-type: none"> <li>– виявлення людей на території будівлі під час гасіння пожежі;</li> <li>– застосування для гасіння локальної пожежі у важкодоступних місцях;</li> <li>– гасіння пожеж у багатоповерхових будинках;</li> <li>– забезпечення необхідними інструментами</li> </ul>
9.	Транспортування вантажів (засобів рятування)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– доставка медичних засобів у надзвичайних ситуаціях з метою надання ефективної медичної допомоги у віддалені місця;</li> <li>– доставка їжі під час надзвичайної ситуації у віддалені місця;</li> <li>– доставка рятувального обладнання</li> </ul>
10.	Протидія аматорським БПЛА	<ul style="list-style-type: none"> <li>– захоплення аматорських БПЛА;</li> <li>– збиття аматорських БПЛА</li> </ul>

Розглянемо деякі області застосування БПЛА:

1. Спектрозональна зйомка. Вид фотозйомки, коли об'єкт одночасно фотографується в різних областях (зонах) електромагнітного спектру.

Наприклад, використання БПЛА в сільському господарстві дозволяє отримати модель місцевості з точністю до 3 см. Зображення фіксуються у видимому та інфрачервоному діапазонах. Використовуючи інформацію такого обстеження, можна проконтролювати посіви з точністю до 5 см і отримати повну картину стану ґрунту. Ви можете оцінити проблеми в полях крок за кроком і точно визначити першопричини широкого спектру проблем завдяки широкому збору даних.

2. Аерофотознімки місцевості. Аерофотозйомка, фотосхеми та фотоплани зніманої території входять до складу цього комплексу робіт, який включає в себе й інші процеси, такі як зйомка земної поверхні з літака. У лісовому господарстві та

					КВРКІ 190186.19.01.08 ПЗ	Арк. 15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

лісовій промисловості різноманітні проблеми вирішуються з використанням усіх доступних ресурсів аерофотозйомки.

Під час планової зйомки камера спрямована вертикально вниз і під прямим кутом до поверхні землі. Зображення демонструють плоску картинку (ортогональну проекцію), яка нагадує зображення карти.

При зйомці в перспективі (огляді) камера спрямована на горизонт під кутом. За допомогою перспективної аерофотозйомки ми можемо побачити тривимірне зображення (аксонометричну проекцію) на знімках, включаючи бічні поверхні (стіни), а також дахи будівель. У результаті ми можемо визначити форму об'єкта на додаток до того, де він знаходиться по відношенню до інших об'єктів на площині.

3. Використання БПЛА для підрахунку тварин з повітря. Вартість використання безпілотних літальних апаратів для реєстрації тварин значно знизилася завдяки залученню пілотованої авіації. За допомогою такого «аерообліку» можна точно порахувати тварин у мисливському господарстві та визначити місце їх скупчення.

4. Дистанційний моніторинг стану газо- та нафтопроводів. Найбільш ефективним і економічним способом обстеження нафто- і газопроводів на даний момент є безпілотні літальні апарати. Можна робити високоякісні зображення в режимі реального часу, щоб ідентифікувати розливи нафти та незаконну діяльність (наприклад, копання в заповідних зонах або скидання речей). Аерофотознімки, зроблені бортом БПЛА, дозволяють аналізувати та оцінювати технічний стан трубопроводів та прилеглої території.

5. Зйомки місцевості з повітря та космосу.

На тисячах кілометрів водних і наземних нафтогазових шляхів він використовується для постійного й одночасного контролю забруднення навколишнього природного середовища (включаючи земну поверхню, водойми та приземну атмосферу). Також використовується для контролю за технічним станом об'єктів. Крім того, використовуючи дані віддаленого моніторингу, тепер можна

					КВРКІ 190186.19.01.08 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

відстежувати та прогнозувати повільні, односпрямовані геодинамічні деформації земної поверхні, які несуть високий ризик великих розривів трубопроводів, а також швидко локалізувати та точно визначати координати зон прояву небезпечних стихійних природних процесів, що можуть спричинити аварії.

Серед першочергових завдань, що вирішуються за допомогою аерокосмічної зйомки, можна відзначити:

- виявлення будь-яких технічних дефектів об'єкта, таких як розриви, тріщини, зони корозії, пошкодження гідро- та теплоізоляції тощо;

- складання карт ґрунтів, зон затоплення, затоплення, засолених ділянок, промерзання та відтавання ґрунтів тощо;

- вивчення сучасних екзогенних явищ (наприклад, зсувів, обвалів тощо).

б) Використовувати аерофотоматеріали з геодезії та аерофотозйомки можуть такі сфери діяльності:

- ведення державного кадастру нерухомого майна в актуальному стані та моніторинг містобудівної діяльності населеного пункту.

- дії в умовах надзвичайної ситуації.

- контроль снігового та льодового покриву, кромek шельфового льодоставу, прогноз річкових стоків та моніторинг місць розливів;

- оновлення топографічних карт;

- спостереження за різними видами об'єктів.

- моніторинг стану земель сільськогосподарського призначення, у тому числі за цільовим використанням земель, оперативна оцінка стану та ступеня деградації земель, прогноз урожайності;

- побудова геоінформаційних систем.

7) Спостереження та ідентифікація рухомих об'єктів. На заповідних територіях моніторинг відбувається як вдень, так і вночі.

8) Моніторинг лісових ресурсів. Він включає оцінку обсягу вирубки дерев у лісі, ідентифікацію порід дерев, запобігання лісовим пожежам (сухий ліс, тліючі торфовища, виявлення невеликих пожеж), оцінку шкоди, завданої лісовим

					КВРКІ 190186.19.01.08 ПЗ	Арк. 17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ресурсам після пожеж чи інших стихійних лих, виявлення несанкціонованих сміттєзвалищ та встановлення прізвищ та номерних знаків порушників. Для раннього виявлення лісових пожеж використовують дрони, оснащені інфрачервоними датчиками.

9) Нагляд за будівництвом та ремонтом. У порівнянні зі звичайними методами робота обходиться значно дешевше і швидше. Ви можете планувати ремонт, виявляти пошкодження та аварії, визначати ступінь готовності об'єкта, прогнозувати та моделювати природні впливи, аналізувати й оцінювати збитки.

10) Безпілотна безпека. підвищує безпеку, обмежуючи пересування людей і предметів у певних місцях. Більшу частину часу охоронець витрачає на патрулювання території підприємства, але дрон робить це швидше та ефективніше. Прикладів тому багато: щоб запобігти несанкціонованим проникненням, дрони патрулюють нафто- та газопроводи, родовища корисних копалин, лінії електропередач, щоб запобігти знесенню ізоляторів, міста та міжміські маршрути під час великих подій.

11) Безпілотні прикордонні наряди. З висоти до 6 км з оглядом на 50 км вони спостерігають за кордоном за допомогою інфрачервоних і звичайних відеокамер. З огляду на те, що зображення з відеокамери настільки чітке, ви можете побачити, що відбувається за плечима порушників, стоячи на відстані.

12) Поліцейський спецназ. Ці крихітні безпілотні літальні апарати можна запускати прямо з рук. Вони можуть утримувати пристрій у повітрі більше години і можуть літати на висоту до 75 метрів. Їх електродвигуни практично чути з землі. Ці дрони є попередниками надмініатюрних пристроїв, що з'являються; вони настільки малі, що необхідно визначити, що таке літак по відношенню до них. Останнім часом створено 10-грамові дрони.

13) Використання БПЛА для доставки товарів клієнтам. І швейцарська поштова служба, і американський інтернет-магазин Amazon почали тестування доставки методи з використанням дронів. Ці дрони мають радіус дії понад 10 км і можуть перевозити об'єкти вагою до 1 кг без необхідності підзарядки

					КВРКІ 190186.19.01.08 ПЗ	Арк. 18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

акумуляторів. Крім того, почалися ініціативи з цілодобової доставки продуктів, ліків та бракованих товарів.

14) Допомога в Екстрених ситуаціях. Подібно до того, як собака відстежує місцезнаходження дитини, безпілотник може її знайти. Завалених під лавинами людей знаходять за допомогою дронів, оснащених термодатчиками.

15) Дрони-офіціанти. Ресторани в Європі та Азії стали добре відомі завдяки використанню дронів для доставки їжі та напоїв до столиків. Одним із таких прикладів є квадрокоптер із плоским верхом, який керує офіціант зі швидкістю 40 км/год за допомогою iPad. Однак те, що робиться в Британії, щоб привернути увагу, вкрай необхідно в Сінгапурі. Оскільки ресторанів занадто багато, а персонал стає обмеженим ресурсом, місцеві ресторатори обережно випробовують технології, які могли б забезпечити рішення, наприклад машини для смаження рису та міні-потяги для доставки замовлень.

Безпілотники були очевидним наступним кроком, і мережа ресторанів Timbre була першою, хто представив їх персоналу. Відвідувачі роблять замовлення за допомогою планшетного комп'ютера, встановленого на столі, а їжа та напої доставляються з кухні на квадрокоптерах.

16) Дрон для роздання Інтернету. Google і Facebook, два титани ІТ-сектору, майже одночасно оголосили про свої наміри побудувати мережу супутників і дронів, яка забезпечить доступ до Інтернету всій планеті.

17) Пляжний рятувальник. Мультикоптер успішно випробувала місцева австралійська служба, яка також продемонструвала схожість дрона з героєм, що сидить на вежі. Апарат може за необхідності кинути рятувальну мотузку потопаючому, а також попередити туристів про присутність акул.

Розглянувши все вищесказане, можна прийти до наступного висновку: вже в найближчому майбутньому безпілотна авіація за своїм значенням перевершить пілотовану. Це можна пояснити тим, що використання дронів позбавляє потреби в людських ресурсах, гарантуючи, що ніхто не наражає своє життя на небезпеку. Це також можна пояснити тим, що дрони мають дуже широкий спектр застосування в

					КВРКІ 190186.19.01.08 ПЗ	Арк. 19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

оборонній промисловості, безпеці, охороні здоров'я, розвагах та багатьох інших галузях.

## 1.2 Аналіз програмно-апаратного забезпечення обробки інформації в кіберфізичній системі адаптивного застосування моніторингових елементів розвідувального БПЛА

Дослідники, які працюють у галузі програмного забезпечення для БПЛА, можуть зіткнутись з обмеженою кількістю архітектурних рішень, представлених у публікаціях. Більшість наукових праць можуть бути спрямовані на вирішення окремої задачі в цій галузі. Одночасно, існує велика кількість ненаукових інструкцій з побудови програмного забезпечення для БПЛА. Деякі з цих підходів і рішень можуть бути використані на практиці та підтверджені своєю ефективністю, і, в результаті, можуть бути включені до методу побудови програмного забезпечення. Однак, через специфіку цих інструкцій, які часто стосуються конкретних задач, самої інструкції недостатньо для створення універсального методу побудови програмного забезпечення для БПЛА.

На загальний погляд, програмне забезпечення для безпілотників може складатись з наступних трьох основних елементів:

- програмного забезпечення самого літального апарату;
- автопілоту ;
- програмного забезпечення наземної станції керування.

Програмне забезпечення самого літака добре продумано. Він складається з автопілота і модуля, який виконує пов'язані з ним завдання: зв'язок з наземними станціями, обробка даних з камер і датчиків, планування і виконання польотних завдань. Це рішення дозволяє виділити автопілот в окремий програмний продукт або використовувати готові модулі. Це суттєва перевага. [3].

Обмін даними між літаком і наземною станцією здійснюється бездротовою передачею даних через Інтернет (Wifi/LTE).

					КВРКІ 190186.19.01.08 ПЗ	Арк. 20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розташування наземної станції щодо літака абсолютно не має значення в цьому рішенні, що робить його дуже обґрунтованим. Це може бути за кордоном. Для обох учасників цієї схеми вкрай важливо забезпечити доступ до надійного підключення до Інтернету. Виникають проблеми з програмною архітектурою наземної станції. Він складається з п'яти окремих модулів і потребує постійної присутності одночасно двох операторів: одного, який призначає польотні завдання безпілотним літальним апаратам, а іншого, який перевіряє, чи ці завдання виконуються за призначенням.

Персонал має надмірний контроль над діями парку БПЛА і в результаті змушений напіввручну контролювати весь процес зйомки, що є суттєвим недоліком такого підходу. Крім того, це призводить до іншого, менш очевидного, але не менш важливого питання.

Цей розвиток потребує одночасного програмування двох складних і функціональних графічних інтерфейсів користувача для наземної станції, що значно збільшує час, необхідний для розробки програмного забезпечення. Цей фактор часу є вирішальним, тому що висококваліфіковані фахівці в цій галузі зараз досить дорогі.

Звідси можна зробити висновок, що хоча ця архітектура має ряд ефективних рішень для розробки програмного забезпечення самого літака, вона не може служити повноцінною основою для розробки програмного забезпечення вантажного БПЛА через складність впровадження програмного забезпечення наземної станції управління та потреба в додаткових ресурсах.

Програмне забезпечення для наземної станції управління безпілотним літальним апаратом (БПЛА) створено для забезпечення моніторингу польотного завдання та керування літальним апаратом під час перебування літака в повітрі. Це дозволяє швидко вжити заходів у роботі БПЛА у разі будь-якої надзвичайної ситуації. Концептуально немає різниці, чи керує цією наземною станцією людина-оператор чи інша програма. Обидва способи зараз використовуються і мають право на існування.

					КВРКІ 190186.19.01.08 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Щоб спілкуватися з наземною станцією, зчитувати дані датчиків і керувати корисним навантаженням дрона (камери, серводвигуни тощо), програмне забезпечення літака має бути встановлено та запущено безпосередньо на самому літаку.

Оскільки він має прямий доступ до апаратного забезпечення БПЛА, яке підтримує його в повітрі, програмне забезпечення автопілота також встановлено на літаку, але завжди зберігається окремо від попереднього в окремому модулі. Проміжне програмне забезпечення зазвичай використовується в більшості архітектур замість наземної станції, яка має пряме керування автопілотом.

Для вирішення проблеми, з якою стикається БПЛА, потрібна окрема програма, яка зберігає дані та показує статус. Щоб вирішити проблеми, вам знадобиться програма технічного обслуговування БПЛА, яка видає команди безпілотному літальному апарату. У своїй найпростішій формі він може складатися лише з координат початкової та кінцевої точок. Якщо вам потрібно щось складніше, ви можете створити повний маршрут із GPS-координатами, який враховує всі блокпости та обмеження (наприклад, високі будівлі, лінії електропередач тощо). ).

Цю програму керування безпілотником можна використовувати як окрему частину програмного забезпечення або в поєднанні з вищезгаданою клієнт-серверною програмою.

Крім того, БПЛА повинен мати систему автопілота. Загалом, автопілот — це система або інструмент, який спрямовує транспортний засіб за заздалегідь визначеним курсом. У випадку з БПЛА ця програма повинна не лише направляти літак за заздалегідь визначеним маршрутом, керуючи аеродинамічними компонентами (пропелерами, кермами, елеронами тощо). ), а також такий, який, аналізуючи дані датчиків, має з високою точністю відстежувати його положення та орієнтацію в просторі, автоматично стабілізувати літак під час польоту та повертати його на базу в екстреному випадку.

					КВРКІ 190186.19.01.08 ПЗ	Арк. 22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Програмне забезпечення для керування БПЛА, яке працює на літаку, є останнім програмним забезпеченням. Вона відповідає за зв'язок із системою наземного програмного забезпечення та передає системі автопілота прямі команди керування.

Реалізація кур'єрської доставки безпілотним літальним апаратом неможлива без можливості виконання низки додаткових завдань, які не входять до функціональності автопілота.

Серед них такі маневри, як підйом вантажу БПЛА, точне приземлення та уникнення перешкод під час польоту.

Етапи цього процесу — виявлення, вивчення та знищення — вже чітко визначені, незважаючи на те, що новітні технології боротьби з БПЛА тільки зараз стають доступними. Завдяки прогресу сучасних технологій перші дві ланки цього ланцюга в основному з'ясовані, але починають з'являтися й конкретні рішення.

Результати антитерористичної операції на сході України демонструють, як БПЛА стають все більш поширеною зброєю в партизанських, диверсійно-терористичних конфліктах.

Прагнучи завдати якомога більшої шкоди, сучасні військові конфлікти ведуться мобільними легкоозброєними підрозділами. Як наслідок, засоби протидії БПЛА повинні бути портативними та малими.

На жаль, ні сьогоднішні, ні завтрашні технології не зможуть захистити від смертоносних дронів. Ціна електронних боєприпасів невідома, як і вартість нових розробок. Через кілька років вартість споживання енергії для пострілу буде низькою, але атаки безпілотників вже можливі.

Пріоритетним напрямом у реалізації програм створення сучасних вітчизняних технологій ураження БПЛА можна вважати використання для перехоплення або знищення БПЛА БПЛА, які мають вартісні показники значно нижчі за перехоплювану ціль.

					КВРКІ 190186.19.01.08 ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 1.3 Постановка задачі оцінки механізмів обробки інформації у кіберфізичній системі адаптивного застосування моніторингових елементів розвідувального БПЛА

Задача даної роботи полягає у визначенні умов та особливостей застосування обладнання БПЛА, а також у проведенні оцінки механізмів обробки інформації у кіберфізичній системі адаптивного застосування моніторингових елементів розвідувального БПЛА для забезпечення достатньої ефективності виявлення об'єктів.

Для розв'язання задачі потрібно вирішити такі часткові завдання:

- 1) здійснити аналіз структурних і функціональних особливостей кіберфізичної системи адаптивного застосування моніторингових елементів розвідувального БПЛА (програмно-технічного засобу);
- 2) здійснити аналіз програмно-апаратного забезпечення обробки інформації в кіберфізичній системі адаптивного застосування моніторингових елементів розвідувального БПЛА;
- 3) встановити апаратні та програмні підсистеми програмно-технічного засобу;
- 4) визначити зовнішні функції програмно-технічного засобу;
- 5) визначити способи взаємодії між підсистемами програмно-технічного засобу;
- 6) здійснити опис функціонального призначення основних модулів та інформаційних ресурсів програмно-технічного засобу, їх взаємозв'язок та обмін даними;
- 7) здійснити опис реалізації модулів апаратного та програмного забезпечення програмно-технічного засобу;
- 8) описати процес створення баз даних;
- 9) здійснити опис функційних, електричних, принципових схем;
- 10) описати реалізацію людино-машинного інтерфейсу;

					КВРКІ 190186.19.01.08 ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11) сформувати інструкції для користувачів.

#### 1.4 Висновки

У межах розділу 1 проведено аналіз структурних і функціональних особливостей кіберфізичної системи адаптивного застосування моніторингових елементів розвідувального БПЛА, здійснено аналіз програмно-апаратного забезпечення обробки інформації в кіберфізичній системі адаптивного застосування моніторингових елементів розвідувального БПЛА, здійснено постановку задачі оцінки механізмів обробки інформації у програмно-технічному засобі. Крім цього, проведено аналіз існуючих видів БПЛА, описано їхні особливості та наведено класифікацію видів БПЛА.

Основну частину БПЛА складають літальна платформа з унікальною системою посадки, рушійна установка, джерело живлення для неї, система живлення та бортове радіоелектронне обладнання.

Основними функціями БПЛА є: вирішення розвідувальних завдань; нанесення ударів по наземних і морських цілях; перехоплення повітряних цілей; здійснення постановки радіоперешкод; керування вогнем; вказування цілей; ретрансляція повідомлень і даних; доставка вантажів.

Основними класифікаційними ознаками є: масштаб завдань, що вирішуються; маса; тривалість польоту; практична стеля польоту; тип літального апарату; базування; використання; тип системи керування; правила польоту; тип крила; паливна система; кількість використань; радіус дії тощо.

Принцип роботи БПЛА залежить від його конструктивних особливостей.

					КВРКІ 190186.19.01.08 ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ У КІБЕРФІЗИЧНІЙ СИСТЕМІ АДАПТИВНОГО ЗАСТОСУВАННЯ МОНІТОРИНГОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ РОЗВІДУВАЛЬНОГО БПЛА

2.1 Визначення апаратних і програмних підсистем програмно-технічного засобу

Аналіз, який був проведений вище, дозволяє визначити такі підсистеми програмно-технічного засобу (рис. 2.1.):

- програмне забезпечення самого літального апарату;
- автопілот;
- програмне забезпечення наземної станції керуваннякерування.



Рисунок 2.1 - Структура програмного забезпечення БПЛА

Програмне забезпечення автопілота з відкритим вихідним кодом команди розробників PX4 використовується для підтримки функціональності системи керування БПЛА. Це програмне забезпечення було вибрано, оскільки воно розроблено для керування широким спектром пристроїв, зокрема квадрокоптерами, вертольотами та літаками; він має можливість працювати з широким спектром різних датчиків і виконавчих механізмів; і це пропонує можливість реалізувати автоматичний контроль за допомогою даних з датчиків.

Основна причина полягала в тому, що розробники пропонують широкий спектр інструментів для розробки, налагодження та адаптації до конкретних завдань і конструкцій літаків.

На рисунку 2.2 наведена архітектурна схема програмного комплексу.

Розглянемо програмний засіб.

«NetFit» — використовуване ПЗ. Програма створена для пошуку важливих об'єктів і орієнтування літака за особливостями місцевості. База даних містить еталонні об'єкти, для яких фіксуються координати та висота зйомки. У файлі XML зберігається каскад для пошуку ключових об'єктів. При вказівці опорних об'єктів користувач повинен ввести координати опорного об'єкта, а також фотографічний масштаб. Для пошуку ключових об'єктів програму необхідно навчити окремо для кожного об'єкта.

Детектор границь Канні, алгоритм перцептивного хеш-обчислення, алгоритм Віюлі Джонс, оператор Собела та відстань Хеммінга – це деякі з алгоритмів, які використовувалися. Операційна система Microsoft Windows розроблена для використання мови програмування С#. Консольний і графічний режими роботи.

Програма створена для пошуку важливих об'єктів і орієнтування літака за особливостями місцевості. Він використовує графіку для викладання матеріалу. Дві вкладки складають вікно програми.

Головна вкладка програми містить вікно для вибору еталонних об'єктів, елементи для налаштування параметрів еталонного об'єкта (масштаб, координати), а також кнопки для виконання необхідних завдань, таких як додавання нового еталонного об'єкта в базу даних, запуск навчання класифікатора, обробка зображення оператором детектора Канні (необхідна для підготовки зображення для подальшого збереження в базі даних) і проведення пошуку.

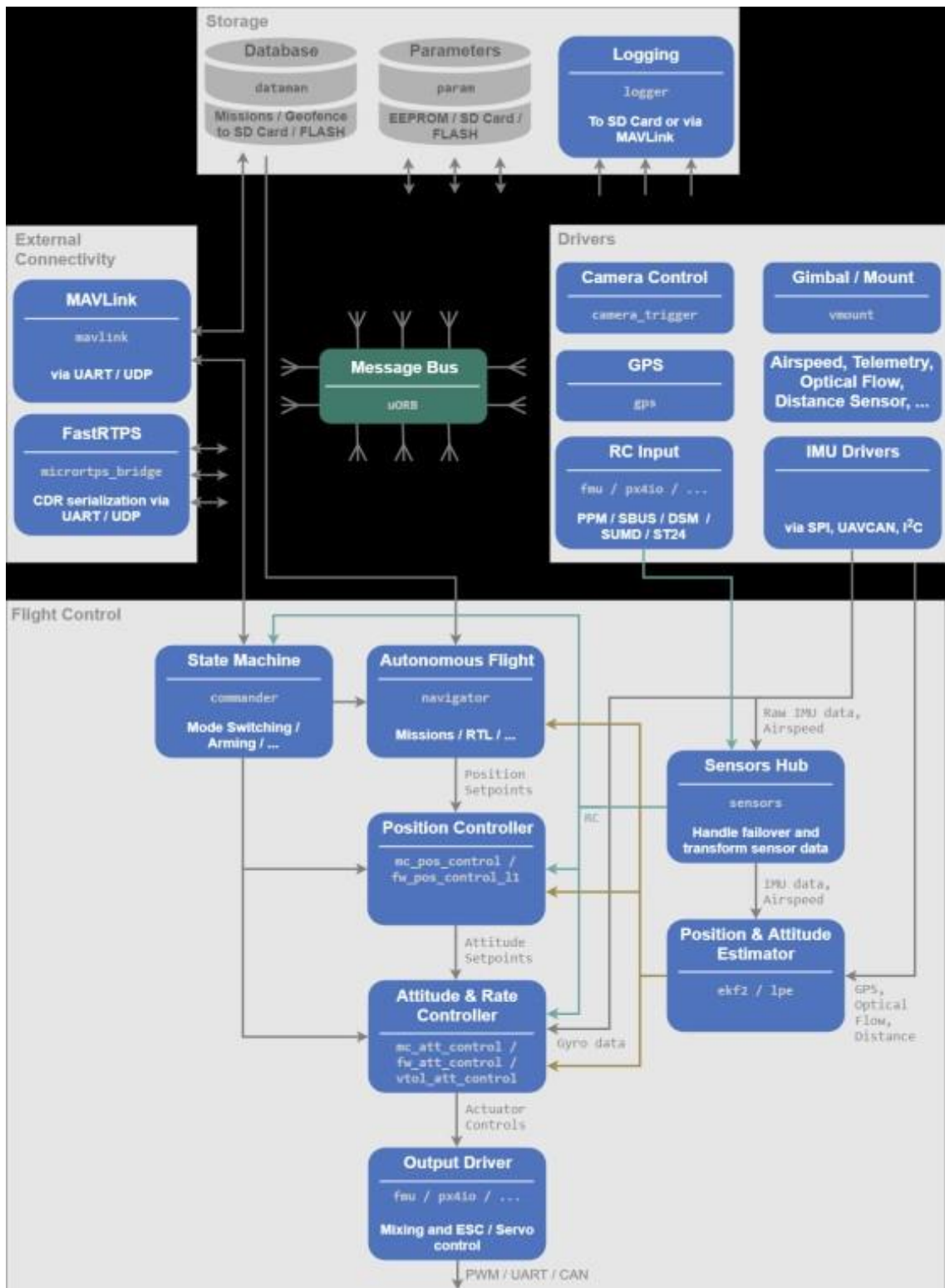


Рисунок 2.2 – Архітектура програмного комплексу

На другій вкладці показано таблицю бази даних з довідковими об'єктами. Експерт має повний контроль над існуючими об'єктами, включаючи можливість

активувати або деактивувати, змінювати масштаб, координати, додавати коментарі та навіть видаляти об'єкти за бажанням.

У файлі конфігурації програми користувач повинен вказати шлях до зразків із позитивними та негативними зразками, щоб навчити класифікатор, який шукає ключові ознаки. Файл конфігурації також містить рядок підключення до бази даних. На рисунку 2.3 зображено діаграму компонент проекту.

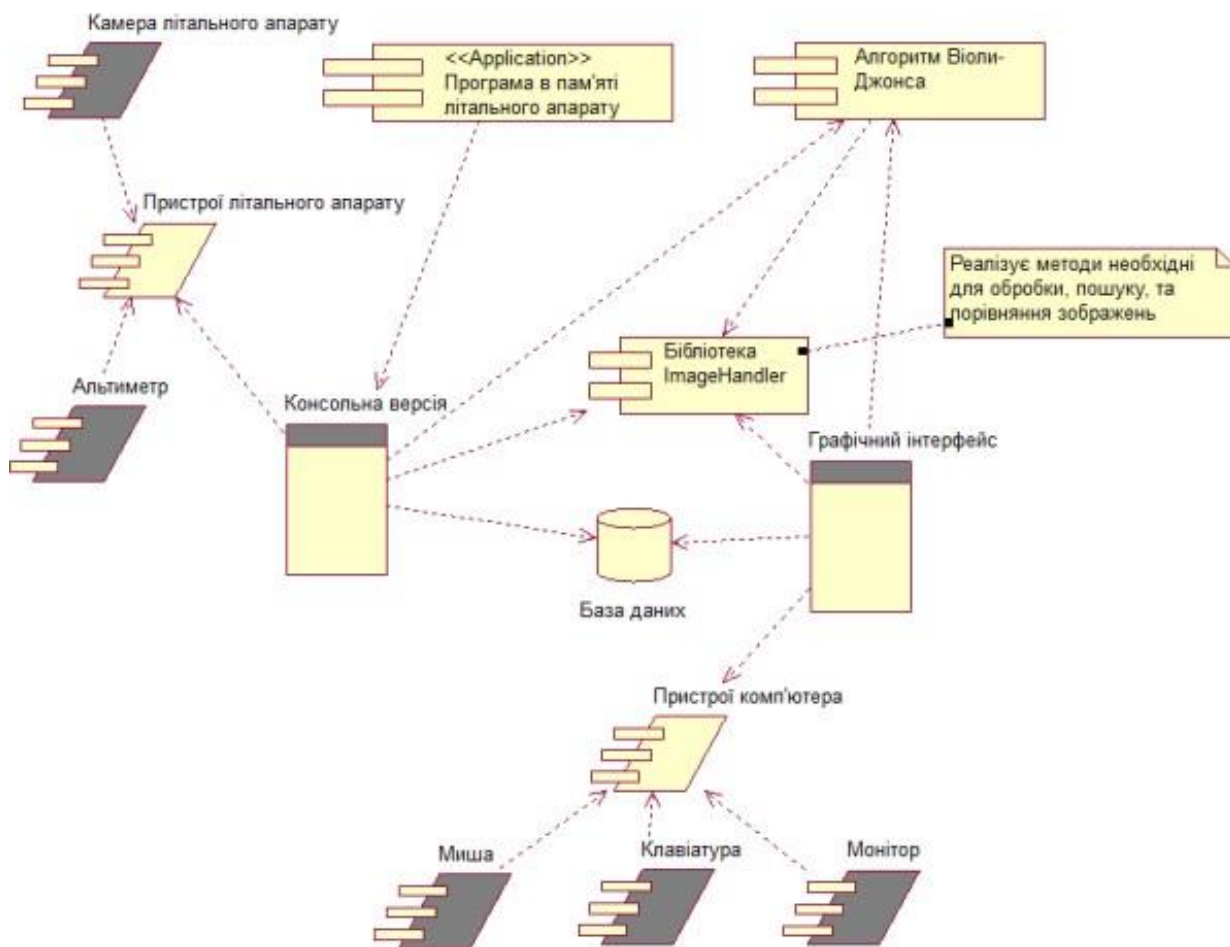


Рисунок 2.3 – Діаграма-компонент

Залежно від режимів, у яких вона використовується, вхідні дані програми змінюються.

Необхідно мати рядок підключення до бази даних. Зображення, що містять цільове еталонне зображення, масштаб і координати еталонного зображення, використовуються як вхідні дані під час створення еталонних зображень. Крім

того, користувач може змінити коефіцієнт розмиття зображення та порогові значення, що використовуються під час фільтрації, змінивши параметри алгоритму Канні у файлі конфігурації програми.

Вхідні дані, які використовуються для навчання каскаду, включають набори позитивних і негативних зразків, відсоток знайдених зображень, відсоток помилково знайдених зображень для кожного шару та каскаду в цілому.

Цільове зображення та значення масштабного коефіцієнта є вхідними даними програми, коли вона працює нормально. Вхідні дані також містять посилання на об'єкти, що зберігаються в базі даних.

XML-файли, які описують каскад і записи бази даних із хеш-значенням та іншими параметрами еталонного зображення, використовуються як вхідні дані під час навчання.

Вихідними даними при роботі в консольному режимі є координати положення літака та координати важливих об'єктів.

Додатковий вихід у графічному режимі включає прямокутники, які ідентифікують знайдені об'єкти зеленим і червоним кольором.

Проаналізуємо модуль автопілота.

Модуль автопілота важить не більше 50 грамів і включає потужний процесор, датчики систем орієнтації та навігації (датчики статичного тиску, датчики динамічного тиску, триосьові акселерометри, триосьові кутові датчики, триосьові магнітометри), датчики контролю заряду батареї, порти . З показань датчиків проводиться стабілізація БПЛА. Модуль автопілота обробляє сигнали, виробляючи команди несучим гвинтам.

Реалізація програми автопілота, складної частини програмного забезпечення, потребує глибоких знань у багатьох суміжних галузях, включаючи аеродинаміку, фізику та багато інших. Його впровадження також вимагає незліченних годин тестування та налагодження.

Тільки великі компанії можуть дозволити собі цей дорогий процес.

					КВРКІ 190186.19.01.08 ПЗ	Арк. 30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Але є вже зроблені, випробувані варіанти з відкритим кодом, які задовольняють усім критеріям для розвідувального БПЛА. На даний момент існує велика кількість таких варіантів програмного забезпечення. Кожна з них має спільноту користувачів і розробників, які готові допомогти із запитом про те, як застосувати це програмне забезпечення в їхній системі, і всі вони абсолютно безкоштовні. Це значно спрощує процес впровадження та налагодження цього програмного компонента.

Отже, програмне забезпечення самого БПЛА продумано досить добре. ПЗ складається з автопілота і модуля, який виконує пов'язані з ним завдання: зв'язок з наземними станціями, обробка даних з камер і датчиків, планування і виконання польотних завдань.

## 2.2. Визначення способів взаємодії між підсистемами програмно-технічного засобу.

Для реалізації завдань повітряного моніторингу в реальному масштабі часу у процесі польоту і цифрової зйомки необхідних ділянок місцевості, включаючи важкодоступні ділянки, а також визначення їх координат бортове обладнання БПЛА має містити в своєму складі [20]:

- комплекс навігації та управління БПЛА літакової схеми;
- супутникову навігаційну систему (ГЛОНАСС / GPS);
- пристрої радіолінії видової і телеметричної інформації;
- прилади командно-навігаційної радіолінії з антенно-фідерним пристроєм;
- апаратуру обміну командною інформацією;
- апаратуру інформаційного обміну;
- бортовий обчислювач;
- пристрій зберігання видової інформації.

Загальні вимоги до бортової апаратури системи управління БПЛА:

- простота реалізації та відкритість архітектури обчислювальних засобів;

					КВРКІ 190186.19.01.08 ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

–узагальненість апаратних і програмних засобів, що використовується на борту різних БПЛА;

– незалежність програмних засобів від апаратних платформ, що використовується;

– орієнтація на широке використання комерційних технологій;

– уніфікованість мережі передачі даних;

– стандартизація конструкції;

– високий рівень надійності та стійкості до механічних впливів.

Ядро бортової апаратури навігації та управління має бути апаратно незалежним, тобто функціонувати незалежно від типу обчислювального середовища (мікроконтролерів, датчиків, сервоприводів) за конкретної реалізації автопілоту.

Бортовий комплекс навігації та управління БПЛА – складна, багаторівнева структура, основним завданням якої є забезпечення виведення БПЛА в зазначений район і виконання місії польоту, а також забезпечення і доставлення інформації, яка отримана бортовими засобами БПЛА, на НПУ.

Під час визначення вимог до структури бортового комплексу навігації та управління БПЛА необхідно враховувати побудову комплексу як об'єкта управління, до якого належать:

- рульові приводи;

- бортова апаратура управління;

- наземна апаратура управління.

Згідно з положеннями теорії автоматичного управління та вимог до систем управління польотом БПЛА [21-22] можна визначити такі завдання для бортового комплексу навігації та управління БПЛА:

– забезпечення вимог до пілотажних характеристик, що спрямовані на поліпшення динамічних властивостей БПЛА під час ручного і автоматичного керування;

					КВРКІ 190186.19.01.08 ПЗ	Арк. 32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- стабілізація кутового положення БпЛА з використанням інформації, що надходить від системи орієнтації;
- забезпечення орієнтації траєкторного керування, яке дає змогу виводити БпЛА у визначену точку маршруту або здійснювати його рух за визначеною траєкторією із зазначеною швидкістю;
- здійснення траєкторного керування, яке потребує використання інформації від систем навігації.

Система управління БпЛА в загальному вигляді має бути комбіновано-автоматичною (за програмою) та забезпечувати дистанційне управління через зворотний канал радіозв'язку.

Отже, бортовий комплекс навігації та управління має забезпечувати:

- навігацію і управління БпЛА під час польоту за заданою траєкторією;
- визначення навігаційних параметрів, кутових швидкостей і прискорень, визначення параметрів руху БпЛА;
- стабілізацію кутів орієнтації БпЛА в польоті;
- надання в канал передавання телеметричної інформації про навігаційні параметри, кути орієнтації БпЛА.

Склад бортового комплексу:

- блок ІНС;
- приймач супутникової навігаційної системи (СНС);
- блок автопілоту;
- накопичувач льотних даних;
- датчик повітряної швидкості.

Центральним елементом бортового комплексу навігації та управління є малогабаритна інерціальна навігаційна система (ІНС), яка включає приймач супутникової системи навігації.

Побудована на базі мікроелектро-механічних датчиків (MEMS гіроскопів і акселерометрів) за принципом безплатформної, в якій акселерометри і гіроскопи жорстко пов'язані з корпусом приладу, система не має рухомих частин, абсолютна

безшумна, не потребує спеціального обслуговування, має хороші показники напрацювання на відмову (до 80 000 год у деяких моделях) і мале енергоспоживання (десятки ватт).

Вбудований датчик статичного тиску забезпечує динамічне визначення висоти і вертикальної швидкості.

У базовій конфігурації управління здійснюється через канали: елерони; кермо висоти; кермо напрямку; контролер двигуна. Комплекс повинен мати можливість керувати безпілотним літальним апаратом як в ручному режимі за допомогою штатного пульта дистанційного керування, так і в автоматичному режимі, реагуючи на команди автопілота. Він також повинен бути сумісний з радіоканалом імпульсно-кодової модуляції.

Стандартні сигнали з широтно-імпульсною модуляцією (ШІМ), які працюють з більшістю типів приводів, використовуються для створення команд керування автопілотом.

### 2.3. Опис функціонального призначення основних модулів та інформаційних ресурсів програмно-технічного засобу, їх взаємозв'язок та обмін даними

Розглянемо апаратну частину розвідувального БПЛА. [13].

Апаратна частина АС складається з БПЛА з цільовим обладнанням на борту, наземної станції (НС) і каналу зв'язку між ними (рис. 2.4).

Цільовим обладнанням на борту БПЛА у випадку задачі, що розв'язується, є відеофотокамера та пристрій для обробки даних. У ролі останнього виступає одноплатний комп'ютер (ОК).

					КВРКІ 190186.19.01.08 ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

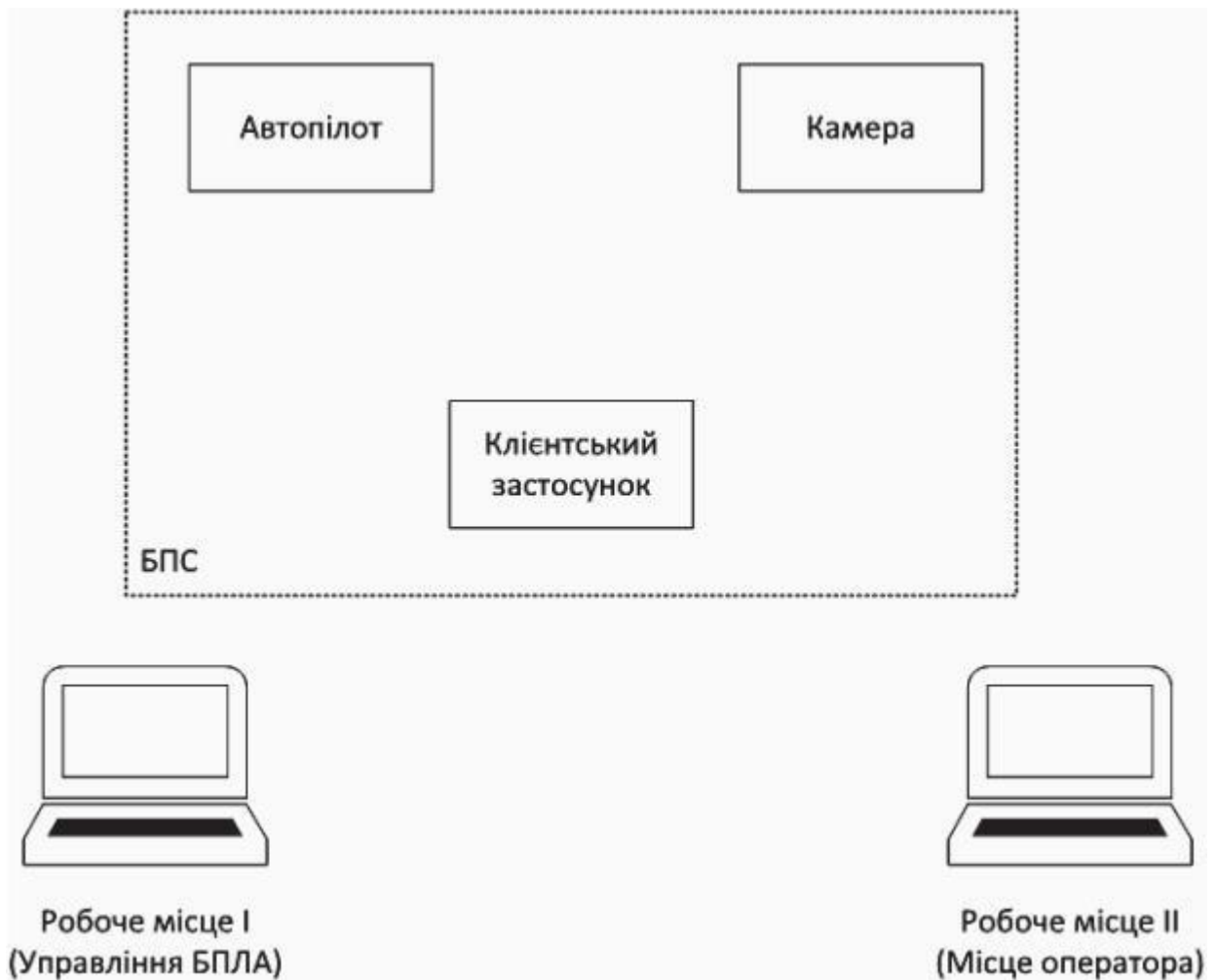


Рисунок 2.4 - Склад автоматизованої системи

Рекомендується використовувати ОК Raspberry Pi 3 Model B або DragonBoard 410c для групи пов'язаних завдань, згідно з публікацією [7]. Дані БПЛА повинні оброблятися та контролюватися за допомогою NS. Це завдання складається з кількох менших завдань, кожне з яких вирішується за допомогою іншого методу (обробка даних) або інструменту (керування). Однак відповідні математичні методи, як правило, є ресурсомісткими, якщо оброблені дані є потоком відеокадрів або фотографій.

Таким чином, основною вимогою до частини NS (робочого простору оператора), яка займається обробкою даних, є відповідна обчислювальна потужність. АС повинна бути портативною, легкою для транспортування та швидкою розгортанням у польових умовах. Використання «потужного» ноутбука

як екстреної допомоги, з процесором з високою обчислювальною потужністю, достатньою кількістю оперативної пам'яті та потужною відеокартою (якщо необхідно – для виконання на ній частини обчислень), а також ноутбука з достатньою кількістю функцій, як робоче місце пілота, задовольняє всім перерахованим вище критеріям.

Згідно з результатами практичного тестування експериментального зразка автоматизованою системою, описаною тут, ноутбук повинен мати такі характеристики: процесор Intel Core i5 і 8 ГБ оперативної пам'яті.

Усі канали можуть бути заглушеними або шпигувати, що ускладнює встановлення надійного зв'язку між БПЛА та наземною станцією (GST). В рамках даного аналізу для перевірки принципової можливості розробки автоматизованої системи (АС) для автоматизованого пошуку підозрілих об'єктів можна використовувати будь-який канал зв'язку з більш-менш прийнятною дальністю приймання сигналу. В експериментальному зразку АС, що описується, для зв'язку БПЛА і наземної станції використовується Wi-Fi (бездротовий канал зв'язку, що відповідає сімейству стандартів IEEE 802.11) через зручність його використання на ОК та ноутбуках.

Проаналізуємо програмні технології.

Наступним кроком аналізу є вибір програмних технологій:

- 1) операційних систем (ОС) для ОК на борту БПЛА та для НС;
- 2) мови програмування для розробки цільового програмного забезпечення (ПЗ);
- 3) використання сторонніх програмних бібліотек за необхідності;
- 4) протокол передачі даних між БПЛА та НС.

У публікації [8] наведено деякі деталі таких проблем, як вибір операційної системи та мови програмування, а також пропозиції щодо розробки програмного забезпечення для різних архітектур (у випадку описаної ОС – архітектура ARM). процесор використовується в ОС, а x86\_64 в ОС).

					КВРКІ 190186.19.01.08 ПЗ	Арк. 36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За винятком останніх моделей, процесори на базі ARM не можна використовувати з більшістю популярних версій Windows, і це програмне забезпечення також є платним.

Альтернативою є операційна система на базі Linux. Описувана ОС має ряд переваг перед операційними системами сімейства Windows, включаючи версії для x86\_64 та ARM, простоту оновлення, включаючи системи на борту БПЛА, простоту програмування та встановлення спеціальних бібліотек для розробки програмного забезпечення [8].

На етапі розробки остаточної версії та на етапі проведення наукових або експериментальних досліджень використовуються різні критерії при виборі мови програмування для розробки цільового програмного забезпечення. У другому сценарії швидке написання програмного коду є вирішальним фактором, особливо коли мова йде про рутинні операції. Приклади таких операцій включають завантаження даних із файлу, роботу з графічними форматами, використання лямбда-виразів, так званого «синтаксичного цукру», виконання певних рутинних операцій, як-от обчислення вибіркової статистики, використання типу даних «багатовимірний масив» тощо.

Мова програмування Python є життєздатною альтернативою, яка задовольняє необхідні специфікації для використання в розробці сімейства операційних систем Linux [8–9].

Створення інтерфейсу програмного забезпечення є звичайним завданням, яке можна виконати за допомогою звичайних інструментів. Бібліотека PyQT використовується у випадку описуваної АС. Основу описаної автоматичної частини АС становлять методи обробки цифрових зображень, зокрема методи комп'ютерного бачення (Computer Vision).

Розробка програмної реалізації даних методів як правило є трудомісткою задачею, тому замість самостійної розробки має сенс використовувати відповідні програмні бібліотеки. Для аналізу даної інформації, використовується бібліотека OpenCV, в якій реалізовано значну кількість методів комп'ютерного бачення.

Оскільки OpenCV є бібліотекою з відкритим вихідним кодом, це фактично означає, що розробники знаходяться під взаємним контролем, що підвищує калібр виробленої роботи, зменшує кількість помилок і зменшує ймовірність наявності так званих програмних закладок.

Необхідно створити протокол для передачі різних типів даних, які БПЛА та транспортні засоби екстреної допомоги передають один одному. Це типове завдання: протокол створюється на етапі проектування та реалізується (і, якщо необхідно, модифікується) на наступному етапі.

Також існує проблема точного прийому даних. Протокол TCP/IP є працездатним варіантом для його вирішення; у разі використання Wi-Fi і ОС Linux на ОК і НС ця опція доступна за замовчуванням; у разі використання деяких інших каналів можливе використання сторонніх бібліотек.

Щодо пошуку підозрілих областей.

Для перевірки принципової можливості розробки АС в якості автоматичної частини системи використовується спрощений алгоритм пошуку підозрілих областей на відео з камери БПЛА [10] на основі аналізу гістограм [11].

Даний алгоритм є достатньо якісним: з 10 відеокадрів, що містять підозрілий об'єкт, на 8–9 кадрах він детектується коректно.

Кількість неправильних спрацювань (в середньому 3–4 на кадр) є прийнятною для використання алгоритму в якості частини напівавтоматичної системи.

Швидкість роботи (до 10 кадрів/сек при виконанні на процесорі архітектури x86\_64) може бути достатньою для деяких практичних задач [10].

Визначення координат області бачення камери БПЛА та цільових об'єктів є окремою нетривіальною задачею через геометричні особливості форми Земної кулі – геоїду (рис. 2.5).

Можливі способи визначення координат точок, що представляють інтерес, на основі положення БПЛА і кутів ризику, тангажу, крену наведено в публікаціях [11] і [12].

					КВРКІ 190186.19.01.08 ПЗ	Арк. 38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



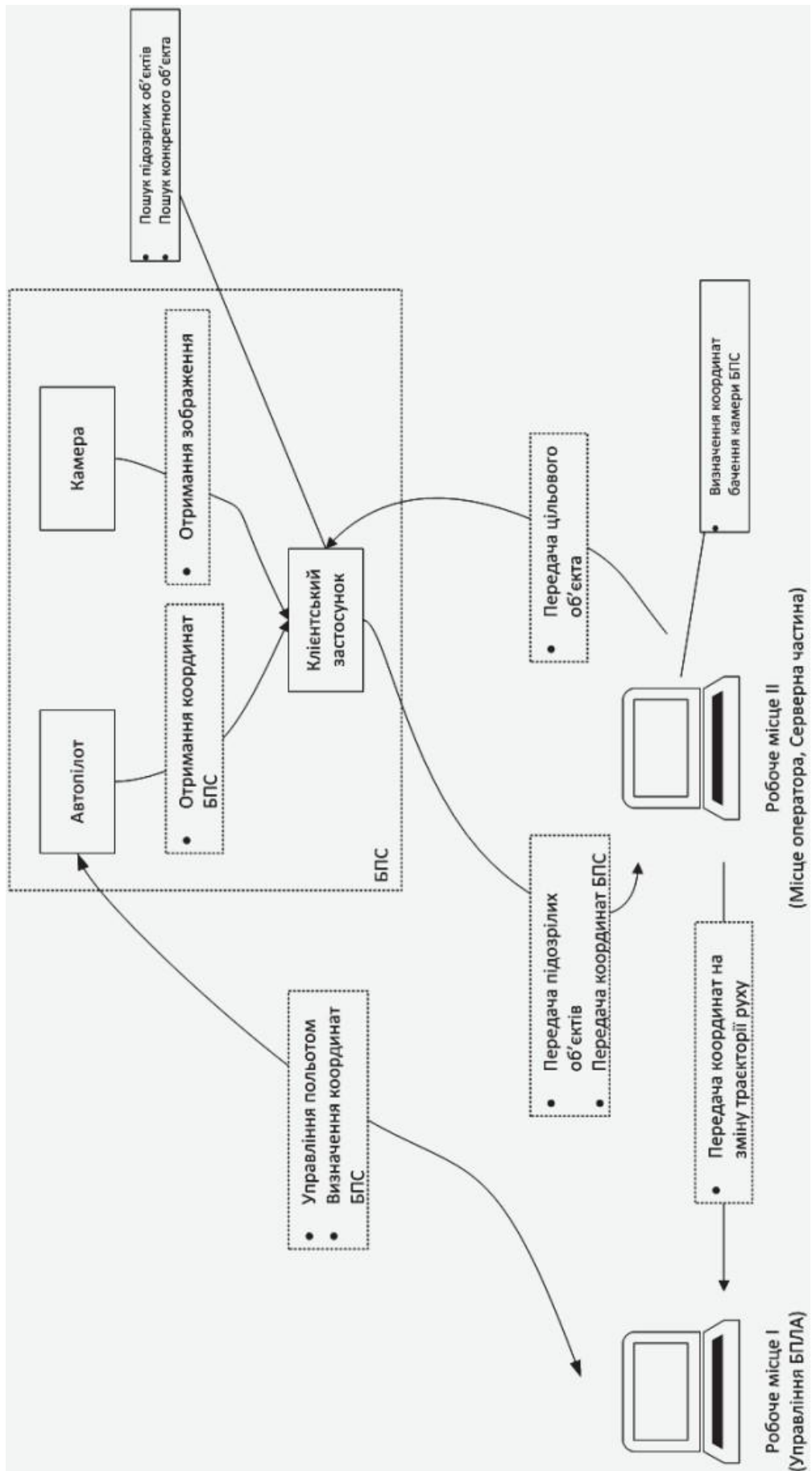


Рисунок 2.6 - Структура комплексу: взаємозв'язок між елементами

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

У результаті клієнтська частина завдань АС виглядає наступним чином:

- обробка відео з БПЛА;
- пошук підозрілих об'єктів;
- пошук цільового об'єкту;

Серверний компонент АС виконує наступні завдання:

- відображення підозрілих об'єктів;
- організація можливості вибору конкретного об'єкта;
- налаштування параметрів алгоритму пошуку підозрілого об'єкта;
- розрахунок координат поля зору камери БПЛА;
- відображення карти польоту БПЛА.

На рис. 2.7 наведено (продубльовано) список задач клієнтської та серверної частин АС і дані, які передаються між ними.

Оскільки система передбачає обмін інформацією між БПЛА та НС, необхідно розробити протокол обміну даними, який забезпечить надійність та зручність обміну інформацією. Як було відмічено вище, задача розробки протоколу обміну даними є типовою. Тому детальний його опис не є необхідним в рамках аналізу даної роботи.

Схема процедури обміну інформацією представлена на рис. 2.8 . На рис. 2.8 операція «Пакування» – процес переведення класу визначеної структури в масив байт; «Розпакування» – обернена операція: процес переведення масиву байт у клас визначеної структури.

Дані мають бути зашифровані, щоб запобігти несанкціонованому перегляду. Шифрування даних є окремим завданням, яке необхідно вирішувати з урахуванням великої кількості змінних, і воно також не входить до сфери аналізу цієї роботи.

Обговоримо інтерфейс користувача. Взаємодія серверної частини з користувачем (оператором) є одним з її основних обов'язків. Для її компанії була створена серверна програма, яка містила графічний інтерфейс користувача.

Рис. 2.9 ілюструє макет інтерфейсу користувача та графічний дизайн..

					КВРКІ 190186.19.01.08 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

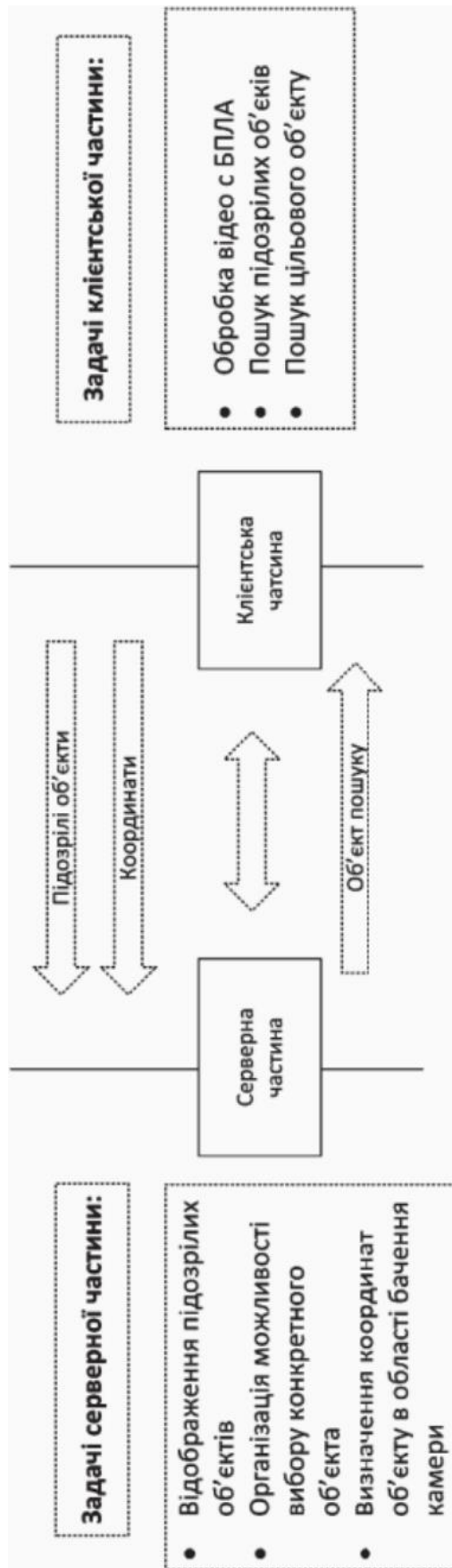


Рисунок 2.7 - Задачі клієнтської та серверної частин АС, дані, які передаються між ними

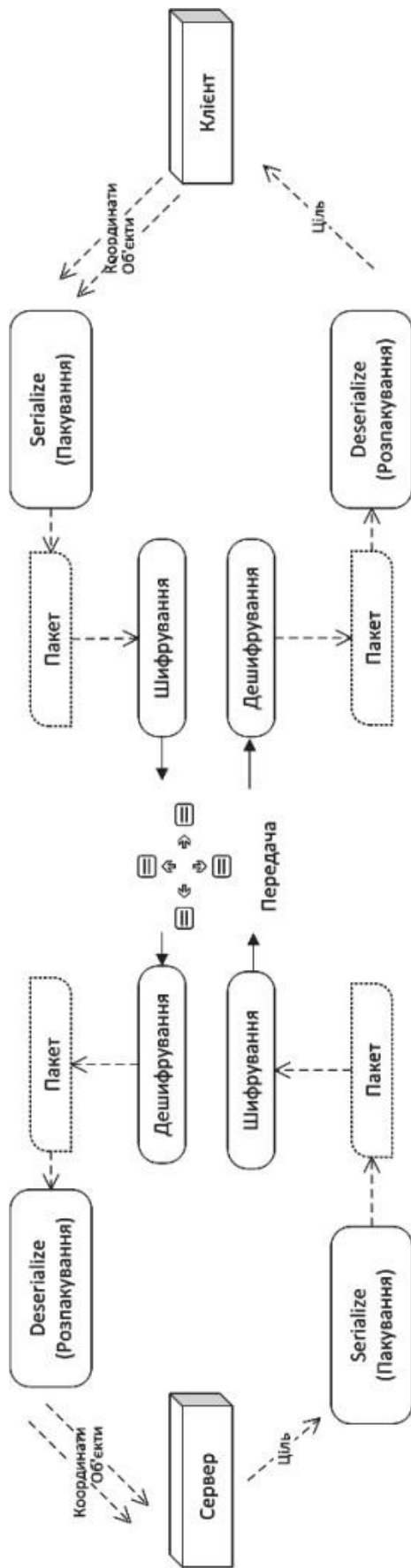


Рисунок 2.8 - Структура комплексу: схема процедури обміну інформацією.

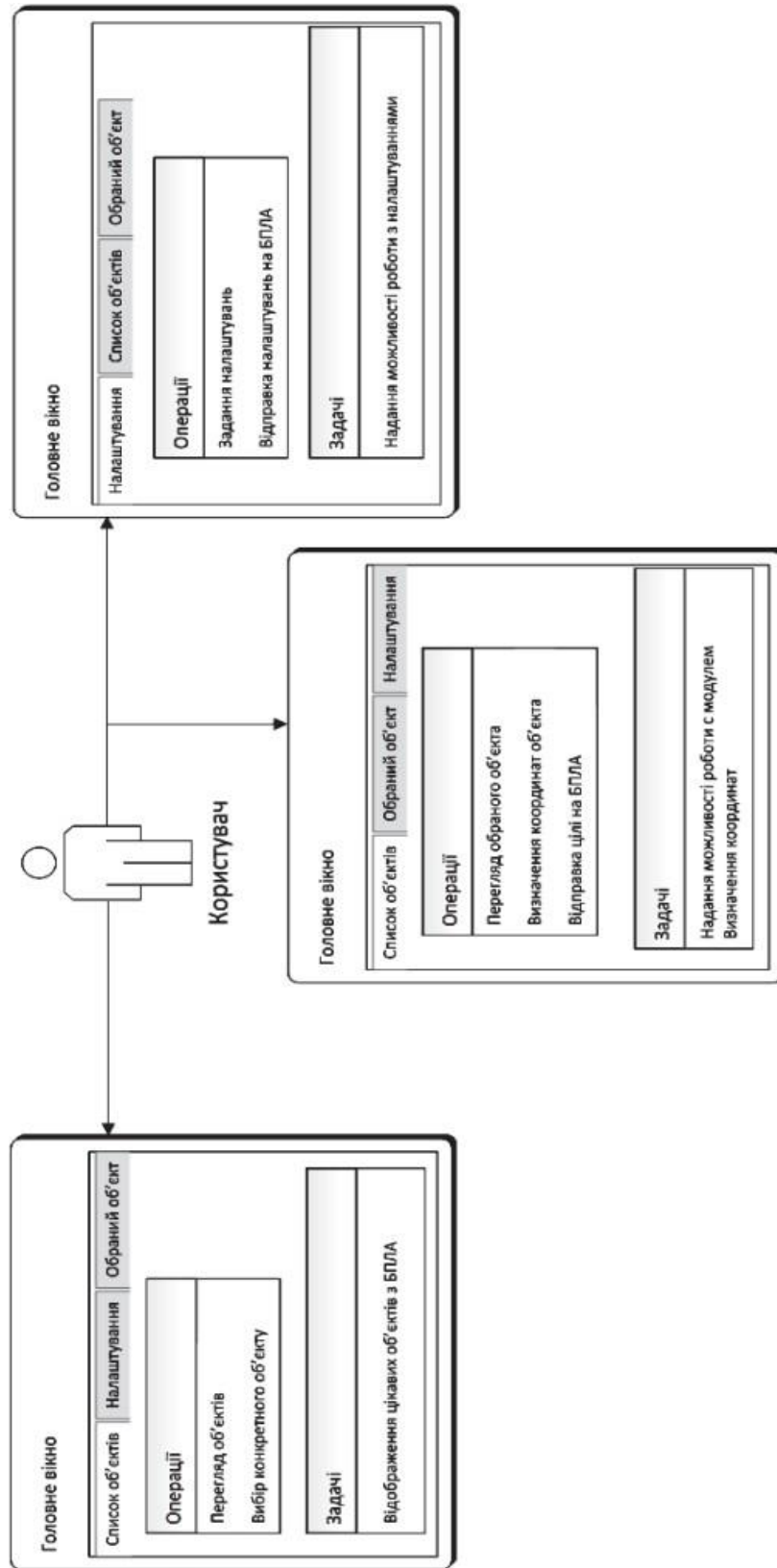


Рисунок 2.9 - Структура взаємодії користувача і графічного інтерфейсу.

На рис. 2.10 зображено вкладку «Параметри» в головному вікні серверної частини, а на рис. 2.11 зображено вкладку зі списком об'єктів, переданих до НС, які алгоритм визначив як підозрілі.

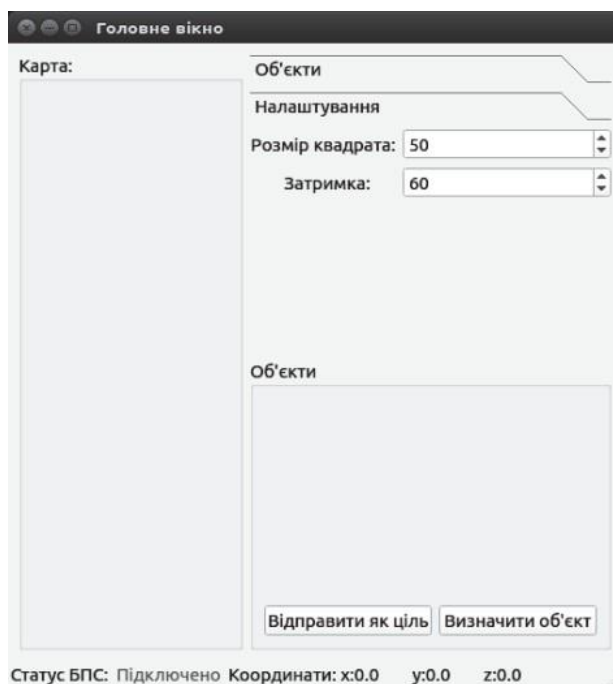


Рисунок 2.10 - Головне вікно: вкладка «Налаштування»

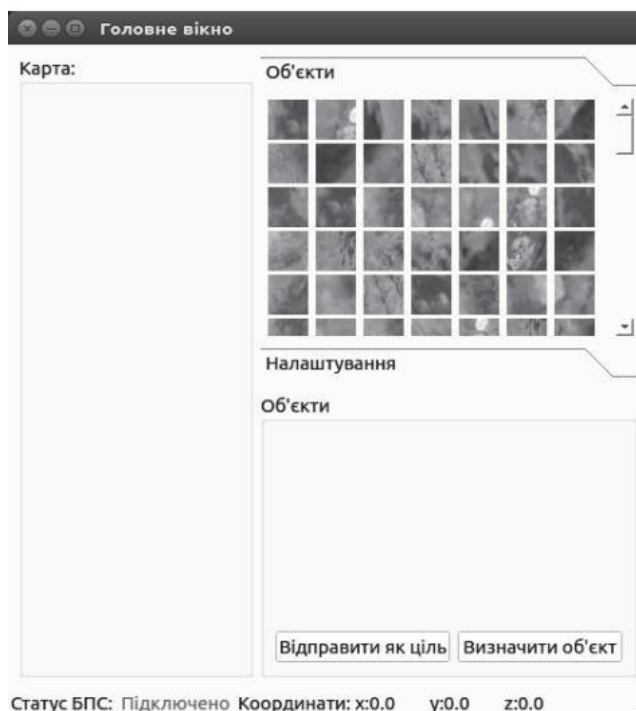


Рисунок 2.11 - Головне вікно: список підозрілих об'єктів, отриманих з БПЛА

Алгоритм пошуку підозрілих об'єктів на відеокадрах з камери БПЛА був згаданий вище. Він має високий відсоток точних тригерів, але також значну кількість помилкових спрацьовувань. Приклад роботи алгоритму наведено на рис. 2.12.

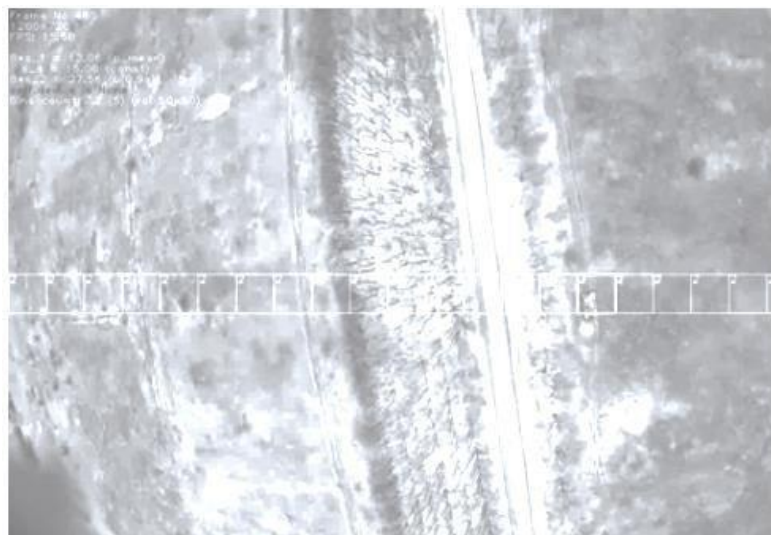


Рисунок 2.12 - Приклад роботи алгоритму пошуку підозрілих об'єктів (клієнтська частина – БПЛА)

Порядок роботи із системою такий:

1. Налаштування каналу зв'язку Wi-Fi.
2. Запуск серверного застосунку на НС. Дізнатись IP-адресу НС.
3. Запуск серверного застосунку на БПЛА. При запуску вказати IP-адресу НС.
4. Запустити БПЛА по необхідній траєкторії.
5. Перегляд підозрілих об'єктів під час польоту, які АС періодично передає від БПЛА до НС. За потреби змінити налаштування (параметри алгоритму).
6. У випадку появи у списку об'єкта, що представляє інтерес, виділити його і дати команду БПЛА виконувати відносно нього автоматичні дії (наприклад, перевести БПЛА в режим автоматичного супроводження).
7. Після завершення виконання завдання посадити БПЛА, завершити роботу клієнтського та серверного застосунків.

Отже, проаналізувавши інформацію в підпункті 2.3. можемо твердо сказати, що було реалізовано експериментальний зразок автоматизованої системи – БПЛА і НС – яка забезпечує автоматичне формування списку підозрілих об’єктів, вибір з нього об’єкта, що представляє інтерес. В публікаціях, які є використаними джерелами, було протестовано систему на відео – записах з камери БПЛА, знятих на Сході України у зоні проведення бойових дій. Результати тестування показали адекватність АС. Щоб перевірити АС в умовах, максимально наближених до реальних, подальші дослідження мають бути зосереджені на проведенні льотних випробувань. Його також слід використовувати для розробки відповідного програмно-технічного комплексу, який можна використовувати в реальних умовах для вирішення реальних проблем із пошуком об’єктів інтересу у відео.

## 2.4 Висновки

У межах розділу 2 проведено аналіз визначено апаратні та програмні підсистеми програмно-технічного засобу; способи взаємодії між підсистемами та описано функціональне призначення основних модулів та інформаційних ресурсів програмно-технічного засобу.

Із вищезазначеної інформації можемо виділити основне. Підсистеми програмно-технічного засобу є : програмне забезпечення самого літального апарату; автопілот; програмне забезпечення наземної станції керування.

Програмне забезпечення самого літака добре продумано. Він складається з автопілота і модуля, який виконує пов'язані з ним завдання: зв'язок з наземними станціями, обробка даних з камер і датчиків, планування і виконання польотних завдань. Це рішення дозволяє виділити автопілот в окремий програмний продукт або використовувати готові модулі.

Обмін даними між літаком і наземною станцією здійснюється бездротовою передачею даних через Інтернет (Wifi/LTE).

					КВРКІ 190186.19.01.08 ПЗ	Арк. 47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Апаратна частина складається з БПЛА з цільовою апаратурою на борту, наземної станції та лінії зв'язку, що з'єднує їх. Відеокамера та пристрій обробки даних є цільовим обладнанням на борту БПЛА у разі вирішення проблеми. Останнє виконується за допомогою одноплатного комп'ютера.

Аналіз проводився за допомогою програми «NetFit». За допомогою особливостей місцевості та пошуку важливих об'єктів програма призначена для орієнтування літака.

					КВРКІ 190186.19.01.08 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

### 3 ПРОГРАМНО-АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ АДАПТИВНОГО ЗАСТОСУВАННЯ МОНІТОРИНГОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ РОЗВІДУВАЛЬНОГО БПЛА

3.1 Опис реалізації модулів апаратного та програмного забезпечення програмно-технічного засобу

Програмне забезпечення є ефективним інструментом управління безпілотником, формування польотного завдання та його коригування під час польоту з можливістю спостереження за станом БПЛА, а також отримання даних від апаратури цільового навантаження та управління ним.

Оглянемо переваги програмного забезпечення для безпілотників:

ПЗ дозволяє візуалізувати та аналізувати всі характеристики безпілотника, відображати маршрут польоту та відстежувати його розташування на картографічних планах місцевості в режимі онлайн.

Інтерфейс програмного забезпечення для безпілотних авіаційних систем інтуїтивно зрозумілий і максимально зручний для користувача.

Програмне забезпечення встановлюється на робочих місцях операторів у станціях зовнішнього пілота.

ПЗ служить для забезпечення всіх етапів експлуатації БПЛА та виконує такі функції:

- 1) автоматизоване формування маршруту польоту БПЛА;
- 2) побудова просторової (тривимірної) моделі місцевості;
- 3) відображення структури повітряного простору в районі виконання польотів БПЛА;
- 4) моделювання польоту з урахуванням сформованої просторової моделі місцевості;
- 5) моніторинг стану БПЛА (вбудована система контролю);
- 6) можливість одночасного завантаження кількох маршрутів на БПЛА;

					КВРКІ 190186.19.01.08 ПЗ	Арк. 49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 7) робота з оперативними точками в реальному часі (проліт, кружляння, висіння);
- 8) відображення даних телеметрії, формування команд управління БПЛА та апаратурою цільового навантаження;
- 9) відображення даних від апаратури цільового навантаження БПЛА із прив'язкою до цифрової карти місцевості;
- 10) можливість післяпольотної обробки даних (у тому числі «зшивання» фотоматеріалів) ;
- 11) можливість завдання оператором налаштувань користувача.

Інструменти розробки програмного забезпечення — це інфраструктури програмування, які постачаються з програмами, необхідними для автоматичного генерування машинного коду. За допомогою цих інструментів, призначених для досвідчених програмістів, можна створювати програми на різних мовах програмування.

До складу засобів розробки програмного забезпечення входять наступні програми:

- 1) асемблери - комп'ютерні програми, які перетворюють вихідний код мови асемблера — вихідну форму програми — в об'єктний код, який використовується для виконання машинних команд;
- 2) транслятори - це програми, які транслюють програму;
- 3) компілятори - це програми, які перетворюють текст програми, написаний мовою високого рівня, на еквівалент машинної мови;
- 4) інтерпретатори - програми, які аналізують команди або програмні оператори та негайно їх виконують;
- 5) компоновщики (редактори зв'язків) - програми, які створюють макет, приймають один або більше об'єктних модулів як вхідні дані та об'єднують їх у виконуваний модуль;

б) препроцесори вихідних текстів - це комп'ютерні програми, що приймають дані на вході, і видають дані, призначені для входу іншої програми, наприклад такий, як компілятор;

7) відладчик (debugger) - програми, що є модулем середовища розробки або окремим додатком, призначеним для пошуку помилок у програмі;

8) спеціалізовані редактори вихідних текстів - програмні додатки, необхідні для написання та редагування вихідного коду програми. Інтегроване середовище розробки, окрема програма чи інший формат — усі можливі приклади спеціалізованих редакторів для вихідних текстів.

Термін «алгоритмічні мови» відноситься до мов, які представляють алгоритми у вигляді серії читабельних команд, а не двійкового коду. Існує три категорії алгоритмічних мов: машинно-орієнтовані, процедурно-орієнтовані та проблемно-орієнтовані.

Мови програмування низького рівня, або «машинно-орієнтовані мови», вимагають найбільше часу для вивчення, але дають вам найбільшу гнучкість у розробці програм, які є максимально функціональними та структурно надійними.

За інших рівних умов ці мови призведуть до коротших і швидших програм.

Спеціаліст також може зрозуміти архітектуру комп'ютера досить детально, якщо він знайомий з основами програмування на машинно-орієнтованій мові. Після перетворення з машинної (двійкової) мови більшість команд машинно-орієнтованої мови створюють одну машинну команду.

Мови високого рівня, які використовують макрокоманди, називаються процедурними та проблемно-орієнтованими мовами. Макрокоманда при трансляції генерує багато машинних команд (для процедурно-орієнтованого мови це співвідношення в середньому "1 до десяткам машинних команд", а для проблемно-орієнтованого - "1 до сотень машинних команд". Процедурноорієнтовані мови програмування є самими використовуваними (Basic, Visual Basic, Pascal, Borland Delphi, C та ін.). У цьому випадку програміст повинен описувати всю процедуру вирішення завдання, тоді як проблемно-орієнтовані мови (їх називають також

непроцедурного) дозволяють лише формально ідентифікувати проблему і вказати склад, структури представлення і формати вхідний і вихідний інформації для завдання. [15].

Розглянемо серію Visual Studio.

Інтегроване середовище розробки програмного забезпечення та низка інших інструментів є частиною лінійки продуктів Microsoft, відомої як Visual Studio.

Ці продукти дозволяють створювати веб-сайти, веб-програми та веб-сервіси як у рідному, так і в керованому коді для всіх підтримуваних платформ, включаючи Microsoft Windows, Windows Mobile, Windows Phone, Windows CE, .NET Framework, .NET Compact Framework і Microsoft Silverlight. Вони також підтримують розробку консольних і GUI програм, включаючи підтримку Windows Forms.

Нижче наведено ключові елементи середовища розробки Visual Studio C#.

- 1) редактори, які дозволяють писати та змінювати вихідні коди програми.
- 2) компілятор, який компілює програмні коди (на цьому етапі відфільтровуються та виправляються всі синтаксичні помилки);
- 3) відладчик, який допомагає викоринювати логічні недоліки та дозволяє програмі працювати так, як ви бажаєте.
- 4) менеджер проектів, який спрощує створення виконуваних програм (файлів із розширеннями DLL та LIB).
- 5) відладчик, що дозволяє відстежувати зв'язки між різними об'єктами об'єктно-орієнтованих програм;
- 6) Visual-інструменти (майстри), які спрощують створення програм Windows.
- 7) списки атрибутів, які допомагають регулювати зовнішній вигляд і дії об'єктів інтерфейсу користувача в програмі, що розробляється.

Просто виберіть команду зі спадного меню та введіть відповідні параметри в діалоговому вікні, щоб використовувати можливості будь-якого з цих компонентів. Оскільки немає необхідності вивчати та використовувати численні не зовсім зрозумілі командні рядки, це значно спрощує процес реалізації складних проектів.

					КВРКІ 190186.19.01.08 ПЗ	Арк. 52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.2 Опис процесу створення баз даних.

Скористайтеся інструментом AllFusion ERWin Data Modeler CASE, щоб спочатку створити логіко-фізичну модель даних. Фізичну модель можна побачити на рисунку 3.1 нижче.

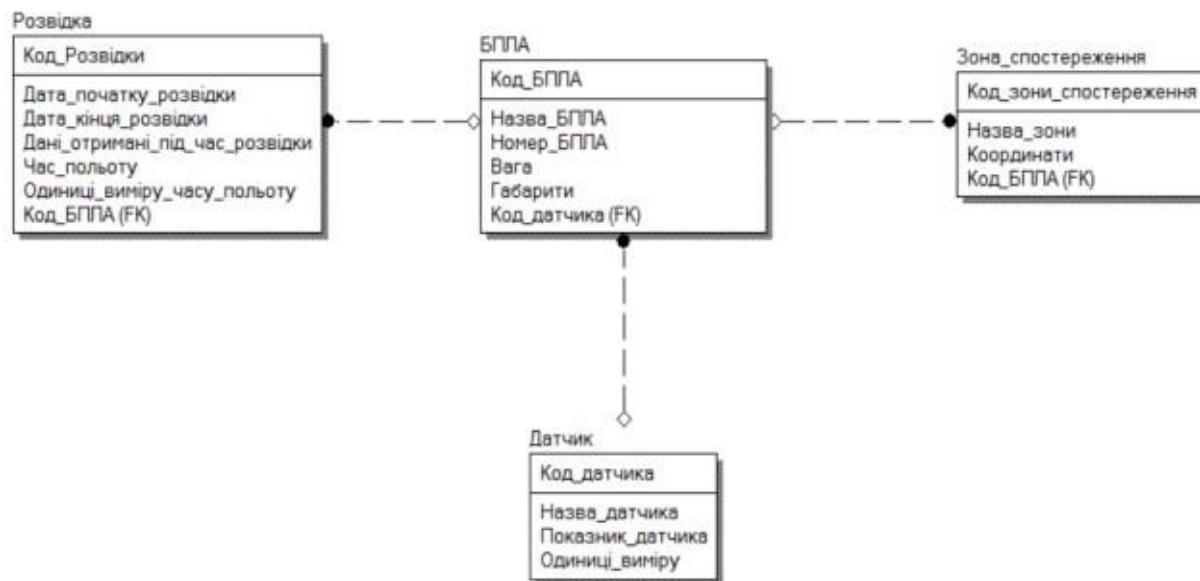


Рисунок 3.1 – Фізична модель бази даних

Після створення порожньої бази даних ми генеруємо базу даних у MS SQL Server 2008 (Tools/Forward Engineer/Schema Generation) на основі створеної фізичної моделі. Натискання кнопки «Створити» призводить до створення структури бази даних на основі згенерованого коду SQL.

При натисканні кнопки Підключення відбувається діалог зв'язку з базою даних і виконання SQL-коду.

Отримуємо згенеровану базу даних в середовищі MS SQL Server 2008. Вигляд схеми даних наведений нижче на рисунку 3.2.

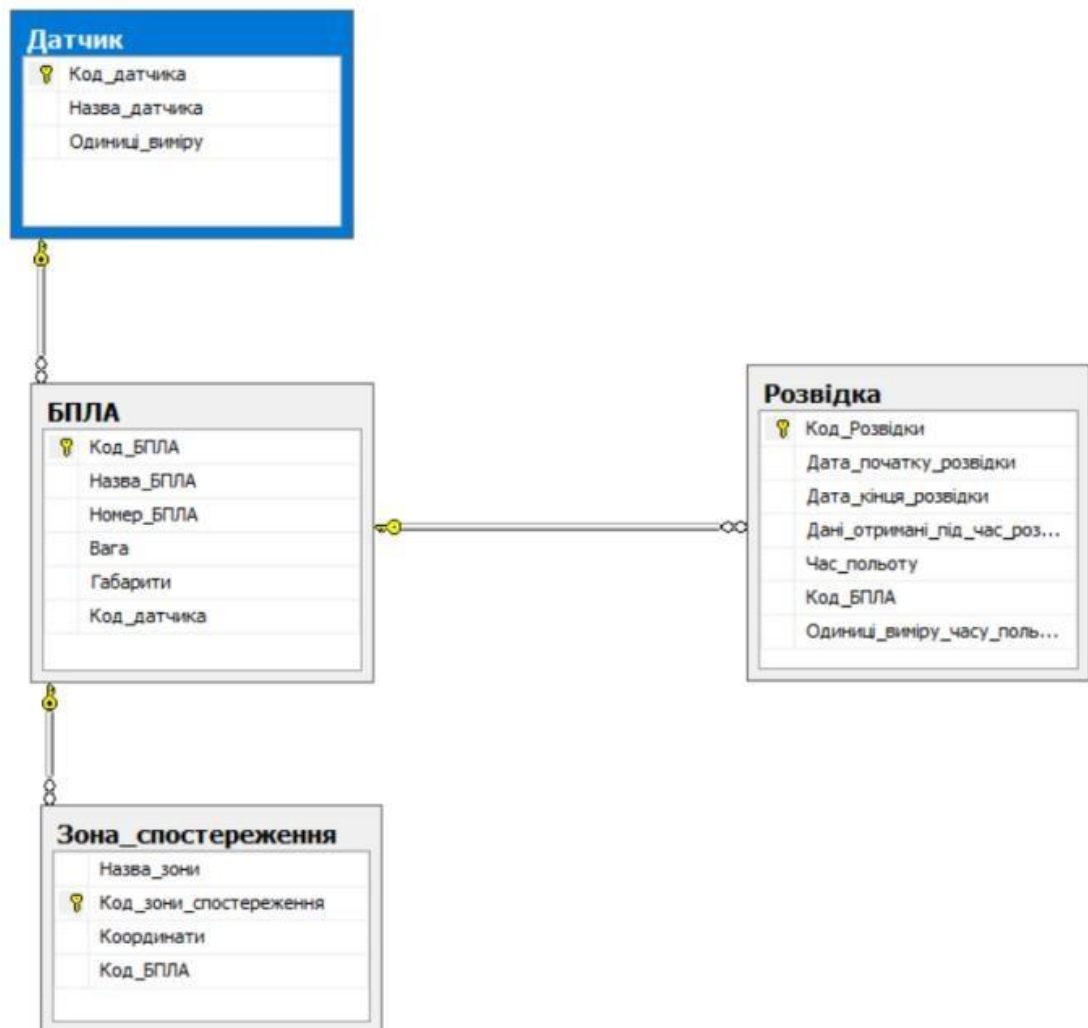


Рисунок 3.2 - Схема бази даних у MS SQL Server 2008

Компонент джерела даних використовується для підключення бази даних до середовища Microsoft Visual Studio 2015. Після вибору додавання нового джерела ми вводимо ім'я сервера та вибираємо нашу базу даних, після чого ми можемо розпочати роботу після перевірки з'єднання.

Щоб працювати з MS SQL Server 2012, нам потрібно створити набір даних із потрібними таблицями, у результаті чого утвориться набір даних, який виглядає так, як показано на рисунку 3.3.

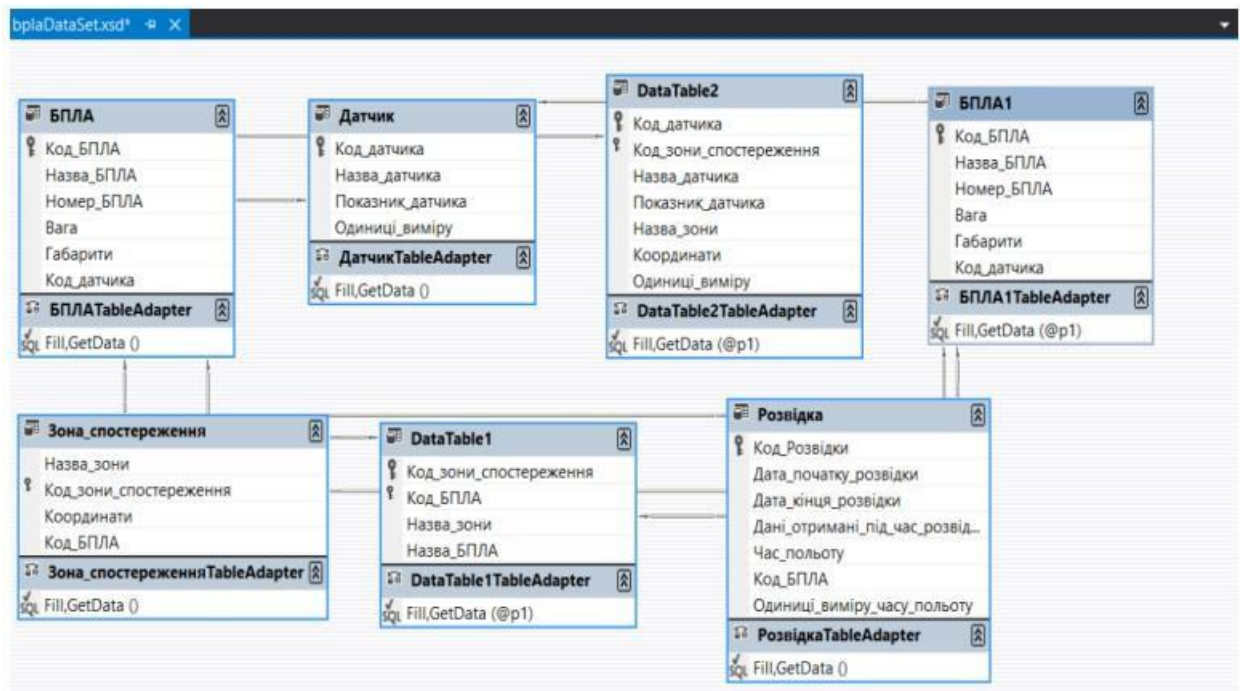


Рисунок 3.3 - Схема my\_dbDataSet у вигляді XSD

### 3.3 Опис функційних, електричних, принципівих схем

Сучасні безпілотні літальні апарати являють собою складні комп'ютеризовані системи з вбудованими системами діагностики та контролю параметрів і здатністю передавати цю інформацію оператору або групі операторів.

На основі цієї інформації оператор (або група операторів або штучний інтелект) вирішує, чи продовжувати використовувати цей пристрій.

Показано, що математичне моделювання процесів у широкому просторі станів і взаємозв'язків БПЛА є перспективним методом аналізу потенційних збоїв у функціонуванні. Пропонується наступна функціональна схема (рис. 3.4).

Тому рекомендується використовувати теорію функціональної стійкості, яка дозволяє не тільки виявити, але й усунути наслідки відмов у певних межах. За таких обставин ризику виникнення нештатних ситуацій значно зростають.



Було створено практичний план, як показано на рис. 3.5, для перевірки гіпотези щодо життєздатності використання композитного матеріалу для розробки та виробництва корпусу безпілотного літального апарату (квадрокоптера).

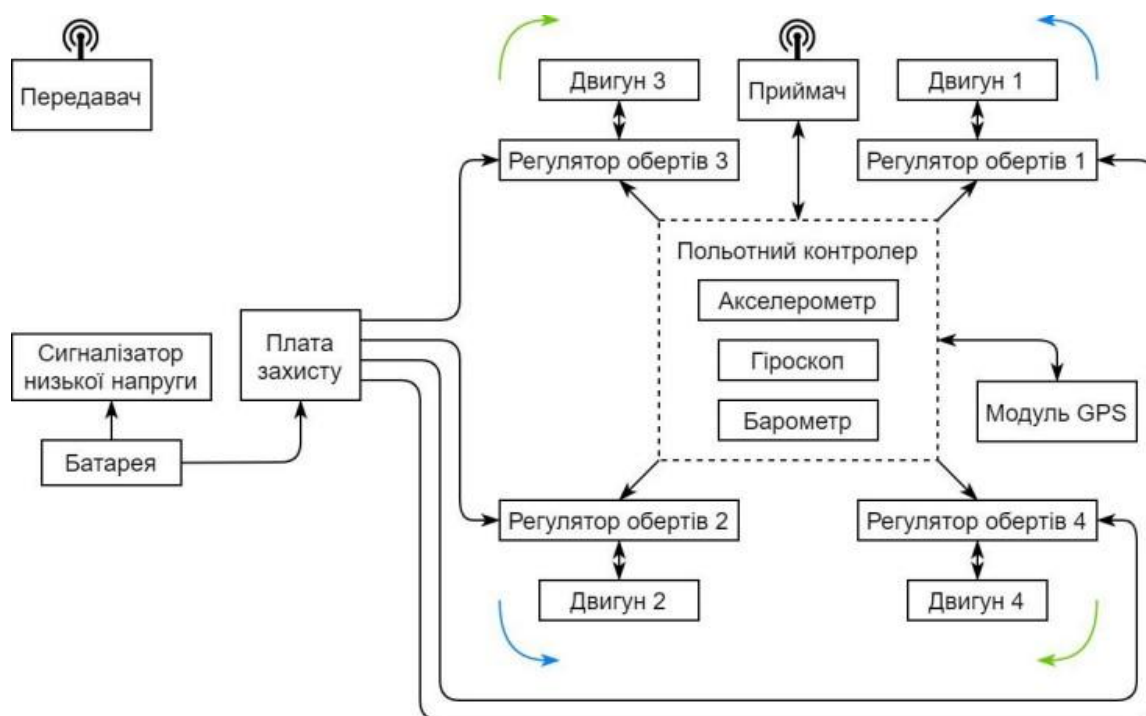


Рисунок 3.5 - Функціональна схема проектованого мультифункціонального безпілотного літального апарату

Багатофункціональна платформа Ardupilot, на основі якої побудований безпілотний комплекс, допускає безліч різних варіантів алгоритму роботи.

У результаті вважається, що реалізувати алгоритм, який би враховував більшість потенційних варіантів поведінки, складно. Проте робочий алгоритм, який пояснює, як працюватиме безпілотний літальний комплекс за однією з потенційних програм, створено. (рис 3.6).

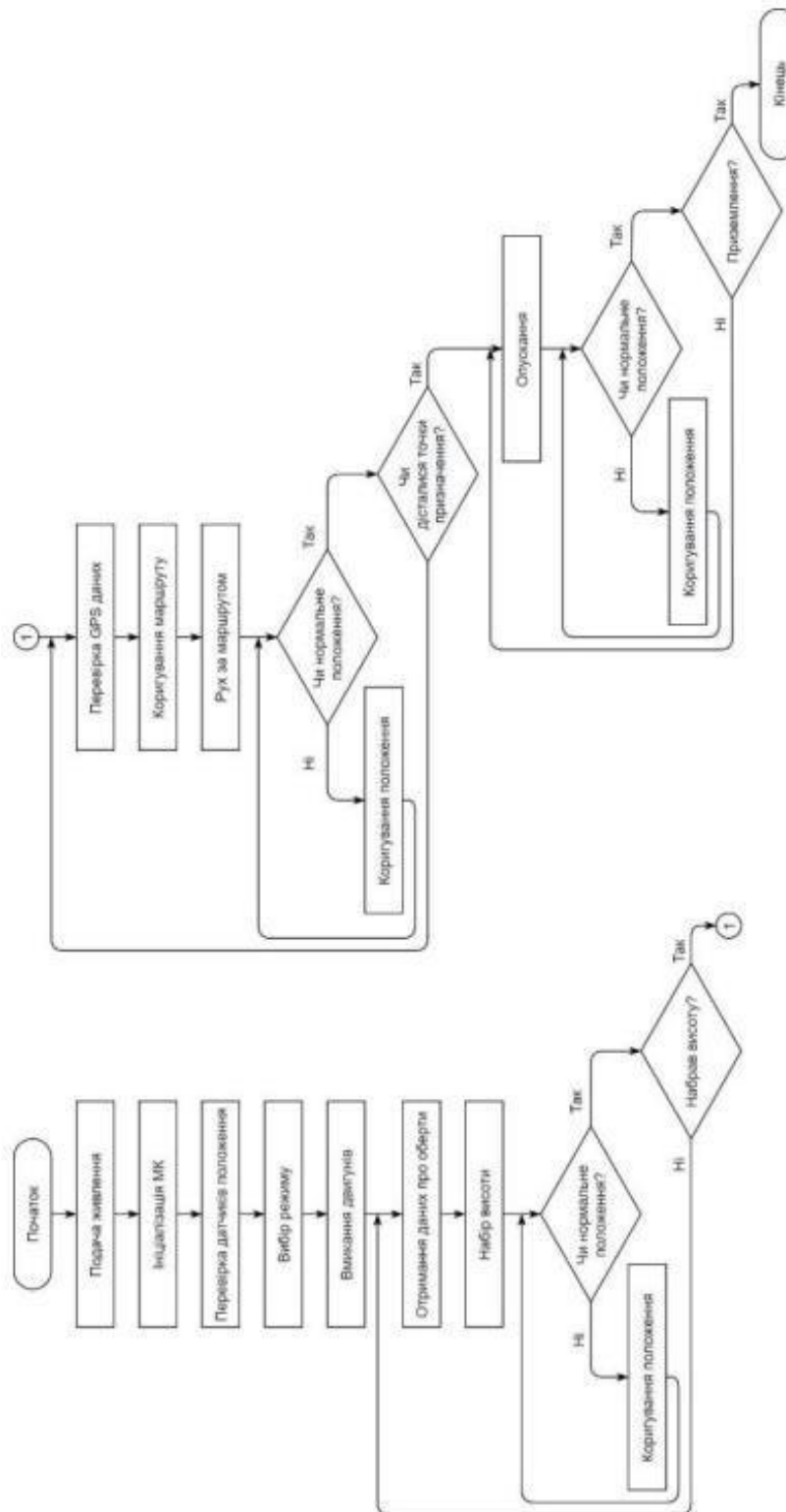
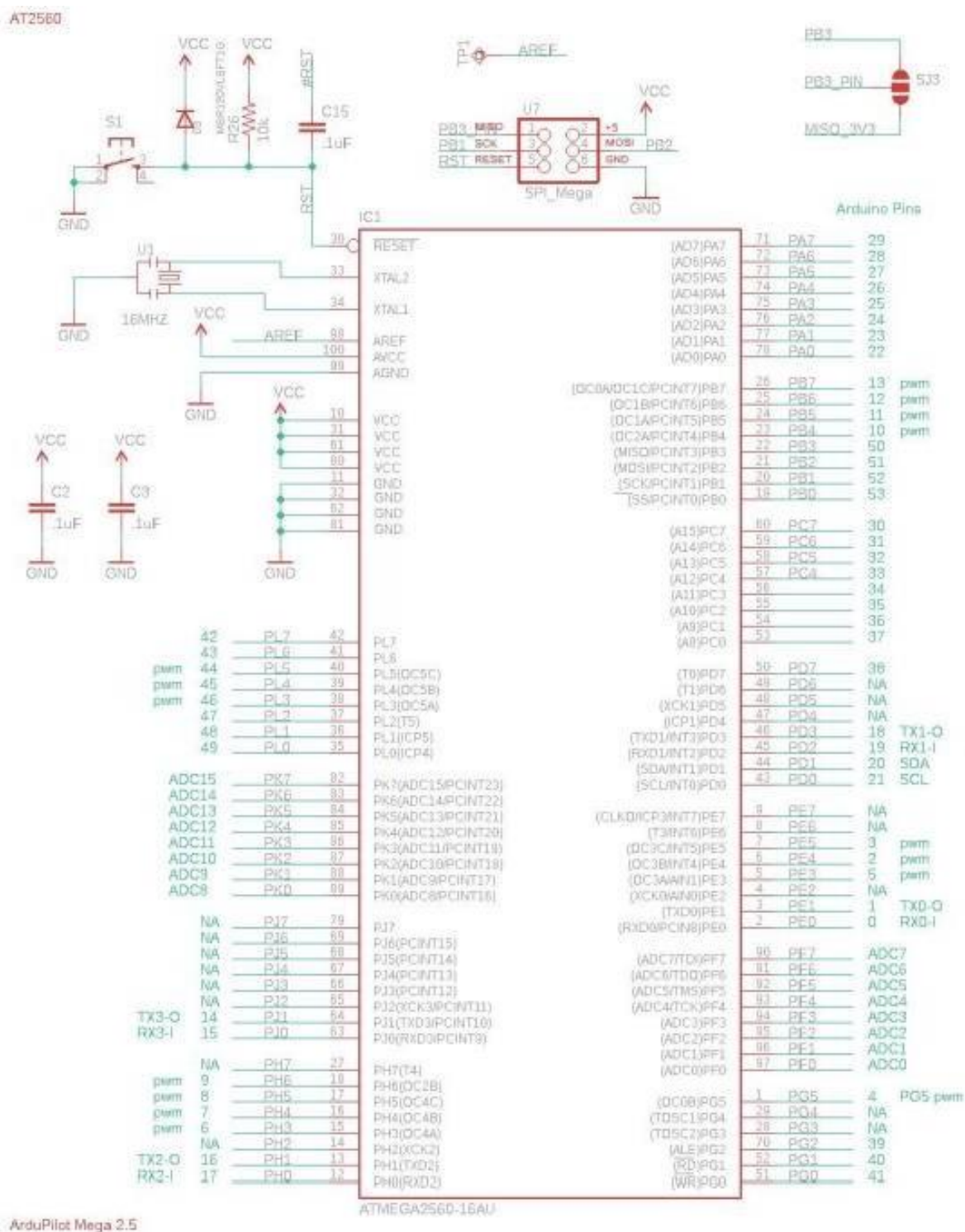


Рисунок 3.6 - Алгоритм роботи безпілотного літального апарату за однією з обраних програм

На основі розробленої функціональної схеми та обраних функціональних блоків пропонуються наступні електричні принципові схеми основних електронних компонентів. (рис 3.7, рис 3.8).



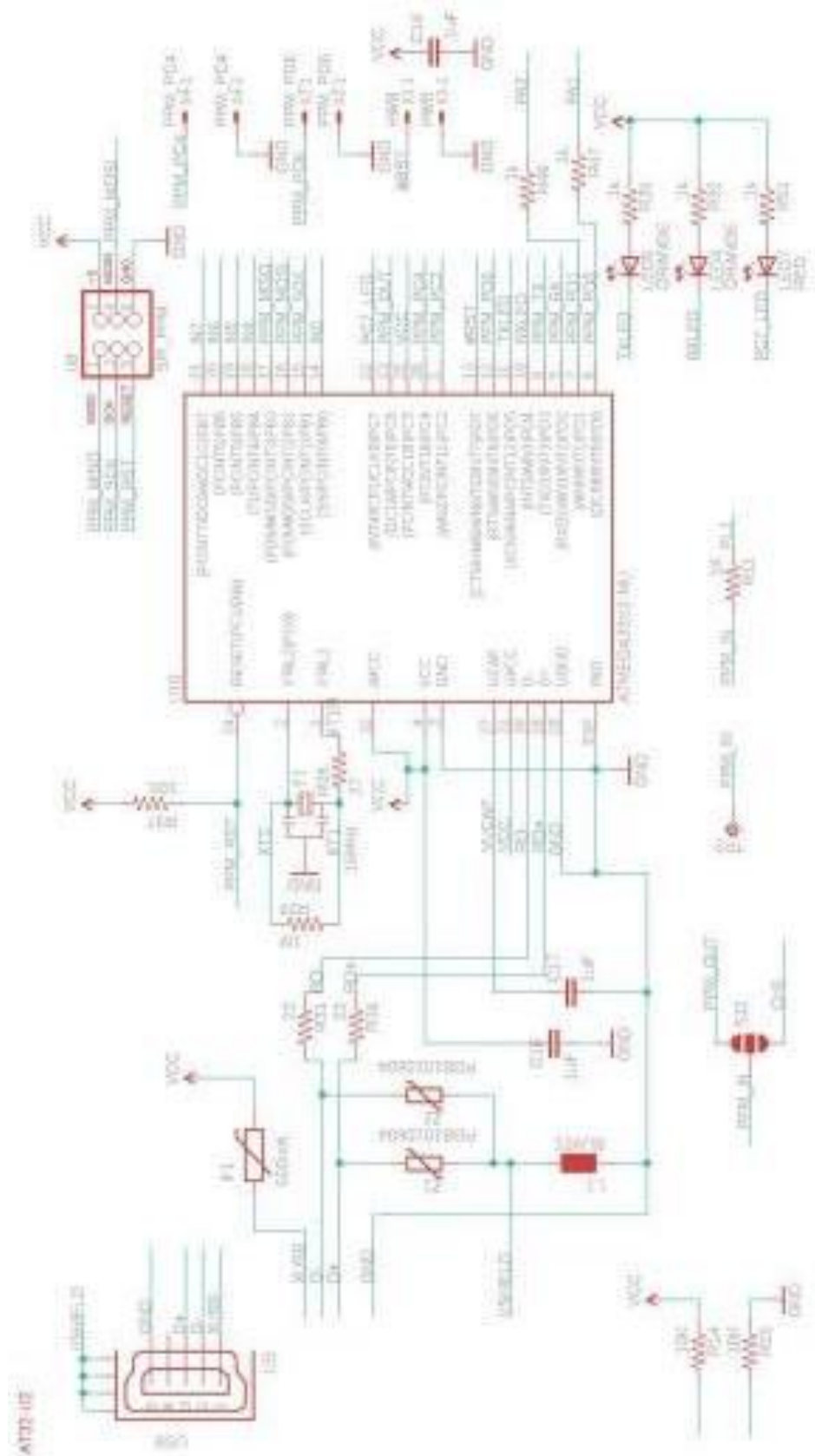


Рисунок 3.8 - Схема електрична принципова мікроконтролера ATmega32

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

### 3.4 Опис реалізації людино-машинного інтерфейсу

Для організації управління проектом за допомогою меню, на головній формі розміщуємо елемент MenuStrip та додаємо необхідні вкладки: (рис. 3.9.).

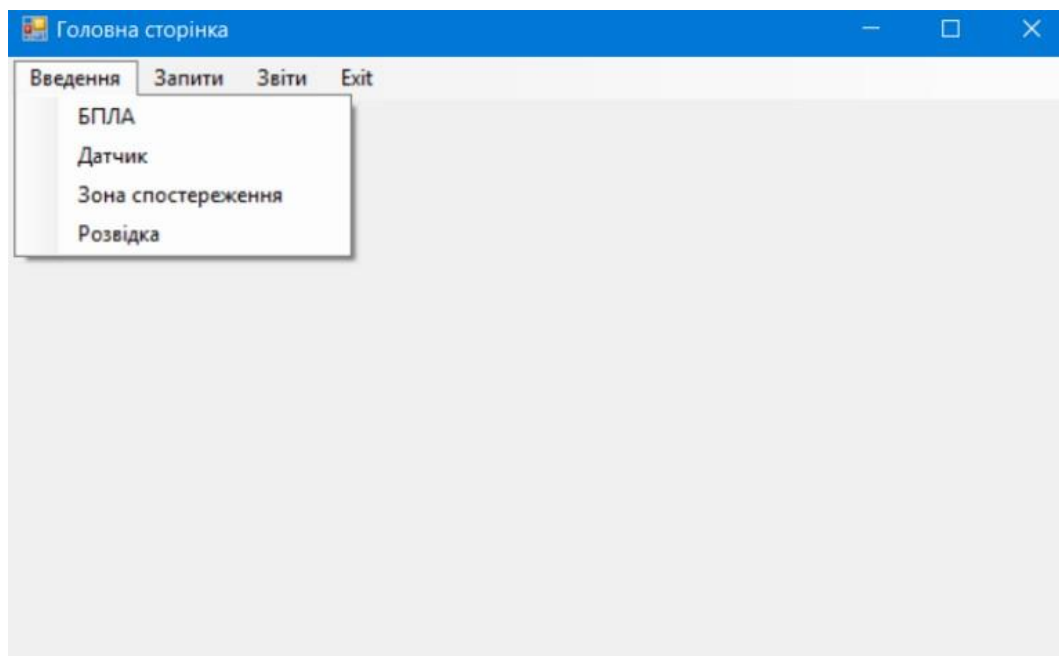


Рисунок 3.9 – Створене меню проекту

Напишіть наступний код, щоб дозволити користувачам перемикатися між формами для кожної вкладки меню:

```
private void БПЛАToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)
{
    Form2 N = new Form2();
    N.ShowDialog();
}
```

Аналогічний код застосовуємо для всіх пунктів меню. Для того, щоб помістити поля на форми введення даних у меню «Дані» застосовуємо команду «Показати джерела даних». Обираємо необхідну таблицю, та спосіб представлення, та перетягуємо її на форму. Для додавання зв'язаних таблиць треба перетягнути відповідну дочірню таблицю в меню «Джерела даних» в списку полів батьківської таблиці. (рис. 3.10.)

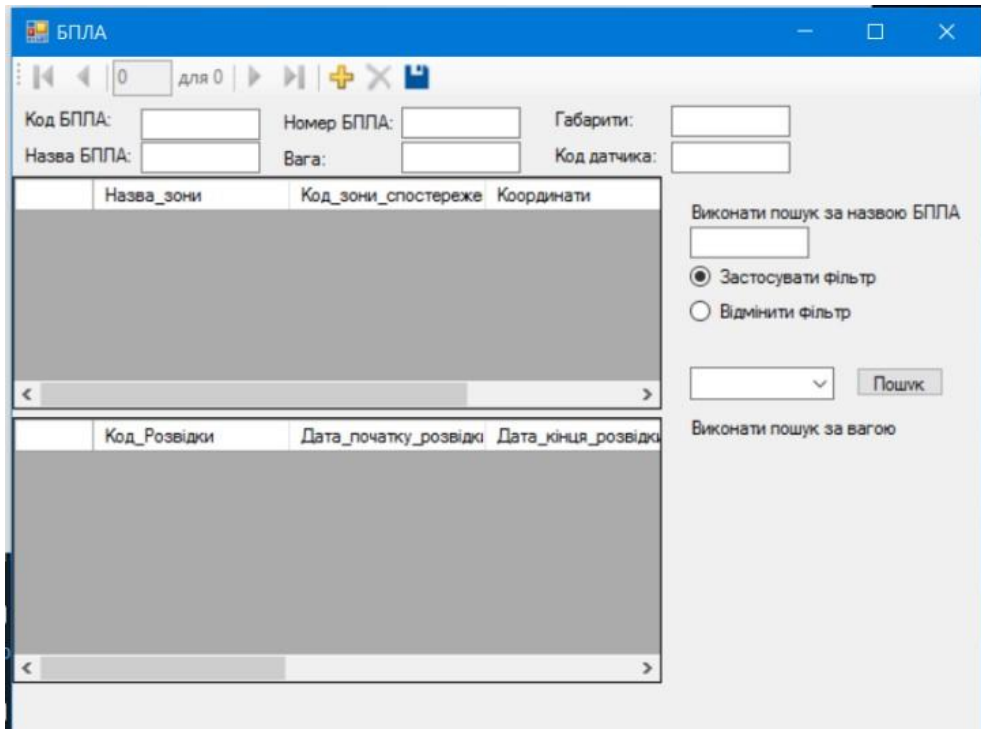


Рисунок 3.10 - Додавання підпорядкованої таблиці «Проект» до батьківської таблиці «БПЛА»

Налаштуємо властивості компонентів ComboBox для зв'язку з відповідними таблицями і формування списків як показано на рисунку 3.11.

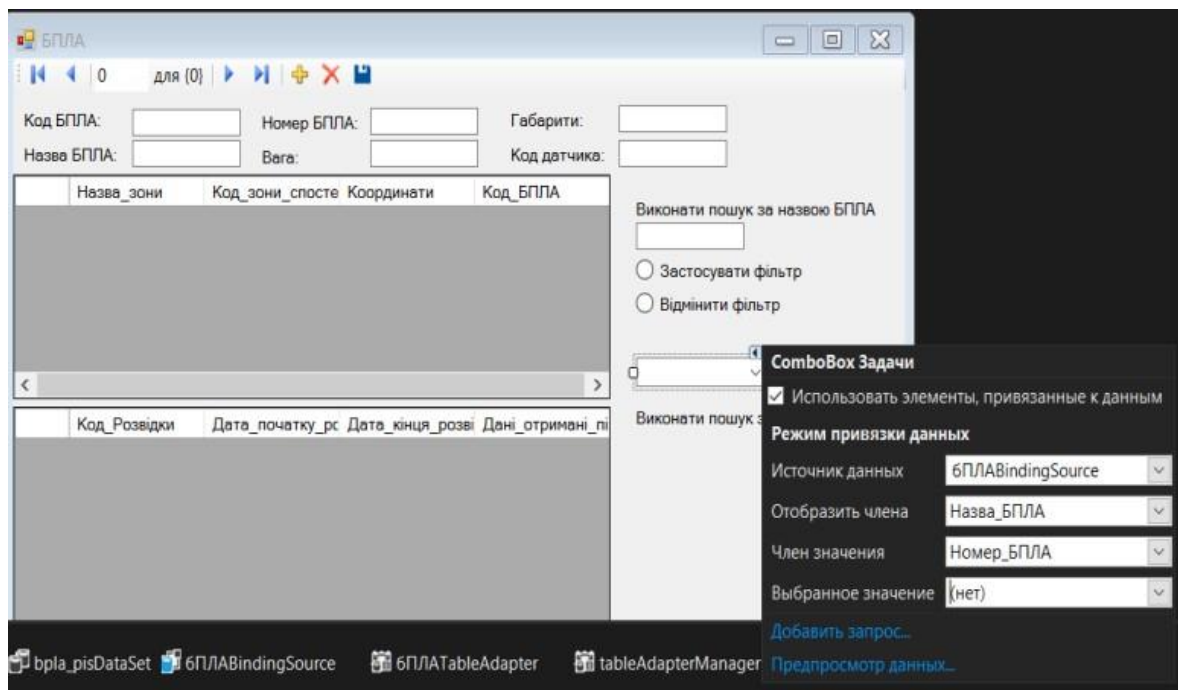


Рисунок 3.11 - Налаштування властивостей поля зі списком

Для зручності пошуку, створимо параметричний запит за допомогою «Постоятель запросов», на вибірку робіт за назвою БПЛА: (рис 3.12.).

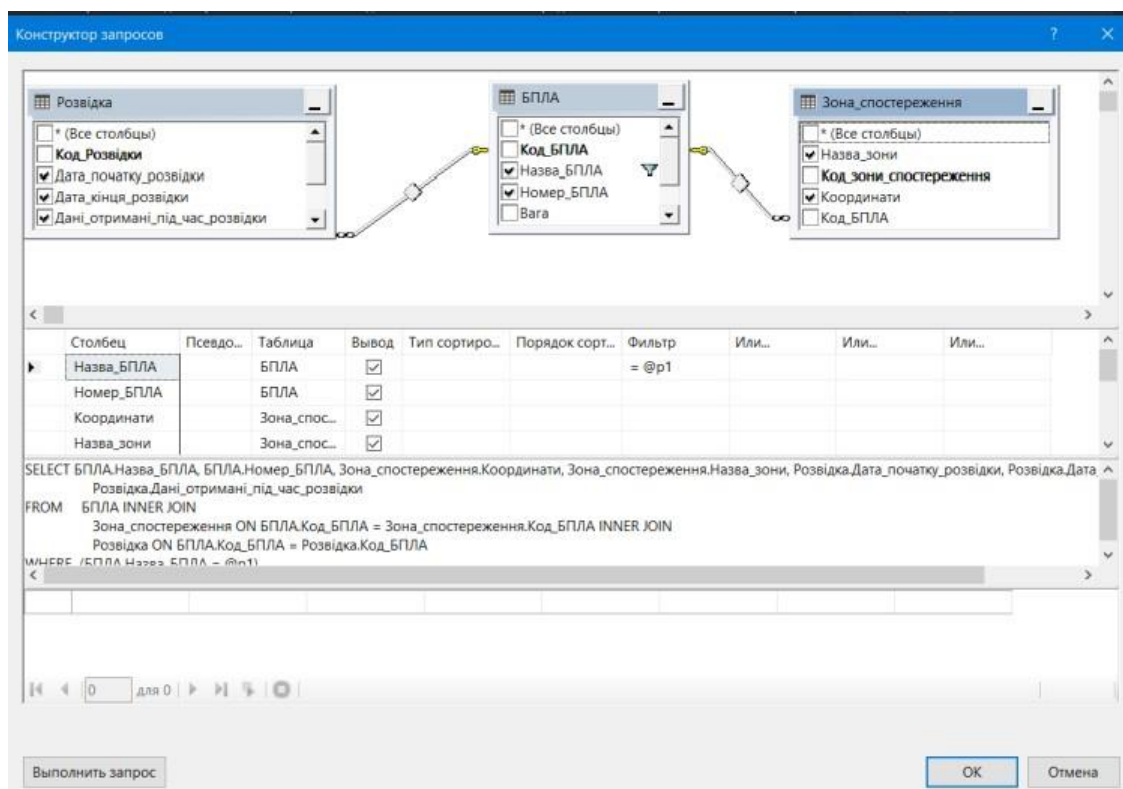


Рисунок 3.12 - Створення параметричного запиту.

В результаті отримуємо TableAdepter такого вигляду: (рис. 3.13).

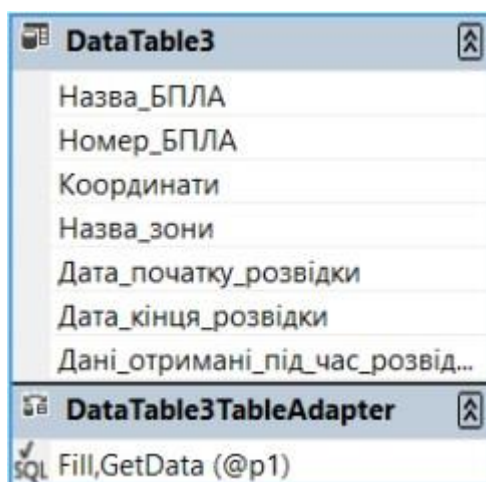


Рисунок 3.13 - TableAdepter параметричного запиту

Для зручності організуємо поле пошуку у вигляді випадаючого списку (ComboBox), та прив'язуємо його до даних: (рис. 3.14.).

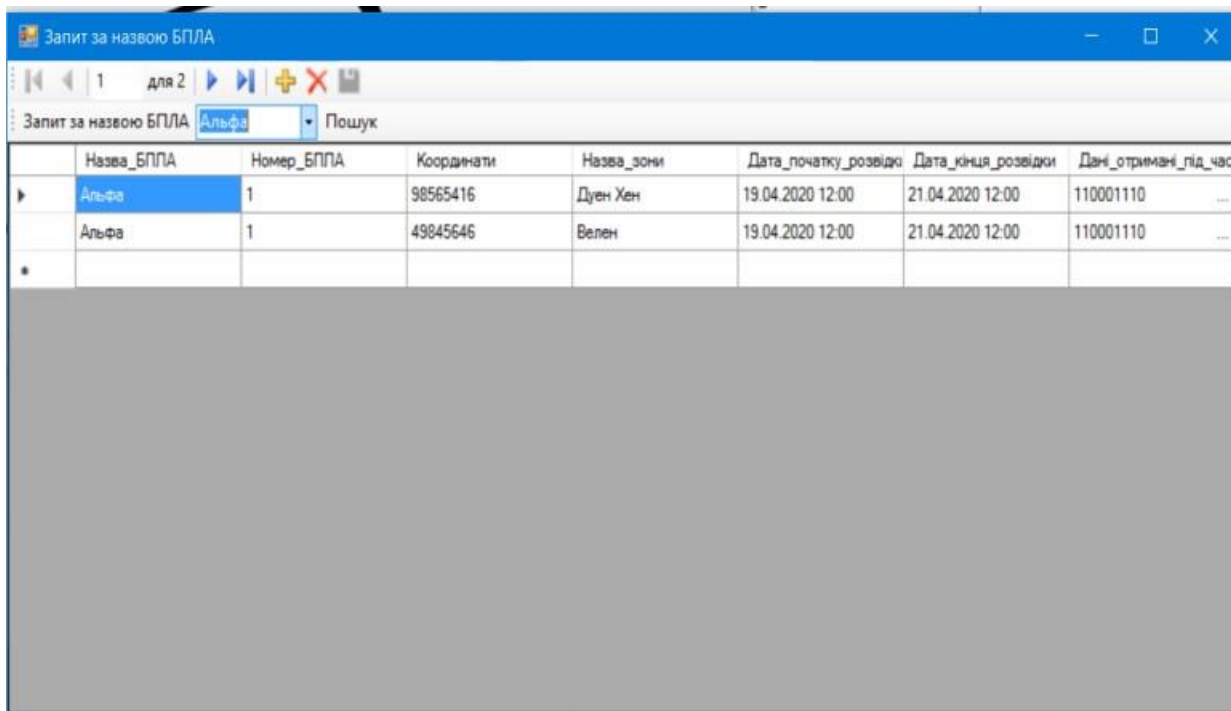


Рисунок 3.14 - ComboBox запити

Ми повинні вибрати потрібне значення в полі Value Member, оскільки функція SelectedValue, яка приймає дані від ValueMember, використовується в процедурі пошуку для отримання даних зі списку (у даному випадку, поле – Назва БПЛА). Код кнопки пошуку має такий вигляд: (рис. 3.15.).

```
private void fillToolStripButton_Click(object sender,
EventArgs e)
{
    try
    {
        this.dataTable3TableAdapter.Fill(this.bpla_pisDataSet.Data
Table3, p1ToolStripComboBox.Text);
    }
    catch (System.Exception ex)
    {
        System.Windows.Forms.MessageBox.Show(ex.Message);
    }
}
```



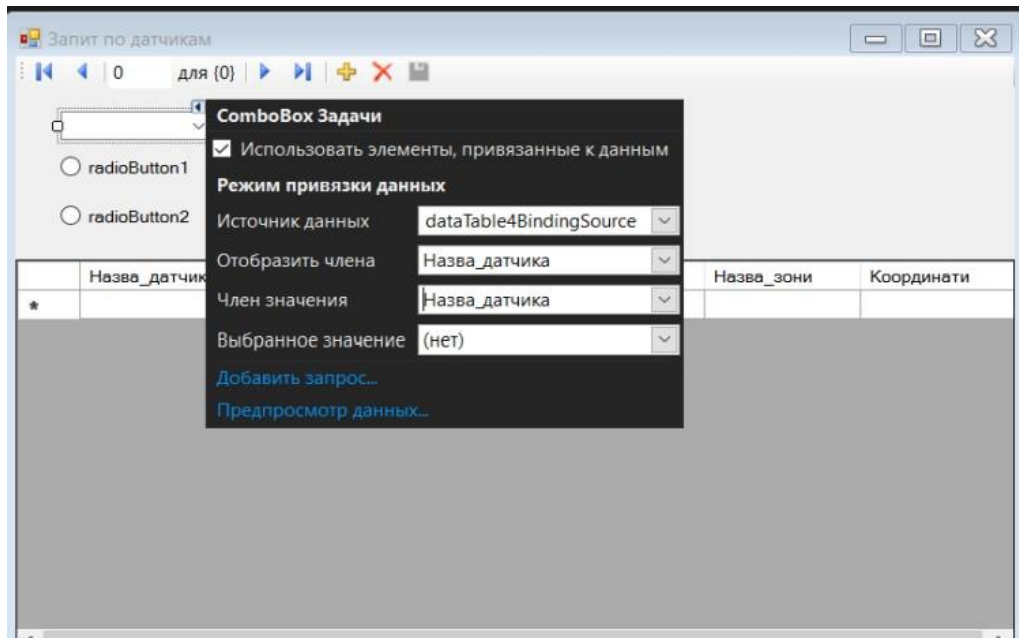


Рисунок 3.17 - Прив'язка до даних элементу ComboBox

Член значення може бути не лише ключовим полем, головне правильно прописати умову в функції фільтр: `this.dataTable4BindingSource.Filter = "(Назва_Датчика='" + comboBox1.Text + "')"` ;

Код RadioButton для ввімкнення та вимкнення режиму фільтрації, має такий вигляд:

```

private void radioButton1_CheckedChanged(object sender, EventArgs e)
{
    this.dataTable4BindingSource.Filter =
    "(Назва_Датчика='" + comboBox1.Text + "')";
}

private void radioButton2_CheckedChanged(object sender, EventArgs e)
{
    this.dataTable4BindingSource.RemoveFilter();
}

```

	Назва_датчика	Одиниці_виміру	Назва_БПЛА	Назва_зони	Координ
▶	Датчик температури ...	С	Фольтест	Врониці	1687889
	Датчик температури ...	С	Чарлі	Лямки	1678656
	Датчик температури ...	С	Гамма	Хаттори	4895466
	Датчик температури ...	С	Ромео	Вівальді	1262333
	Датчик температури ...	С	Би	Джанкарді	4866551
	Датчик температури ...	С	Кольт	Реданія	2657954
*					

Рисунок 3.18 - Приклад виконання запиту на вибірку

### 3.5 Інструкції для користувачів

До початку будь-яких польотів необхідно виконати ряд підготовчих заходів.

Планування поділяється на три основні частини: технічна підготовка, метеопідготовка, картографія, планування польотів

Підготовка до виконання завдання. Завдання поділяються на розвідку, коригування, дорозвідка + коригування, супровід, контрбатарейна/контрнаступальна робота. Переконайтесь, що ви точно зрозуміли поставлене завдання.

У разі наявності незрозумілих аспектів з виконання завдання, задати питання командирю задля отримання додаткової інформації.

Якщо існують явні перешкоди до виконання завдання (погодні умови, дальність польоту, робота РЕБ, інше) сповістіть командира та обґрунтуйте зміни у завданні.

Технічна підготовка. Загальні вимоги до підготовки перед виконанням завдання.

- 1) на дроні DJI обнулити координати підключивши анонімизатор (треба активувувати перед кожним польотом);
- 2) приєднайте анонімизатор до дрону;
- 3) підключити анонімизатор до павербанку. Індикатор повинен блимати зеленим світлом. Бувають випадки що анонімизатор перестає блимати у процесі, перевірте павербанк, він може самостійно відключитися.
- 4) увімкніть дрон у безпечному місці;
- 5) якщо через 3-4 секунди індикатор почав світити постійно, то дрон у анонімному режимі;
- 6) якщо індикатор загас, то активація пройшла невдало. Вимкніть дрон та повторіть усе спочатку до вдалого активування;
- 7) від'єднати пристрій від дрону та павербанку;
- 8) перевірити стан коптера:
- 9) пропелери без тріщин та сколів.
- 10) чиста лінза камери.
- 11) мотори не ушкоджені та правильно закріплені.
- 12) усі батареї без ушкоджень та не здуті.
- 13) переконатись що батареї коптера заряджені ;
- 14) переконатись що батарея пульта заряджена;
- 15) переконатись що батарея пристрою, яким керуємо заряджена;
- 16) перевірити наявність дротів з'єднання пульт-планшет (обов'язково мати запасні);
- 17) перевірити наявність SD карток\*, та відформатувати картки.

Додаткове оснащення (рекомендовано):

- 1) жорсткий кейс для коптера та АКБ;
- 2) булавка для заміни SD картки у планшеті;
- 3) кейс для зберігання SD карт
- 4) подовжений дрот для з'єднання пульт-планшет;
- 5) павербанк не менше 10 000 mAh.

					КВРКІ 190186.19.01.08 ПЗ	Арк. 68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 6) пропелери для дрона
- 7) стіки для пульта
- 8) трійник

Метео підготовка. Важливо! Погодні умови суттєво впливають на льотні характеристики дрону. Під час підготовки по польотів необхідно детально вивчити всі погодні умови в запланованій зоні польотів. До таких умов, що мають вплив на льотні характеристики дрона відносяться:

- 1) вітер;
- 2) опади ;
- 3) температура навколишнього середовища;
- 4) положення сонця (схід/захід).

Вітер. При плануванні льотного маршруту необхідно визначитися з напрямком та швидкістю вітру, його поривами . Крім того, слід розуміти, що швидкість вітру і пориви вітру різні на різних висотах.

Також треба розуміти, що дрон проти вітру рухається повільніше. При плануванні треба враховувати робочу швидкість\* дрона та швидкість вітру.

фактична швидкість дрона = мах робоча швидкість дрона - швидкість вітру ; за умов, коли швидкість вітру більша за робочу швидкість дрона - НЕ рекомендовано здійснювати виліт, а розрахунковий час польоту, що обчислюється дроном, не враховує швидкість вітру.

При плануванні треба враховувати що витрати заряду акумулятора при польоті проти вітру і по вітру може відрізнятись до 5-7 разів.

При боковому вітрі дрон витрачає додаткову енергію акумулятора на стабілізацію, максимальна швидкість зменшується.

Пориви вітру можуть впливати на стабілізацію дрона в повітрі, суттєве зменшення швидкості в т.ч. до повної зупинки дрона (така “зупинка” вирішується шляхом перемикаання дрона в спорт-режим - перемикач на пульті керування в положення “S”).

					КВРКІ 190186.19.01.08 ПЗ	Арк. 69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Не рекомендовано здійснювати польоти при швидкості вітру та поривах вітру вище 30 км.ч.

Опади. Наявність опадів, окрім того, що можуть завдати шкоди електричній системі дрона, також обмежують дальність огляду. Якщо краплі дощу попадають на об'єктив камери, пілот буде позбавлений можливості візуального спостереження.

Не рекомендовано здійснювати польоти під час дощу та в сильний туман.

Температура навколишнього середовища. Низькі температури навколишнього середовища призводять до прискореної розрядки\* акумуляторів та зменшення польотного часу.

в разі виконання польотів за умов низьких температурних режимів, рекомендовано розміщувати акб таким чином, щоб вони зберігали температуру близьку до температурі тіла.

НЕ рекомендовано здійснювати польоти при температурах нижче ніж рекомендовані заводом виробником для окремо взятого дрона.

Сонце. З метою мінімізації світлотіньових текстур місцевості, будівель тощо, рекомендовано виконувати польоти в часовий проміжок від 11:00 до 14:00.

Враховуючи сторони світла (схід-захід) можна вирахувати положення сонця в ранковий/вечірний час відносно позицій та положення дрона. Вранці, на сході, сонце може потрапляти в об'єктив камери. Для оцінки більшості вагомих погодних умов, рекомендовано використання додатку – UAV Forecast або аналогів. Посилання на завантаження: Android, iOS .

Картографія, планування польотів.

Запланувати не менше 2-х безпечних місць для зльоту.

Не запускати дрон з відкритого місця, подбати про свою безпеку, непомітність і можливість виконати роботу ефективно.

Не злітати з височини, якщо в цьому немає крайньої необхідності.

Не злітати з місця спостереження. Зліт виконувати на відстані більше ніж 200 метрів від місця знаходження пілота.

					КВРКІ 190186.19.01.08 ПЗ	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При виборі місця пілота, на місцевості переконайтесь у наявності невеликого природного поглиблення, або необхідно викопати хоча б невеликий окоп (для екстреного укриття у разі обстрілу).

Бажано не розміщувати місце зльоту поблизу своїх позицій: СП, “очей” та ін.

Запланувати не менше 2-х доріг до місць вильотів, так як дороги можуть бути пошкоджені чи перекопані.

- При плануванні маршрутів обов’язково погодити маршрути з штабом на предмет наявності мінних загороджень.

- При плануванні маршруту погодити із суміжними підрозділами своє переміщення та виконання планових польотів.

Запланувати місце стоянки авто, воно повинно повністю приховувати ваш транспорт як від наземних спостерігачів так від огляду з ворожого БПЛА. За необхідності використовувати маскувальну сітку. Місце стоянки автотранспорту має знаходитись не менше ніж за 500 м. до місця зльоту.

Розрахувати та записати час виходу на позицію, та враховувати при плануванні виконання завдання в цілому.

Перевірити перепади висот та схили, переконайтесь що маршрут прохідний для транспорту та пішою ходою.

Візуальна прив’язка до місцевості.

На етапі підготовки, при вивченні карти місцевості (за допомогою картографічних сервісів) обрати мінімум 2-3 об’єкти для подальшого орієнтування по зображенню з камери дрону, під час польоту.

Також вивчення картографії може знадобитися для орієнтування суто по відео при втраті GPS сигналу, внаслідок роботи РЕБ (система радіоелектронної боротьби або простими словами техніка, яка глушить зв’язок із дроном).

Принцип вибору об’єктів: високі або кольорові об’єкти, що виділяються із загального масиву будівель, у разі роботи в полях та відсутності забудови такими об’єктами можуть бути лінії електропередач, дороги, специфічні малюнки зелених насаджень (посадок), річки, озера.

					КВРКІ 190186.19.01.08 ПЗ	Арк. 71
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після вибору об'єктів заздалегідь уявити, з якого боку вони повинні бути відносно дрону як при польоті у бік об'єкта, так і при поверненні на точку зльоту.

Розрахувати час польоту, час спостереження та час повернення відповідно до відстаней та технічних параметрів дрону. Для розрахунку часу польоту та коректного планування виконання завдання нанести на мапу заплановані маршрути польоту виходячи з вильотів з різних точок.

У разі неможливого нанесення маршруту на карту, скористатися вбудованим інструментом “лінійка” для розрахунку відстані від точки зльоту до об'єкта спостереження, враховуючи можливі відхилення: підліт, круговий огляд, декілька ділянок (посадка з обох боків, або дві вулиці) та ін.

- Не повертатись від цілі по прямій до місця зльоту. Повернення робити за тією самою траєкторією, якою дрон летів в зону розвідки. Заходити на посадку необхідно з боку або, за можливості, садити коптер не в місці зльоту (рекомендована відстань між місцем зльоту та посадки не менше 200м).

- При підлеті до точки посадки, заздалегідь (500 метрів) знизитись до висоти 20 - 30 метрів. Це сховає ваш дрон від пілнгіючих станцій.

- В разі нестачі часу, або неможливості посадити дрон в іншому місці, необхідно максимально зменшити висоту, та “підтягнути” дрон над землею до своєї позиції на мінімальній висоті.

Спланувати шляхи відходу (пішого або на транспорті) до виїзду на місцевість (GoogleEarth дозволяє оцінювати висоту та профіль рельєфу, що дозволить правильно вибрати місце зльоту та шляхи відходу). Маршрутів відходу також повинно буде не менше двох.

При виборі місця зльоту та плануванні обльоту або точки спостереження врахувати положення сонця - спостереження проти сонця суттєво знижує якість матеріалу та ускладнює аналіз інформації під час польоту. Також врахувати напрямок вітру. Краще починати політ проти вітру, а повертатися за вітром.

Роздрукувати мапу та взяти з собою на виліт або зберегти на планшет скрін для доступу до неї без інтернету (на мапі можна робити позначки у вигляді

					КВРКІ 190186.19.01.08 ПЗ	Арк. 72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відстаней між об'єктами, напрямків на північ, маршрутів, небезпечних ділянок, тощо).

### 3.6. Висновки

На даному етапі роботи було виконано ряд завдань, а саме:

- 1) описано модулі програмного забезпечення програмно-технічного засобу;
- 2) описано процес створення баз даних;
- 3) описано функційні, електричні та принципові схеми;
- 4) описано реалізацію людино-машинного інтерфейсу.

Програмне забезпечення є ефективним інструментом управління безпілотником, формування польотного завдання та його коригування під час польоту з можливістю спостереження за станом БПЛА, а також отримання даних від апаратури цільового навантаження та управління ним.

Сучасні безпілотні літальні апарати являють собою складні комп'ютеризовані системи з вбудованими системами діагностики та контролю параметрів і здатністю передавати цю інформацію оператору або групі операторів. Оператор (або група операторів або штучний інтелект) вирішує, чи можна використовувати цей пристрій далі на основі наданої інформації.

Показано, що математичне моделювання процесів у загальному просторі станів та взаємозв'язків БПЛА є перспективним методом аналізу потенційних збоїв у функціонуванні.

На заключення вказано інструкцію для користувачів, коротко опишемо план дій:

Підготувати карту місцевості: завантажений кеш на планшет або смартфон (якщо не має мобільного зв'язку), зробити скріншоти, надрукувати паперову карту.

Зробіть попереднє планування: погода, мапа, технічна підготовка

Запланувати кілька точок для зльоту.

					КВРКІ 190186.19.01.08 ПЗ	Арк.
						73
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Запланувати кілька доріг до місць зльоту (деякі можуть бути перекопані, перекриті).

Виїзд на точку.

Сховайте авто (щоб не було видно з боку дороги), бажано накрити сіткою.

Вихід на місце зльоту (базування), підготовка місця зльоту та місця польоту.

Розміщення дрона на місці зльоту.

Запуск дрона. Набор висоти та переміщення в зону розвідки.

Не можна, щоб дрон зависав у повітрі (тоді його добре видно), дрон завжди повинен бути в русі (залежить від відстані до цілі, над противником не висимо).

Виявлення цілей, фіксація цілей с декількох кутів та зуму камери, для подальшого дешифрування даних та визначення координат.

Визначте 2-3 об'єкти, за якими орієнтуватимемося по відстані від них до цілі.

Повернення на базу.

					КВРКІ 190186.19.01.08 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

## ВИСНОВКИ

У роботі подано кіберфізичну систему адаптивного застосування моніторингових елементів розвідувального БПЛА.

У першому розділі проведено аналіз структурних і функціональних особливостей кіберфізичної системи адаптивного застосування моніторингових елементів розвідувального БПЛА, здійснено аналіз програмно-апаратного забезпечення обробки інформації в кіберфізичній системі адаптивного застосування моніторингових елементів розвідувального БПЛА, здійснено постановку задачі оцінки механізмів обробки інформації у програмно-технічному засобі. Крім цього, проведено аналіз існуючих видів БПЛА, описано їхні особливості та наведено класифікацію видів БПЛА.

У другому розділі проведено аналіз визначено апаратні та програмні підсистеми програмно-технічного засобу; способи взаємодії між підсистемами та описано функціональне призначення основних модулів та інформаційних ресурсів програмно-технічного засобу.

У третьому розділі було виконано ряд завдань, а саме: описано модулі програмного забезпечення програмно-технічного засобу; описано процес створення баз даних; описано функційні, електричні та принципові схеми; описано реалізацію людино-машинного інтерфейсу.

					КВРКІ 190186.19.01.08 ПЗ	Арк.
						75
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Sanfelice R. G. Analysis and Design of Cyber-Physical Systems. A Hybrid Control Systems Approach. *Cyber-Physical Systems: From Theory to Practice*. 2016. ISBN 978-1-4822-6333-6.]
2. Zinchenko, O.N. Unmanned Aerial Vehicle: Application for Erophotography for Cartography URL: <http://www.racurs.ru/?page=681> (дата звернення: 15.04.2023).
3. Ioannis Mademlis, Arturo Torres-González, Jesús Capitán, Rita Cunha, Bruno Guerreiro, Alberto Messina, Fulvio Negro, Cedric Le Barz, Tiago Gonçalves, Anastasios Tefas, Nikos Nikolaidis, Ioannis Pitas: A Multiple-UAV Software Architecture for Autonomous Media Production. 2019. URL: <https://novaresearch.unl.pt/en/publications/a-multiple-uav-software-architecturefor-autonomous-media-product>. (дата звернення: 15.04.2023).
4. Підготовка операторів БПЛА.-« спеціалізований апаратно-програмний комплекс на базі БПЛА для моніторингу районів надзвичайних ситуацій» - 2018-2019. URL: <https://nuczu.edu.ua/images/topmenu/science/student-work/CZ/BPLA.pdf> (дата звернення: 15.04.2023).
5. Dementiev D.O. Combat aircraft complexes as part of a single information-reconnaissance and navigational shock system . *Sb. sciences Ave Military Institute of Kyiv National University. Taras Shevchenko*. К .: VIKNU, 2015. №27. Р. 74-77.
6. Шевченко А.К. Порівняльний аналіз мікрокомп'ютерів для обробки даних . *Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем: тези доповідей XIV міжнародної науковопрактичної конференції*, м. Дніпропетровськ (Дніпро), 16–18 листопада 2016 р., Дніпропетровський національний університет ім. Олеся Гончара. – Дніпропетровськ (Дніпро): ДНУ ім. Олеся Гончара, 2016. С. 251-252.
7. Чирков А.В. Методика реалізацій програмних рішень для обробки даних на борту безпілотного літального апарату . *Математичне та програмне*

					КВРКІ 190186.19.01.08 ПЗ	Арк. 76
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

забезпечення інтелектуальних систем: тези доповідей XIII міжнародної науково-практичної конференції, м. Дніпропетровськ, 18–20 листопада 2015 р., Дніпропетровський національний університет ім. Олеся Гончара. Дніпропетровськ: ДНУ ім. Олеся Гончара, 2015. С. 245-246.

8. What are the advantages of Python over C++? . URL: <https://www.quora.com/What-are-the-advantages-of-Pythonover-C++>.
9. Чирков А.В. Пошук підозрілих об'єктів на відео з камери безпілотного літального апарата на основі аналізу гістограм . *Проблеми створення, випробування, застосування та експлуатації складних інформаційних систем: збірник наукових праць*. 2016. № 13. С. 126-135.
10. Prystavka Philip The Mathematical Foundations of Foreign Object Recognition in the Video from Unmanned Aircraft . *Proceedings of the National Aviation University*. 2015. № 3(64). Pp. 133-139.
11. Нічіков Є.П. Інформаційна технологія визначення області бачення камери цільового призначення безпілотного повітряного судна. *Проблеми інформатизації та управління: збірник наукових праць*. 2015. № 4 (52). С. 106-112.
12. П.О. Приставка, В.І. Сорокопуд, А.В. Чирков. Експериментальний зразок автоматизованої системи пошуку підозрілих об'єктів на відео з безпілотного повітряного судна . *Системи озброєння і військова техніка* . 2017. № 2(50). URL : [https://er.nau.edu.ua/bitstream/NAU/36789/1/soivt\\_2017\\_2\\_8.pdf](https://er.nau.edu.ua/bitstream/NAU/36789/1/soivt_2017_2_8.pdf) (дата звернення: 15.04.2023).
13. Buryi P. Automatic Definition the Field of View of Camera of Unmanned Aerial Vehicle / P. Buryi, P. Pristavka, V. Sushko . *Наукоємні технології*. 2016. № 2(30). Pp. 151-155.
14. А.О. Клименко. Розроблення інформаційної системи для моніторингу в зоні розташування об'єктів підвищеної небезпеки із застосуванням БПЛА / Кваліфікаційна робота 2020. С. 35. URL :

					КВРКІ 190186.19.01.08 ПЗ	Арк. 77
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

[https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/33561/1/122\\_Klymenko%20Andrii%20Oleksandrovych.pdf](https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/33561/1/122_Klymenko%20Andrii%20Oleksandrovych.pdf) (дата звернення: 15.04.2023).

15. Машков О.А., Барабаш О.В. Оцінка функціональної стійкості розподілених інформаційно-керуючих систем / Фізико-математичне моделювання та інформаційні технології, НАН України, Вип. 1, 2005, С. 159-165.
16. Азарсков В.Н., Косенко В.Р., Харчевка Е.А. Особенности построения моделей функционально устойчивых систем управления подвижных объектов. *Електроніка та системи управління*. 2010. №2(24). С. 52- 59.
17. Чумакевич В. О., Місін А. Є., Застосування теорії функціональної стійкості до керування рухом безпілотних літальних апаратів. URL : <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/01/17.pdf> (дата звернення: 15.04.2023).
18. Гекова Т.В. Автореферат. Розробка мультифункціонального безпілотного літального апарату на базі композитних матеріалів. URL : [https://krs.chmnu.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/1484/1/2020\\_471\\_Гекова\\_Автореферат.pdf](https://krs.chmnu.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/1484/1/2020_471_Гекова_Автореферат.pdf) (дата звернення: 15.04.2023).
19. Бабак С. В. Структура систем управління польотом і багатофункціональним контрольно-вимірювальним обладнанням безпілотних літальних апаратів. *Вісник НУК імені адмірала Макарова : зб. наук. пр. Миколаїв : НУК імені адмірала Макарова*. 2014. № 3. С. 194–200.
20. *Авіоніка безпілотних літальних апаратів : монографія* / В. П. Харченко та ін.; за ред. В. П. Харченка. Київ: Абрис-принт. 2012. 464 с.
21. Функціональна стратифікація структур систем керування безпілотних авіаційних комплексів / С. Нестеренко та ін. *Технічні науки та технології*. 2016. № 2 (4). С. 123–130.
22. Спеціалізований апаратно-програмний комплекс на базі бпла для моніторингу районів надзвичайних ситуацій / *Цивільний захист*. 2018-

					КВРКІ 190186.19.01.08 ПЗ	Арк. 78
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2019. URL : <https://nuczu.edu.ua/images/topmenu/science/student-work/CZ/BPLA.pdf> (дата звернення: 15.04.2023).

23. Алімпієв А.М. Застосування досвіду АТО для підготовки фахівців зв'язку РТЗ та ІС [Текст]: навч. посіб./ А.М. Алімпієв, І. Кушнір, К.С. Васюта [та ін.]; М-во оборони України, Харків. ун-т Повітряних Сил ім. І. Кожедуба. – Х.: УПС, 2016. – 326 с. ил., табл. – Бібліогр.: С. 322-324.
24. Сінгхал Г. Класифікація безпілотних літальних апаратів, їх застосування та складності використання. *Препринтс*, 2018. 19 с.
25. Чердніченко Д.А. «Цифрова система стабілізації руху мінідрону»: дипломний проект на здобуття освітнього ступеню «Бакалавр» зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», 2019.
26. Канченко В. Я., Карнаушенко Р. В., Ключников О. О., Мариношенко О. П., Чепур М. Л. «Безпілотні літальні апарати радіаційної розвідки і сільськогосподарського призначення», 2015. URL : <https://www.ispnpp.kiev.ua/wp-content/uploads/2017/mono/khan-2015.pdf> (дата звернення: 15.04.2023).
27. Агейко А. Ю. Підготовка зовнішніх пілотів безпілотних авіаційних комплексів у сучасних умовах . *Перспективи розвитку озброєння та військової техніки Сухопутних військ* : зб. тез доп. Міжнар. наук.-техн. конф., Львів, 17-18 трав. 2018 р. / Міноборони, Нац. акад. сухопутних військ ім. гетьмана Петра Сагайдачного. Л. : НАСВ, 2018.
28. Алгоритм сжатия сигналов речевых команд управления функциями беспилотного летательного аппарата / А. Ю. Лавриненко, Г. Ф. Конахович, Р. С. Одарченко, Д. И. Бахтияров . *Авиационно-космическая техника и технология*. 2016. № 3. С. 57-67.
29. Алексеев В. М. Парашютні системи для безпілотних літальних апаратів / В. М. Алексеев, О. В. Корольова . *Військово-технічний збірник* . Львів, 2015. № 12. С. 3-5.

					КВРКІ 190186.19.01.08 ПЗ	Арк. 79
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 30.Р. Э. Пащенко, А. С. Фатеев, Д. О. Цюпак, А. А. Романцов Анализ величин фрактальных размерностей фазовых портретов для распознавания БПЛА мультироторного типа . *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2016. № 1. С. 83-87.
- 31.Кожушко Я. М., Гричанюк О. М., Саморок М. Г., Балабуха О. С. Аналіз можливого бортового оснащення радіотехнічними та телевізійними системами безпілотного літального апарата . *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил / Міноборони України* - Х., 2018. Вип. 4 (58). С. 37-42. с. 40-41
- 32.Андреев О. В. Дослідження можливості руйнування корисної інформації, що передається з борту безпілотних літальних апаратів, шляхом радіоподавлення . *Проблеми створення, випробування, застосування та експлуатації складних інформаційних систем* : зб. наук. пр. / Міністерство оборони України, Житомирський військовий інститут імені С. П. Корольова . – Житомир, 2015 - Вип. 12. – С.140-146.
- 33.Андрушко М. В. Дослідження шляхів створення системи об'єктивного контролю сучасних БпАК та уніфікації наземних систем обробки інформації . *Системи озброєння і військова техніка*. 2018. № 2. С. 67-76. с. 75-76.
- 34.Анипко О. Б. Применение беспилотных летательных аппаратов в боевой информационно-управляющей системе бронетанковой техники . *ІТЕ : Інтегровані технології та енергозбереження*. 2015. № 4. С.82-87
- 35.Бабак С. В. Мониторинг окружающей среды с использованием систем видеонаблюдения и измерения мощности экспозиционной дозы на базе беспилотного авиационного комплекса . *Системи обробки інформації* : [зб. наук. пр.] / Міноборони, Харківський ун-т Повітряних Сил імені Івана Кожедуба. Х., 2015. Вип. 7 (132). С. 190-194.
- 36.Балицький І. Забезпечення безпеки польоту безпілотних літальних апаратів при вирішенні завдань охорони кордону . *Збірник наукових праць*

					КВРКІ 190186.19.01.08 ПЗ	Арк. 80
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Національної академії Державної прикордонної служби України - Хмельницький : Вид-во НАДПСУ, 2018. № 2 (76). С. 185-196.

37. Агафонов Ю. М., Греков В. Ф., Грічанюк О. М., Ткаченко Ю. А. Безпілотна ударна система подолання ешелонованої протиповітряної оборони противника . *Перспективи розвитку озброєння та військової техніки Сухопутних військ* : зб. тез доп. Міжнар. наук.-техн. конф., Львів, 17-18 трав. 2018 р. / Міноборони, Нац. акад. сухопутних військ ім. гетьмана Петра Сагайдачного. Л. : НАСВ, 2018. С. 83.
38. Безпілотники для армії. Оборонний вісник. 2019. № 1. С. 3.
39. Бойко Г. О. Деякі дані сучасного стану й тенденцій розвитку безпілотних літальних апаратів . *ОВТ : Озброєння та військова техніка*. 2015. № 1. С. 21-25.
40. Бондарєв Д. І. Моделі групових польотів безпілотних літальних апаратів з використанням теорії графів . *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2015. № 3. С. 68-74.
41. Бугайов М. В. Аналіз методів компенсації шуму безпілотного літального апарата при веденні пасивної акустичної розвідки . *Перспективи розвитку озброєння та військової техніки Сухопутних військ* : зб. тез доп. Міжнар. наук.-техн. конф., Львів, 17- 18 трав. 2018 р. / Міноборони, Нац. акад. сухопутних військ ім. гетьмана Петра Сагайдачного. Л. : НАСВ, 2018. С. 86-87.
42. Вишневський С. Д. Потенційні можливості РЛС РТВ з виявлення оперативно-тактичних та тактичних безпілотних літальних апаратів / С. Д. Вишневський, Л. В. Бейліс, В. Й. Климченко. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2017. № 2. С. 92-98. с. 97-98.

					КВРКІ 190186.19.01.08 ПЗ	Арк.
						81
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		







**Anti-Plagiarism v-15.257****Максимальне співпадіння з одним документом 2.0%****Словники перевірки: en\_US, ru\_RU, ua\_UA. Помилки в документах: 12%**

ID: 114867 Назва: БКР Кіберфізична система адаптивного застосування моніторингових елементів розвідувального БПЛА Додано в БД: 2023-06-05 Автора: Д. В. Коваль Керівники: О. В. Боровик Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	87652	670	2982 (3%)	30 (4%)

## Джерело плагіату

ID	Опис	Наявність плагіату в документі	
		Символи	Лексеми



Завідувачу кафедри КІПС  
д-р.техн.наук, проф. Говорущенко Т. О.

*Ковале Дмитро Володимирович*

ПІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 3 курсу, групи КІ2с-20-1

#### ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений(а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіат оповіщений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

"22" *травня* 2023 р.

*ДМ* (підпис)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Коваль Дмитро Володимирович

**Тема:** Кіберфізична система адаптивного застосування моніторингових елементів розвідувального БПЛА

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість листів креслень  3  Кількість сторінок записки  85

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою кваліфікаційної роботи є розробка мікроконтролерної системи аварійного керування клапаном з використанням мікроконтролера ESP32-CAM.

2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню.

3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: В першому розділі проведено аналіз структурних і функціональних особливостей кіберфізичної системи адаптивного застосування моніторингових елементів розвідувального БПЛА, здійснено аналіз програмно-апаратного забезпечення обробки інформації, здійснено постановку задачі оцінки механізмів обробки інформації у програмно-технічному засобі. В другому розділі кваліфікаційної роботи було проведено аналіз, визначено апаратні та програмні підсистеми програмно-технічного засобу; способи взаємодії між підсистемами та описано функціональне призначення основних модулів та інформаційних ресурсів програмно-технічного засобу. У третьому розділі було виконано ряд завдань, а саме: описано модулі програмного забезпечення програмно-технічного засобу; описано процес створення баз даних; описано реалізацію людино-машинного інтерфейсу.

4. Позитивні сторони роботи: \_\_\_\_\_

5. Негативні сторони роботи: \_\_\_\_\_

---

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи:  
Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації.

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному інженерно-технічному рівні.

8. Інші зауваження: \_\_\_\_\_

9. Оцінка дипломної роботи: \_\_\_\_\_

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) Гурман

Іван Васильович, доцент кафедри ТУЗ

"6" червня 2023 р.

Гурман (підпис)

**РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ**  
**КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ**  
**ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ**

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Кіберфізична система адаптивного застосування моніторингових елементів розвідувального БПЛА

Автор: Коваль Дмитро Володимирович

Спеціальність: 123 – Комп'ютерна інженерія

Освітня програма: освітньо-професійна

Науковий керівник: Боровик Олег Васильович, д.т.н, професор

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи.	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, переабачувані спроби укривтя запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

- 1) запозичення розміщені в розділах аналізу існуючих аналогів та прототипів, які не описують безпосередньо авторське дослідження і не стосуються результатів роботи;
- 2) усі запозичення фрагментарні, або мають належним чином оформленні посилання;
- 3) окремі виявлені збіги є загальноживаними фразами або виразами, про що свідчить посилання системи на збіг з 10-40 джерелами на один фрагмент речення;
- 4) в якості запозичень в окремих місцях системою зафіксовано послідовності чотирьохрозрядних двійкових кодів, які є вхідними даними до великої кількості задач і не можуть розглядатися як об'єкт авторських прав і, відповідно, їх порушення;
- 5) всі зафіксовані системою ознаки модифікації тексту відносяться до комбінування латинських символів зі українськомовними скороченнями індексів в формулах, що не є модифікацією тексту.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ідентичності/схожості, складає 16,8% і адресується до 454 періодичних джерел, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Керівник роботи

Гарант ОП

Завідувач кафедри КІС


О. В. Боровик

С. М. Лисенко

Т. О. Говорушенко