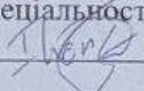




Вінницький національний технічний університет
Факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії
Кафедра обчислювальної техніки

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:
«Метод та засоби моніторингу стану довкілля»

Виконав: студент 2 курсу, групи 2КІ-21м
спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія
 Денисюк І.Ю..

Керівник к.т.н., доц. каф. ОТ
 Колесник І.С..

Опонент к.т.н. проф., каф. МБІС
 Карпинець В.В.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри ОТ
д.т.н., проф. Азаров О.Д.



«23» 12 2022 р.

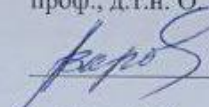
Вінниця 2022

Вінницький національний технічний університет

Факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії
Кафедра обчислювальної техніки
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр
Спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
обчислювальної техніки
проф., д.т.н. О. Д. Азаров


«15» 09 2022 р.

З А В Д А Н Н Я

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Денисюку Ігорю Юрійовича

1 Тема роботи «Метод та засоби моніторингу стану довкілля», керівник роботи Колесник Ірина Сергіївна, к. т. н., доцент кафедри ОТ, затверджені наказом вищого навчального закладу від 15.09.2022 року № 205-А.

2 Строк подання студентом роботи 15.09.2022 р.

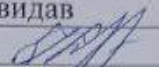

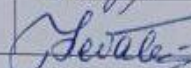

3 Вихідні дані до роботи: технічні параметри на, AtmelStudio 6.0, технічні параметри на МК ATmega8, C++ Builder 10.3 Rio (v26)

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки: вступ; аналіз систем моніторингу довкілля; метод та засоби моніторингу; проектування апаратної та програмної частин засобів моніторингу; експериментальні дослідження методу та засобів моніторингу висновки; перелік посилань; додатки.

5 Перелік графічного матеріалу: Алгоритм роботи програми управління. Блок-схема алгоритму роботи. Алгоритм роботи програми управління. Структурна схема пристрою. Електрична схема.

6 Консультантів розділів роботи представлено в табл. 1.

Таблиця 1 — Консультанти розділів роботи


Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1,2,3,4	Колесник І.С., к.т.н., доц. каф. ОТ		
5	Небава М.І., к.е.н., професор		

7 Дата видачі завдання 15.09.2022 р.

8 Календарний план наведено в табл. 2.

Таблиця 2 — Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Постановка задач роботи	15.09.22	всц.
2	Промислове застосування систем моніторингу	15.09-16.09.22	всц.
3	Загальні вимоги до методик проведення моніторингу	16.09-24.09.22	всц.
4	Засоби моніторингу та основні вимоги до них	24.09-04.10.22	всц.
5	Апробація розробленого методу та засобів моніторингу	04.10-14.10.22	всц.
6	Розробка структурної схеми	14.10-23.10.22	всц.
7	Обґрунтування та вибір елементної бази	24.10-31.10.22	всц.
8	Розробка принципової схеми	01.11-16.11.22	всц.
9	Розрахунок економічної частини роботи	17.11-30.11.22	всц.
10	Оформлення пояснювальної записки та ілюстративного матеріалу	01.12-06.12.22	всц.
11	Аналіз виконання роботи, висновки, додатки	07.12-06.12.22	всц.
12	Перевірка якості виконання магістерської роботи та усунення недоліків	15.12.21	всц.

Студент  Денисюк І.Ю.

Керівник роботи  Колесник І.С.

АНОТАЦІЯ

УДК 004.93

Денисюк І.Ю. Метод та засоби моніторингу стану довкілля. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 123 – комп'ютерна інженерія, освітня програма комп'ютерна інженерія. Вінниця, ВНТУ 2022, 101 с.

На укр.мові. Бібліогр.: 38 назв., рис.32, табл. 8.

Магістерську кваліфікаційну роботу присвячено розробці методу та засобів моніторингу стану довкілля.

В роботі виконується аналіз систем моніторингу стану довкілля та їх роль в сучасному світі. Основною метою є розробка методу моніторингу стану довкілля та засобів для його реалізації. Було запропоновано метод та засоби, що його реалізують, підібрано необхідні компоненти та спроектовано мікроконтролерну систему. Також було розроблено програмне забезпечення для мікроконтролера в середовищі AtmelStudio 6.0, та в C++ Builder 10.3 Rio (v26) під Windows.

Keywords: monitoring, microcontroller, GPS, AtmelStudio 6.0, C++ Builder 10.3 Rio (v26).

ANNOTATION

Denysuk I. Y. Method and means of environmental monitoring. Master's qualification route in the specialty 123 — computer engineering, educational program computer engineering. Vinnitsa, VTNU, 2022, 137 p.

In the Ukr. leng. Libr. name 38, figure 32, table 8.

The master's thesis is devoted to the development of methods and tools for monitoring the state of the environment.

The paper analyzes environmental monitoring systems and their role in the modern world. The main goal is to develop a method for monitoring the state of the environment and means for its implementation. A method and means of implementing it were proposed, the necessary components were selected, and a microcontroller system was designed. The software for the microcontroller in the environment was also developed

ВСТУП	8
1 АНАЛІЗ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ДОВКІЛЛЯ	12
1.1 Промислове застосування систем моніторингу.....	12
1.2 Організація контролю.....	13
1.3 Загальні вимоги до методик проведення моніторингу.....	14
1.4 Огляд аналогів.....	16
2 МЕТОД ТА ЗАСОБИ МОНІТОРИНГУ	24
2.1 Головна ідея методу.....	24
2.2 Засоби моніторингу та основні вимоги до них.....	24
2.3 Апробація розробленого методу та засобів моніторингу.....	27
3 ПРОЕКТУВАННЯ АПАРАТНОЇ ТА ПРОГРАМНОЇ ЧАСТИН ЗАСОБІВ МОНІТОРИНГУ	28
3.1 Розробка структурної схеми	28
3.2 Обґрунтування та вибір елементної бази	29
3.3 Розробка принципової схеми	36
3.4 Програмування модуля моніторингу довкілля.....	41
3.5 Розробка додатку користувача.....	54
4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ ТА ЗАСОБІВ МОНІТОРИНГУ	60
4.1 Алгоритм та методика проведення випробувань.....	60
4.2 Функціональна перевірка системи моніторингу.....	61

					08-23.МКР.020.00.000 ПЗ		
		№ докум.	Підпис				
Розробив	Денисюк І.Ю			Метод та засоби моніторингу стану довкілля	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник	Колесник І.С.					6	102
Рецензент	Карпінець В.В.				ВНТУ, гр. 2КІ-21м		
Н. Контроль	Швець С.І.						
Затверджую	Азаров О.Д.						

4.3 Основні вимоги	69
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	71
5.1 Комерційний та технологічний аудит науково-технічної розробки.....	71
5.2 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної (дослідно-конструкторської) роботи.....	74
5.3 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки за її можливої комерціалізації потенційним інвестором.....	83
5.3.1 Розробка чи суттєве вдосконалення програмного засобу (програмного забезпечення, програмного продукту) для використання масовим споживачем.....	85
5.3.2 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності.....	86
ВИСНОВКИ.....	89
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	90
ДОДАТОК А Технічне завдання.....	93
ДОДАТОК Б Алгоритм роботи програми управління.....	97
ДОДАТОК В Блок-схема алгоритму роботи.....	98
ДОДАТОК Д Алгоритм роботи програми управління.....	99
ДОДАТОК Е Структурна схема пристрою.....	100
ДОДАТОК Ж Електрична схема.....	101
ДОДАТОК Е Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень.....	102

										08-23.МКР.020.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ І ПОЗНАЧЕНЬ

АЦП	—	аналого-цифрове перетворення
БПЛА	—	безпілотний літальний апарат
ПМ	—	вихідний пункт маршруту
МК	—	мікроконтролер
НСУ	—	наземна станція управління
ОС	—	операційна система
ГДК	—	гранично допустима концентрація
ПК	—	персональний комп'ютер
ПЗ	—	програмне забезпечення
САПР	—	система автоматизованого проектування
ФНЧ	—	фільтр низьких частот
I2C	—	двопровідний інтерфейс
GPS	—	глобальна система супутникової навігації
PPM	—	мільйонна частка
UART	—	універсальний асинхронний приймач-передавач

ВСТУП

У світі виникнення найгостріших глобальних екологічних проблем спровоковано модернізацією економіки, бурхливим зростанням кількості промислових підприємств, заводів і фабрик. В останні роки здійснюється масштабна реконструкція таких об'єктів, контроль відповідності екостандартам, триває будівництво очисних споруд. Екологічна ситуація в містах покращилася, навіть, можна побачити нові дерева і зелені насадження, але загалом нормальним стан справ назвати не можна.

У свою чергу еко-дрони буквально стали «очима» та «вухами» влади, захисників навколишнього середовища, ентузіастів та вчених-екологів. В усьому світі впроваджуються проекти, де безпілотні літальні апарати (БПЛА) допомагають боротися із забрудненнями довкілля, контролюючи промислові райони. Україна не є винятком, багато підприємств починають впроваджувати екологічний моніторинг у свої проекти. Однак, в даний час існує дуже мало спеціалізованого програмного забезпечення (ПЗ), яке орієнтоване на обробку даних навколишнього середовища та можливість побудови карт забруднення. Прикладом такої системи є технологія AirSense, яка представлена на ринку України.

Застосування сучасних технологій програмування та розроблених підходів їх інтеграції до системи екологічного моніторингу суттєво прискорить процес виявлення екологічних проблем, підвищить зручність використання кводрокоптерів для цього, дозволить скоротити витрати на обчислювальні ресурси.

Актуальність полягає у необхідності розробки методів та засобів моніторингу стану довкілля з метою попередження локальних та глобальних екологічних проблем.

Аналіз актуальності зумовили вибір теми дослідження:

Метод та засоби моніторингу стану довкілля. Головна ідея полягає в тому, щоб розробити систему моніторингу повітря територій промислових підприємств

із застосуванням безпілотних літальних апаратів, а це, в свою чергу, дозволить своєчасно попереджати про високу концентрацію шкідливих речовин.

Метою є розробка методу моніторингу стану довкілля та засобів для його реалізації.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- аналіз існуючих рішень у галузі моніторингу стану довкілля;
- пропозиція та обґрунтування методу моніторингу;
- проектування апаратної і програмної частин засобів моніторингу;
- експериментальні дослідження методу та засобів моніторингу.

Об'єктом дослідження є існуючі методи та засоби моніторингу стану довкілля.

Предметом дослідження є процеси, що протікають в інформаційно-керуючих системах для швидкого, безперервного, дистанційного та економічного моніторингу стану довкілля, з можливістю відображення карти забруднень у вибраній галузі.

Методи дослідження включають:

- аналіз, порівняння, систематизація та узагальнення даних про існуючі та розроблені способи моніторингу;
- апробація сучасних технологій при побудові програми;
- тестування роботи інтерфейсу на ПК;
- тестування пристрою для визначення координат БПЛА та стану повітря у цій координаті для подальшої побудови карти забруднень у додатку.

Теоретичною основою дослідження стали:

- зарубіжні дослідження та рішення щодо організації автоматизації роботи екологічного моніторингу;
- сучасні концепції та технології розробки додатків;
- документація до різних використовуваних в сучасному програмуванні фреймворків та бібліотек.

Наукова новизна. Робота відкриває напрямок досліджень у галузі розвитку сучасних інформаційних технологій, застосування інформаційних технологій для

покращення якості моніторингу стану навколишнього середовища, запобігання глобальним екологічним проблемам.

Практична значимість дослідження полягає у:

— автоматизованому вимірюванні концентрацій шкідливих речовин, бездротовій прийому/передачі, зберіганні, статистичній обробці та графічному поданні результатів вимірювань, що дозволяють контролювати якість повітря;

— застосування розробленої системи для навчально-методичних і науково-практичних завдань, на підприємствах легкої промисловості для контролю якості повітряного середовища, оцінки ефективності інженерно-технічних заходів, спрямованих на поліпшення якості повітря робочої зони;

— забезпечення виробничої безпеки, зниження травматизму за рахунок своєчасного оповіщення про перевищення ГДК шкідливих речовин у зоні дихання робітника;

1 АНАЛІЗ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ДОВКІЛЛЯ

1.2 Промислове застосування систем моніторингу

На промислових підприємствах завжди є шкідливі чинники робочого середовища – фізичні, хімічні та біологічні. Хімічні своєю чергою створюють несприятливі умови праці. В результаті науково-технічного прогресу стало можливим застосування різних синтетичних матеріалів, які в свою чергу підвищують якість кінцевого продукту та його обсяги. В результаті хімізація легкої промисловості збільшує ефективність виробництва, проте при цьому призводить до збільшення виділення шкідливих речовин [1]. Важке машинобудування різною мірою пов'язане зі спалюванням палива, зварювальним виробництвом, гальванічним виробництвом і лакофарбовим виробництвом. Це призводить до значних обсягів викидів у довкілля.

На машинобудівну галузь припадає 32% викидів у довкілля. Очисним обладнанням машинобудівна галузь оснащена лише 30-50%. У зв'язку з цим у деяких промислових районах із найбільш небезпечними виробництвами концентрації забруднюючих речовин іноді перевищують усі санітарні норми [2]. Ливарне виробництво входить до категорії найнебезпечніших виробництв. Найбільш екологічно небезпечними забруднювачами тут є оксид і двоокис сірки та оксиди азоту, а також тверді речовини, що входять до складу ливарних форм [3].

Різні хімічні сполуки надають на людину токсичну, канцерогенну та мутагенну дію. Співробітники підприємств піддаються впливу шкідливих речовин щодня, тому дуже важливий контроль якості повітря робочої зони.

Аналіз сучасних методів та засобів моніторингу стану довкілля виявив суттєві недоліки:

- найвища ціна при застосуванні точних лабораторних методів;
- великі габарити;
- складність обслуговування;
- відсутність можливості безперервного віддалено-автоматизованого

моніторингу.

Існують альтернативні методи проведення моніторингу довкілля, однак і вони мають істотні недоліки. Щодо дешеві портативні газоаналізуючі комплекси здійснюють аналіз лише у місці його знаходження, що потребує постійної присутності оператора на місці проведення аналізу. Існують і інші пристрої, але для вимірювання складу повітря вони потребують проведення пробовідбору, що сповільнює процес отримання результатів на великих площах підприємств, а купівля декількох пристроїв призводить до збільшення загальної вартості. Існують бездротові системи моніторингу, що забезпечують віддалений та автоматизований контроль якості повітря на великій площі, проте монтаж таких систем вимагає залучення кваліфікованого персоналу, що ускладнює застосування таких систем.

Однією з найбільш важливих тенденцій розвитку аналітичної хімії є застосування безпілотних літальних апаратів (БПЛА) як засоби автоматичного збору даних про склад навколишнього повітря та основні його параметри, таких як температура і вологість. При необхідності проведення глибокого аналізу повітряного середовища (потрібне проведення пробовідбору), можлива автоматизована робота БПЛА, при якій пристрій автоматично виконає пробовідбір та доставить ємність до місця проведення аналізу. Таким чином, спрощується процедура взяття проб повітряних мас та доставки. Застосування БПЛА дозволяє виконувати аналіз забруднення радіоактивним випромінюванням. Аналіз повітряного середовища може проводитися в режимі реального часу, що дозволяє завчасно відзначити вогнища забруднення повітря та вжити заходів щодо усунення, не чекаючи закінчення дослідження в лабораторії.

1.2 Організація контролю

Система моніторингу повинна накопичувати, систематизувати та аналізувати інформацію про стан повітряного середовища підприємства, причини спостережуваних та ймовірних змін якості повітря (тобто про джерела та фактори

антропогенного впливу). Також необхідно оцінювати динаміку змін обсягів шкідливих речовин.

Зазвичай розташування джерела викидів та його параметри відомі чи вони обумовлені в автоматичному режимі при обльоті територій. У більшості випадків забруднення повітря відбувається через негерметичність обладнання, слабку ефективність роботи аспіраційних систем і недостатню продуктивність витяжної вентиляції. Моніторинг відомих джерел шкідливих речовин дозволяє контролювати їх. Дані моніторингу згодом використовуються під час управління якістю повітря робочої зони.

Насамперед моніторинг проводиться у зонах із розташуванням джерел із найбільш інтенсивним забрудненням. Незважаючи на проведення робіт з механізації та автоматизації технологічних процесів, на виробництві потрібна присутність робітників. Вони піддаються впливу шкідливих речовин протягом усієї зміни. Згідно з нормативними документами [4] кратність повітрообміну повинна встановлюватися так, щоб середня концентрація шкідливої речовини у всьому обсязі виробничого цеху підтримувалася нижче за гранично допустиму концентрацію (ГДК).

Однак поруч із джерелом виділення (на робочому місці), а також у застійних зонах, де порушена циркуляція повітря, може відбуватися локальне накопичення шкідливої речовини вище ГДК. У таких зонах загальна система вентиляції не забезпечує безпечних умов праці.

Удосконалення моніторингу повітря робочої зони за рахунок своєчасного попередження про небезпечний вміст шкідливих речовин у репрезентативних точках створить основу для забезпечення безпечних умов праці, зниження травматизму, покращення як здоров'я робітників, так і ефективності виробництва.

1.3 Загальні вимоги до методик проведення моніторингу

Планування стратегії відбору проб починається з визначення завдань, розв'язання яких передбачається під час проведення дослідження. р Середньозмінні концентрації визначають для характеристики рівнів впливу

речовини протягом зміни, розрахунку індивідуальної експозиції, виявлення зв'язку змін стану здоров'я працівника з умовами праці (при цьому враховується верхня межа коливань концентрацій - максимальні концентрації).

Для дратівливих та гостронаправлених речовин оцінку зв'язку виявлених порушень стану здоров'я з умовами праці проводять з використанням максимальних концентрацій. Інформація про максимальні концентрації необхідна насамперед для проведення інспекційного та виробничого контролю за умовами праці, виявлення несприятливих гігієнічних ситуацій, вирішення питання необхідності використання засобів індивідуального захисту, оцінки технологічного процесу, обладнання, санітарно-технічних пристроїв.

У [5] встановлюється, що клас умов праці «Допустимий» може бути присвоєний конкретному виробництву при концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони меншою або рівною їх гранично допустимим значенням — максимально разовими (ГДК_м) та середньозмінними (ГДК_{сс}) нормативами. Тому для застосування системи моніторингу на підприємствах вона повинна вимірювати концентрації нижче ГДК шкідливих речовин.

Крім того, ДСТУ «Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони» [6] встановлює оптимальні величини показників мікроклімату у виробничих приміщеннях (температура повітря 22-24°C, відносна вологість 60-40%, швидкості руху повітря трохи більше 0.1 м/с). За дотримання оптимального мікроклімату підвищується ефективність виробничої діяльності працівника, зменшується ризик професійних захворювань. Для того, щоб забезпечувати безпеку робітників, необхідно стежити не лише за забрудненням повітря шкідливими речовинами, а й за підтриманням кліматичних норм.

Відповідно до [5], [6] контроль повітря здійснюють за характерних виробничих умов (ведення виробничого процесу відповідно до технологічного регламенту). Крім цього, необхідно стежити за температурою та тиском усередині приміщення. Температура має відповідати приблизно 293 К (20 °С), а тиск 101,3 кПа (760 мм рт. ст.).

Час прогрівання газоаналізатора, що відрховується від моменту його

включення до мережі до моменту встановлення показань (вихідного сигналу), повинен бути менше 10 хвилин, щоб він міг бути віднесений до групи приладів, що практично не потребують прогріву .[7].

Щоб автоматизований засіб виміру можна було назвати малоінерційним, його часу встановлення вихідного сигналу (постійна часу) має бути не більше 30 секунд, згідно з класифікацією того ж документа.

1.4 Огляд аналогів

На ринку є велика кількість та різноманіття систем моніторингу на базі БПЛА. Найбільш близьким аналогом є квадрокоптер DJI Phantom 4 Multispectral. Це високоточний безпілотник з інтегрованою мультиспектральною системою формування зображень, створеною для моніторингу довкілля та завдань промислового і сільського господарства.



Рисунок 1.1 — Квадрокоптер P4 Multispectral

Квадрокоптер дозволяє миттєво визначати стан рослин. P4 Multispectral поєднує процес збору даних, який дає уявлення про стан сільськогосподарських культур та управління рослинністю. DJI створила цю платформу з тими ж потужними стандартами продуктивності, якими відомий Phantom 4, включаючи

максимальний час польоту 27 хвилин та дальність передачі даних до 7 км із системою OcuSync.

Збір зображень став ефективнішим завдяки вбудованій системі стабілізації зображень. Доступ до інформації, отриманої за допомогою однієї RGB-камери та багатоспектрального масиву з 5 камер, що охоплюють кілька діапазонів на 3-осному стабілізованому карданному підвісі, значно спрощує процес моніторингу.

Інтегрований спектральний датчик сонячного світла на верхній панелі дрону вловлює сонячне випромінювання, що забезпечує максимальну точність та узгодженість збору даних у різний час доби на сантиметровому рівні. Система постійно вимірює контролер польоту, RGB і NB камери, а також RTK модуль, фіксуючи дані позиціонування в CMOS центрі, і гарантує, що кожна фотографія використовує найточніші метадані. Всі камери проходять строгий процес колі бровки, де вимірюються радіальні і тангенціальні викривлення лінз. Зібрані параметри викривлення зберігаються в метаданих кожного зображення, дозволяючи програмному забезпеченню помтобробки налаштовуватися індивідуально для кожного користувача. У поєднанні з постобробленими даними, ця інформація допомагає отримати найбільш точні результати NDVI.

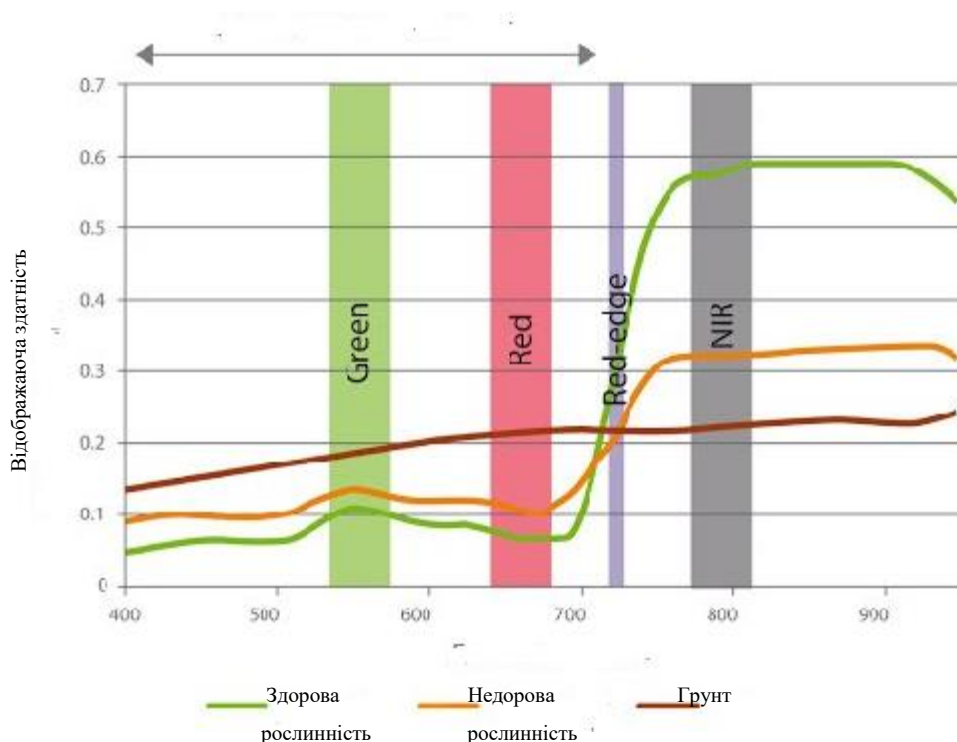


Рисунок 1.1 — Діаграма оцінки здоров'я урожаю в мультиспектральній камері

Просто мати аерофотознімки недостатньо для професіоналів, які хочуть знати більше. Перемикайтеся між попереднім аналізом нормалізованого вегетаційного різницевого індексу (NDVI) і живим потоком RGB, щоб швидко приймати цільові рішення.

Користувач може отримувати точні дані про розташування на зображеннях, знятих усіма шістьма камерами за допомогою TimeSync, забезпечуючи точні вимірювання на сантиметровому рівні. Система TimeSync постійно вирівнює контролер польоту, камери RGB і NB, а також модуль RTK, фіксуючи дані та гарантуючи, що кожна фотографія використовує найточніші метадані. Усі камери проходять суворий процес калібрування, де вимірюються радіальні та тангенціальні спотворення лінзи. Зібрані параметри спотворення зберігаються в метаданих кожного зображення, що дозволяє програмному забезпеченню налаштовуватись індивідуально для кожного користувача.

Сумісність мобільної станції D-RTK 2 та NTRIP дозволяє підвищити точність RTK без підключення до Інтернету, підключивши мультиспектральну станцію P4 до високоточної мобільної станції GNSS D-RTK 2 і NTRIP або збереження даних супутникових спостережень, які будуть використовуватися для постобробки.

Протягом усіх вегетаційних періодів мультиспектральні зображення можуть бути корисними для професіоналів, надаючи інформацію, невидиму людському оку через електромагнітний спектр. Маючи доступ до цих даних та отриманих згодом даних Індексу рослинності, таких як NDRE та NDVI, фермери можуть своєчасно приймати обґрунтовані рішення щодо обробки врожаю, зниження витрат, економії ресурсів та максимізації врожайності.

Існують різні варіанти підключення мультиспектральних камер до БПЛА. Деякі купують окремі модулі таких пристроїв для встановлення їх на безпілотні системи як корисне навантаження. Інші намагаються заощадити, переробляючи звичайні аматорські дрони та підключаючи до них додаткове обладнання або модифікуючи RGB-камеру.

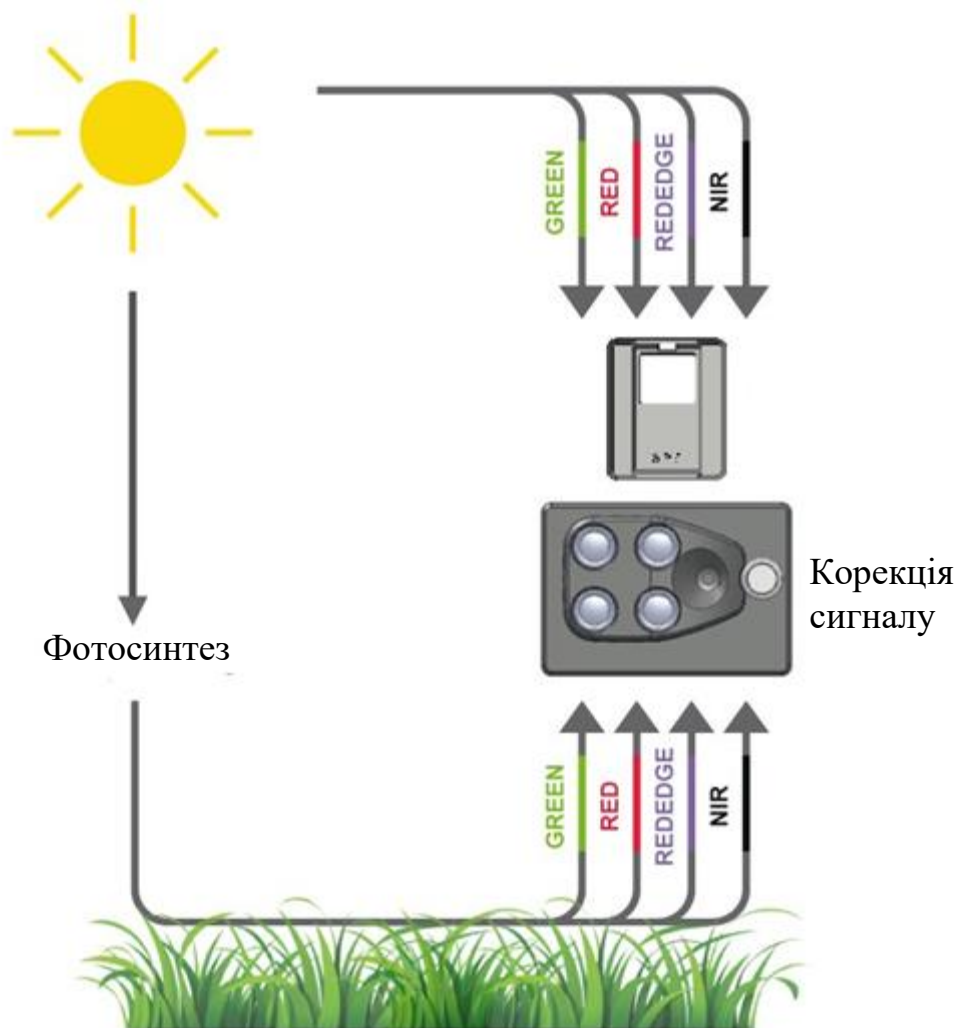


Рисунок 1.2 — Принцип роботи мультиспектральної камери

DJI Phantom 4 Multispectral – це раціональніше і просунуте рішення, причому рішення, можна сказати, “2 в 1”: платформа оснащена штатною мультиспектральною камерою та модулем RTK. Тут спеціальна камера стала невід’ємним компонентом загальної конструкції літального апарату, тоді як в інших моделях частіше зустрічаються рішення у вигляді корисного навантаження, що знімається.

Переваги такого рішення, як DJI P4M, є очевидними. Крім потужної спеціалізованої апаратури, користувач отримує в свої руки порівняно компактне, мобільне рішення, яке можна зручно і легко перевозити на різні ділянки роботи. Модуль RTK дозволяє значно підвищити точність вимірювань і надати користувачеві набагато надійніші дані, ніж якби це був апарат, обладнаний тільки

камерою. Великі агрохолдинги зацікавлені в цьому не менше ніж дрібні фермерські господарства. Підійде нова безпілотна платформа та іншим фахівцям, де потрібно виконувати мультиспектральний аналіз з повітря та підтримувати високий рівень точності вимірювань.



Рисунок 1.3 — Комплекс DJI Phantom 4 Multispectral

Аерофотозйомка, у тому числі для спеціальних завдань, стала набагато простішою, ефективнішою та швидше. Крім того, користувачі можуть комбінувати роботу квадрокоптера P4M зі спеціалізованими сільськогосподарськими дронами, наприклад, лінійки DJI Agras, щоб підвищити ефективність та точність обробки сільгоспугідь.

Важливо відзначити, що пілот отримує інформацію не тільки від мультиспектральних, а й від RGB-камери, причому всі вони оснащені глобальним затвором з роздільною здатністю 2 Мп. В результаті, професіонали отримують не

лише якісні аерофотознімки, а й інформацію про стан урожаю. При цьому оператор може легко перемикатися між попереднім аналізом нормалізованого різницевого індексу рослинності (NDVI) і трансляцією відеосигналу в RGB, щоб негайно зосередити увагу на важливих об'єктах і швидко приймати рішення про ті чи інші обов'язкові операції (боротьба зі шкідниками, зрошення та оброблення добривами).

При цьому зйомка виходить якісною, деталізованою та плавною завдяки вбудованому підвісу камери з фірмовою технологією 3-осьової стабілізації від DJI.

Точність даних – важливий чинник у багатьох сферах застосування повітряної зйомки. Чи не виняток і сільське господарство. За допомогою P4M ви зможете отримати неймовірні за рівнем точності параметри позиціонування, причому під час польоту в режимі реального часу. Висока точність гарантується роботою RTK і TimeSync, розробленої в DJI.

Система TimeSync (Time Synchronization) служить для синхронізації часу отримання даних під час польоту та зйомки з повітря. Система враховує час маневрування та польотну швидкість дрону, час отримання даних та співвідносить це з таймерами зовнішніх датчиків та еталонним часом.

Тобто в реальних умовах система виконує постійну синхронізацію роботи польотного контролера та 6 камер P4M. В результаті таке рішення забезпечує точність параметрів розташування до 1 сантиметра. Важливий внесок у точність вимірювань також робить процес калібрування, в ході якого вимірюється радіальна та тангенціальна дисторсія. Отримані дані про спотворення враховуються у кожному випадку, оскільки вони зберігаються в метаданих кожного кадру.

Однак ви можете ще більше підвищити точність позиціонування, якщо використовуватимете не тільки вбудований модуль RTK, а й мобільну станцію D-RTK 2 і NTRIP (Мережевий транспорт RTCM через інтернет-протокол, тобто протокол для потокової передачі диференціальних даних GPS через Інтернет).

Для цього вам знадобиться зв'язок 4G (через відповідний модем) або бездротове з'єднання через WiFi.



Рисунок 1.4 — DJI Phantom 4 Multispectral и мобільна станція D-RTK2

Для вирішення таких завдань, як оновлення прошивки, а також деяких інших важливих операцій користувачеві знадобиться завантажити та встановити програму для комп'ютерів DJI Assistant II спеціально для дронів Phantom 4. Крім того, для повноцінної роботи – планування місій, отримання та обробки інформації – вам знадобляться програми DJI GS Pro та/або DJI Terra.

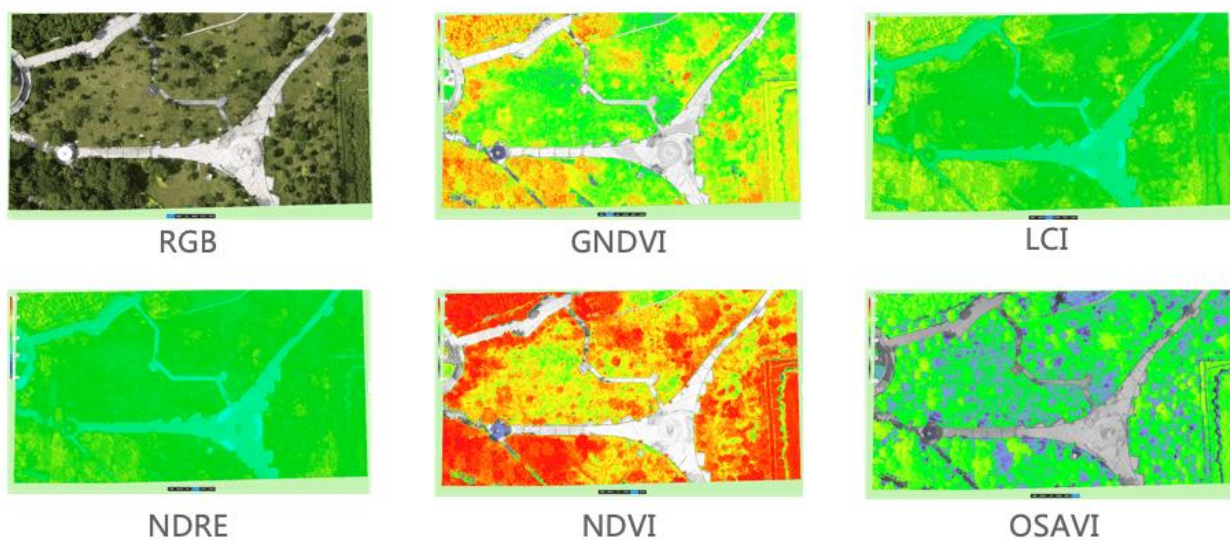


Рисунок 1.4 — Приклад реконструкції індексів

Оброблені результати зйомки можна використовувати для подальшого обробітку угідь сільськогосподарськими дронами DJI Agras

Зокрема, вони допоможуть імпортувати знімки та створювати звичайні та карти індексів, а також переглядати та аналізувати інформацію. Планувати місії та аналізувати отримані дані можна у GS Pro та Terra. В останньому додатку ви також можете створювати 2D/3D моделі цікавих для вас ділянок, у тому числі з урахуванням дерев, що окремо стоять, або потенційних перешкод для дрона.

2 МЕТОД ТА ЗАСОБИ МОНІТОРИНГУ

2.1 Головна ідея методу

Головна ідея методу полягає в тому, що система моніторингу повітря територій промислових підприємств із застосуванням безпілотних літальних апаратів дозволить своєчасно попереджати про високу концентрацію шкідливих речовин.

Необхідно виявити, обґрунтувати та описати переваги інформаційних технологій як інструменту розвитку систем моніторингу. Також показати, що за допомогою цього інструменту стає можливим підвищити ефективність та своєчасність виявлення екологічних проблем, не витративши на це багато ресурсів.

Водночас, дослідження показує, що використання моніторингу з використанням БПЛА в традиційній системі дослідження навколишнього середовища, включаючи об'єкти, що охороняються і не охороняються, не порушує її цілісності, розкриваючи при цьому її потенціал у вирішенні проблем з безліччю окремих даних, що отримуються з різних екологічних станцій, переповненістю бази даних; а також у підвищенні якості контрольованого об'єкта — дані надходять і обробляються в реальному часі, потім виводяться на екран у зрозумілому для користувача вигляді.

2.2 Засоби моніторингу та основні вимоги до них

Модуль призначений для роботи у складі БПЛА. Мікроконтролерне управління та реєстрування даних призначене для проведення досліджень з метою контролю складу повітря на підприємствах та завчасного застосування відповідних заходів при виході ключових параметрів за допустимі межі.

Функціональні можливості модуля:

- аналіз складу повітря CO, CO₂;
- реєстрація температури повітря.

Характеристики об'єкту:

- напруга живлення модуля 7...12 В;
- час автономної роботи, щонайменше 2 год;
- робоча температура 0...40 °С;
- зв'язок з ПК бездротовим інтерфейсом UART на швидкості не менше 960 байт/с.

Модуль встановлюється на борту безпілотного літального апарату за допомогою універсального спеціально розробленого кріплення. Пристрій має можливість підключення до польотного контролера за допомогою інтерфейсу UART.

Для контролю роботи пристрою передбачено світлову індикацію, яка відображає поточні параметри роботи:

- стан бездротового з'єднання;
- перевищення гранично допустимих норм CO та CO₂ у складі повітря (межа задається оператором при початковому налаштуванні пристрою).

При розробці електронної схеми управління слід застосувати програмний продукт, здатний виконати весь цикл розробки друкованих плат, що підтримує інтерактивне розміщення елементів та трасування провідників, пошук помилок на будь-якій стадії проекту, підготовку документації, перевірку цілісності всіх сигналів. Одним із таких програмних продуктів є P-CAD 2006 SP2.

Система P-CAD 2006 широко поширена серед розробників і призначена для проектування багатопланових друкованих плат аналогових, цифрових та аналого-цифрових пристроїв і є пакетом програм, тісно пов'язаних один з одним [8]. До складу пакету входить графічний редактор схем та друкованих плат. Редактор схем дозволяє створювати складні схеми, розташовані на кількох робочих аркушах. Також дозволяє створювати та редагувати електронні компоненти, формуючи бібліотеку елементів. Редактор друкованих плат дозволяє в ручному режимі створювати контур друкованої плати, проводити розміщення компонентів та трасування провідників з урахуванням встановлених технологічних норм та правил.

Конструктивні вимоги

Модуль аналізу повітряного середовища встановлюється за допомогою кріплення до нижньої частини корпусу БПЛА і як наслідок чутливі елементи датчиків не піддаватимуться впливу до сильного повітряного потоку, що створюється гвинтами.

Функціональні вимоги

Завдання аналізу складу повітряного середовища зводиться до періодичного опитування сигнальних виводів датчиків, первинної математичної обробки, формування та передача інформаційного пакета на пристрій віддаленого контролю. Первинна математична обробка забезпечує фільтрацію сигналу та перерахунок сигналу напруги у кількість частин на мільйон (ppm), що еквівалентно десятитисячним часткам відсотка.

Крім цього, на віддаленому пристрої контролю повітряного середовища у графічному та числовому вигляді повинні відображатися зони з актуальним станом якості повітря. Досліджувані зони проектуються на заздалегідь завантажену програму карту місцевості. Завдання визначення зон для формування даних вирішується за допомогою GPS/ГЛОНАСС модуля визначення координат.

Отже, формулюється конкретне технічне завдання розробки системи моніторингу. До складу системи входить.

- драйвер пристрою для Windows;
- програмне забезпечення (ПЗ) для роботи в середовищі Windows;
- програма для контролера.

Програма для роботи в середовищі Windows повинна забезпечувати:

- прийом та відображення сигналів з датчиків у вигляді графіків та значень, зрозумілих для користувача;
- аналіз даних, формування графічних зон на карті досліджуваного об'єкта;
- відправку команд у модуль контролю.

Розробка програми управління мікроконтролера передбачає застосування відповідного середовища розробки. Застосування контролера широко поширеної фірми AVR визначає продукт розробки програми AtmelStudio 6.0 (раніше AVR

Studio). AtmelStudio, заснована на VisualStudio, є безкоштовним інтегрованим середовищем розробки додатків 8- та 32-бітних мікроконтролерів сімейства AVR та 32-бітових мікроконтролерів сімейства ARM від компанії Atmel, що працює в операційних системах Windows. AtmelStudio містить компілятор GNU C/C++ та емулятор, що дозволяє налагодити виконання програми без завантаження в мікроконтролер.

2.3 Апробація розробленого методу та засобів моніторингу

Для визначення можливості повноцінного визначення якісного та кількісного складу газових сумішей повітряного середовища на території промислового підприємства потрібен пробний зліт БПЛА із встановленим пристроєм та виконання прийому даних. Для спрощення проведення експерименту можливе проведення випробування на відкритому тестовому майданчику. Отримання необхідного результату можливе при виконанні наступних умов:

— перевірка апаратної частини системи, що включає перевірку правильності монтажу електричної схеми, відсутність коротких замикань і включення в тестовому режимі;

— перевірка якості встановлення з'єднання за індикатором у програмному забезпеченні (ПЗ), а також перевірка правильності виконання команд, достовірність даних, що одержуються;

— перевірка ПЗ: аналіз отриманих даних, перевірка правильності графічної інтерпретації одержуваних даних;
перевірка достовірності географічних координат.

3 ПРОЕКТУВАННЯ АПАРАТНОЇ ТА ПРОГРАМНОЇ ЧАСТИН ЗАСОБІВ МОНІТОРИНГУ

3.1 Розробка структурної схеми

Як вже було сказано, головна ідея полягає в тому, щоб розробити систему моніторингу повітря територій промислових підприємств із застосуванням безпілотних літальних апаратів, а це, в свою чергу, дозволить своєчасно попереджати про високу концентрацію шкідливих речовин.

Згідно з призначенням пристрою, у схемі повинен бути застосований високошвидкісний мікроконтролер, що забезпечує виконання прийому та обробки сигналів датчиків, формування інформаційних пакетів відправлення їх на ПК.

Аналогові та дискретні сигнали, що надходять з датчиків, реєструються мікроконтролером через узгоджувальні ланцюги. Для обробки аналогового сигналу необхідно використання вбудованого МК або зовнішнього аналогово-цифрового перетворювача (АЦП) [9]. У мікроконтролері сигнали обробляються відповідно до розробленої програми. Результати обробки повинні виводитись на розроблену програму для ПК.

Вимірювання заданих фізичних величин здійснюються датчиками в діапазонах, які відповідають зазначеним у технічному завданні.

На рисунку 3.1 представлена структурна схема системи.

На структурі наявні:

Блок датчиків — частина, яка забезпечує збір, першочергово, даних про вміст CO₂, CO, вологість, температуру та, додатково, може бути розширений шляхом додавання інших типів датчиків.

Узгоджуючі ланцюги — необхідні для поєднання датчиків та мікроконтролера по рівнях сигналу, інтерфейсах і протоколах.

Мікроконтролер — є основним елементом, який опрацьовує дані з датчиків, системи GPS навігації, забезпечує дуплексну взаємодію між базовим контролером БПЛА та радіо прийомопередатчиком.

GPS модуль — збирає дані зі супутників про місцезнаходження в просторі.

Контролер БПЛА — центральний блок БПЛА, що забезпечує його функціонування та взаємодіє з контролером системи моніторингу.

Радіо прийомопередатчик — вузол, що забезпечує взаємодію системи моніторингу та ПК.

ПК — персональний комп'ютер на якому встановлена програма моніторингу, що відображає просторову ситуацію моніторингу в зручній формі для користувача.

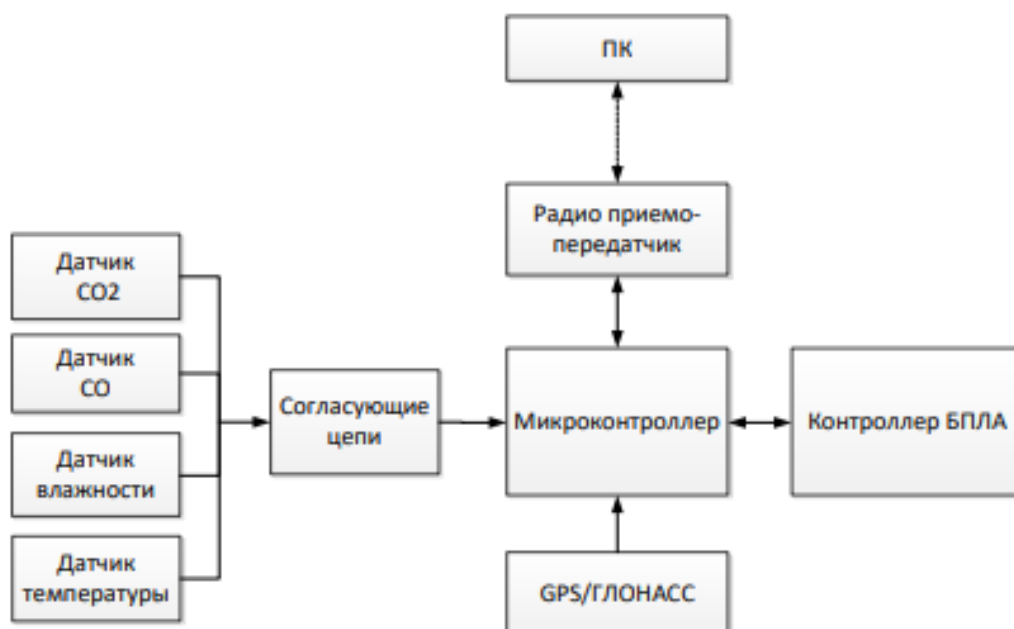


Рисунок 3.1 — Структурна схема пристрою

3.2 Обґрунтування та вибір елементної бази

Мікроконтролерний пристрій системи моніторингу, що розробляється, повинен забезпечувати надійну роботу в жорстких умовах експлуатації, у зв'язку з цим при відборі елементної бази особливу увагу необхідно приділяти надійності елементів. Пристрій повинен забезпечувати стабільну роботу в умовах підвищеної та зниженої температури, а також в умовах сильних електромагнітних наведень електродвигунів.

При визначенні необхідного контролера слід врахувати низку вимог:

- потрібний інтерфейс зв'язку UART для зв'язку пристрою радіопередавача та ПК;
- наявність не менше 2-х таймерів-лічильників для завдання часових інтервалів роботи;
- напруга живлення 5В;
- низьке енергоспоживання;
- можливість переходу до режиму зниженого енергоспоживання;
- температурний діапазон роботи 0...40 °С.

Питання продуктивності мікроконтролера не розглядається, оскільки завдання, які він вирішує, є досить простими і не вимагають значних ресурсів. Також не розглядається необхідний обсяг постійної пам'яті, який можна визначити лише після розробки програми управління. Виробники МК випускають кілька виконань того самого контролера, але з різним обсягом пам'яті, що дозволяє зробити його заміну без зміни трасування плати та програми управління. Найімовірніше, що з вирішення поставлених завдань буде достатньо 8 Кб пам'яті програм. Насамперед, необхідний обсяг пам'яті, і загальна продуктивність МК безпосередньо залежить від алгоритму складеної програми та методів роботи програмних блоків. Компанія Microchip пропонує велику кількість МК, що задовольняють заданим вимогам. При введенні вимог до параметричного пошуку на сайті виробника вибір обмежується кількома екземплярами. Пропонований мікроконтролер ATmega8 задовольняє вимогам, має мінімальний обсяг пам'яті та низьку вартість.

Зважаючи на те, що пристрій знаходиться на борту БПЛА, критично важливий параметр часу автономної роботи, які в свою чергу обумовлюється насамперед режимом роботи мікроконтролера. Розглянутий МК містить шість програмно-вибірних режимів енергозбереження.

Режим холостого ходу (Idle) зупиняє центральний процесор, але при цьому підтримуючи роботу статичної ОЗП, таймерів-лічильників, SPI-порту та системи переривань.



Рисунок 3.2 — Мікроконтролер АТмег

Режим вимкнення (Power down) дозволяє зберегти вміст регістрів, при зупиненому генераторі та вимкненні вбудованих функцій до наступного переривання або апаратного скидання.

Економічний режим (Power save) асинхронний таймер продовжує роботу, тобто. зберігається функція рахунки часу у той час, коли решта контролера перебуває у стані сну.

Режим зниження шумів АЦП (ADC Noise Reduction) зупиняє центральний процесор та всі модулі вводу-виводу, крім асинхронного таймера та АЦП для мінімізації імпульсних шумів у процесі перетворення АЦП.

Черговий режим (Standby) кварцовий/резонаторний генератор продовжують роботу, а решта мікроконтролера знаходиться в режимі сну. Даний режим характеризується малою споживаною потужністю, але при цьому дозволяє досягти найшвидшого повернення в робочий режим.

Розширений черговий режим (Extended Standby) основний генератор та асинхронний таймер продовжують працювати.

Для передачі інформації бездротовим каналом потрібен відповідний приймач. За основу обрано радіосистему 3DR radio Dual TTL. Головною перевагою є наявність відразу двох модулів, мобільного (встановлюваного на пристрій екологічного моніторингу) та стаціонарного (підключається до ПК). Робоча частота модулів становить 915 МГц, а номінальна потужність приймачів становить 100 мВт (набір з двох модулів), що цілком достатньо для передачі

інформації про політ і стан навколишнього середовища в радіусі типового заводського об'єкта. Заявлена дальність передачі/прийому сигналу становить 1,6 км, а за використання спрямованих антен чи підсилювачів сигналу до 5 км.

Для тривалої автономної роботи слід вибирати акумуляторний елемент живлення, який задовольняє низку необхідних вимог:

- висока питома енергоємність;
- плоский корпус;
- максимально велика напруга одного осередку пам'яті;
- ресурс;
- допустимий температурний діапазон;
- можливість швидкого заряду.

Зазначеними властивостями мають літій-іонні акумулятори.

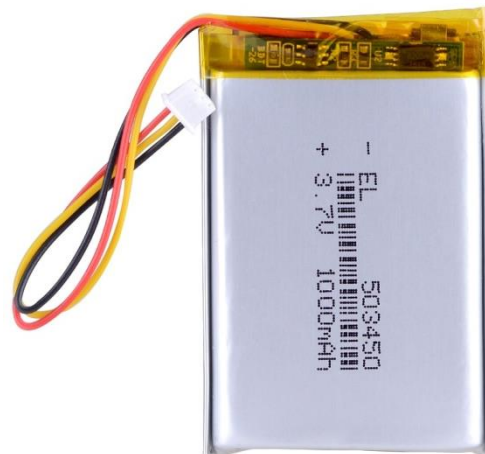


Рисунок 3.3 — Li-ion акумулятор

Для демонстрації роботи модуля застосовані датчики MQ-135 Gas Sensor. Вони використовуються для контролю якості навколишнього повітря та здатні визначати рівень CO₂, CO, NO_x. Датчик MQ-135 відноситься до напівпровідникових приладів. Принцип роботи датчика заснований на зміні опору тонкоплівкового шару діоксиду олова SnO₂ при контакті з молекулами газу, що визначається. Чутливий елемент датчика складається з керамічної трубки з покриттям Al₂O₃ та нанесеного на неї чутливого шару діоксиду олова. Усередині

трубки проходить нагрівальний елемент, який нагріває чутливий шар до температури, при якій він починає реагувати на газ. Чутливість до різних газів досягається варіюванням складу домішок у чутливому шарі.



Рисунок 3.4 — Датчик MQ-135

Датчик газу MQ-135 Gas Sensor реагує на наявність у повітрі шкідливих газів та домішок, що дозволяє опосередковано оцінити його якість. Датчик реагує на такі гази:

- вуглекислий газ (CO_2);
- аміак (NH_3);
- окису азоту (NO_x);
- етиловий спирт;
- бензин;
- дим.

Сенсор має два виходи — аналоговий та дискретний TTL. Напруга на аналоговому виході змінюється залежно від концентрації домішок повітря 0-5 В. Поріг спрацьовування датчика газу MQ135 по дискретному виходу налаштовується потенціометром.

Перед першим використанням необхідно прогріти датчик протягом 24 годин, після чого відкалібрувати на свіжому повітрі.

Характеристики:

Напруга живлення — 5 В;

Споживаний струм — 130 мА;

Вихідний сигнал — High/Low та аналоговий;

Використовуваний компаратор — LM393;

Розміри — 32x20x24 мм.

GPS-модуль NEO-6М (рисунок 3.5) — це повноцінний GPS-приймач із вбудованою керамічною антеною розміром 25 x 25 x 4 мм, що забезпечує потужний пошук супутникового зв'язку. В основі модуля лежить GPS-чіп NEO-6М від u-blox. Розмір чіпа менший за розмір поштової марки, але він містить неймовірну кількість функцій у своїй маленькій рамці.

Він може відстежувати до 22 супутників на 50 каналах і досягає найвищого рівня чутливості в галузі, тобто відстеження -161 дБ, споживаючи всього 45 мА електроенергії.

На відміну від інших модулів GPS, він може виконувати до 5 оновлень розташування в секунду. Механізм позиціонування u-blox 6 також має час до першої корекції (TTFF) менше 1 секунди.

Однією з найкращих особливостей чіпа є режим енергозбереження (PSM). Це зменшує енергоспоживання системи за рахунок вибіркового включення і вимикання частин приймача. Це різко знижує енергоспоживання модуля лише до 11 мА, що робить його придатним для енергочутливих проектів, таких як годинник GPS!

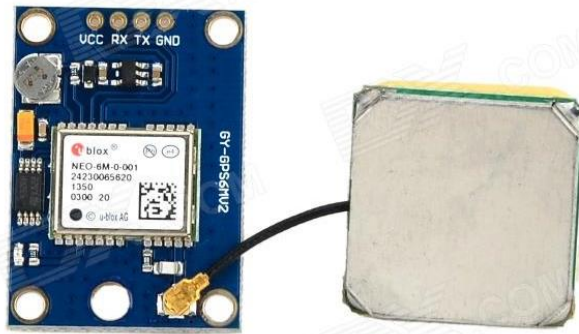


Рисунок 3.5 — Зовнішній вигляд NEO-6M

Характеристики модуля:

- вбудована керамічна активна антена розміром 25 x 25 x 4 мм забезпечує супутниковий пошук;
- повний модуль GPS із вбудованою антеною та вбудованим EEPROM для збереження даних параметрів конфігурації;
- обладнаний індикаторами живлення та сигналу та батареєю резервного копіювання даних;
- інтерфейс: RS232 TTL.
- блок живлення: 3-5В;
- швидкість передачі за замовчуванням: 9600bps;

Радіомодуль телеметрії 433 Mhz 500 mW 3DR radio Dual TTL (набір з двох модулів) необхідний для передачі інформації про політ та стан вузлів на борту мультикоптера або будь-якого іншого БПЛА на комп'ютер або мобільний пристрій, наприклад, у програму Mission Planer.

Переваги:

- ідентичні та взаємозамінні радіомодулі прийому та передачі;
- потужність до 500 мВт;
- двостороннє з'єднання в режимі full-duplex communication через adaptive TDM;
- протокол UART;
- прозоре послідовне посилення;
- падрування протоколу MAVLink;

- розширений спектр стрибків частоти (FHSS);
- настроюваний робочий цикл;
- корекція помилок виправляє до 25% бітових помилок;
- прошивка SIK з відкритим кодом.

Характеристики:

- дальність прийому: 1.5 км за прямої видимості;
- частота: 433 МГц;
- потужність: 500 мВт;
- роз'єм Micro-USB;
- -117 дБм чутливість прийому;
- роз'єм 6-position Molex connector;
- роз'єм під антену: SMA connector;
- налаштування за допомогою програм Mission Planner та APM Planner;
- робоча напруга: 3.7-6 VDC (USB або Molex);
- струм споживання передавача: 500 mA при 27 dBm;
- струм споживання приймача: 25 mA;
- послідовний інтерфейс: 3,3 В UART;
- виробник: Holybro.

У комплекті:

- радіомодуль 433Mhz 500mW з антеною — 2шт;
- кабель Micro-USB — USB — 1шт;
- OTG кабель для підключення мобільного пристрою (micro-USB — micro-USB) — 1шт;
- кабель 6-wire Pix32 connector cable — 1шт;
- кабель 6-to-6-position PX4 connector cable — 1шт.

3.3 Розробка принципової схеми

Підключення датчиків виконується за типовими схемами, вказаними у технічній документації.

Для коректної роботи МК виробник рекомендує підключати додаткові конденсатори, що фільтрують, ємністю 0,1 мкФ, що підключаються до виводів живлення МК. При розподілі виводів МК підключення периферійних пристроїв насамперед визначаються лінії стандартних інтерфейсів, оскільки вони займають певні технічною особливістю контакти МК. Відповідно до технічного опису на мікроконтролер зовнішні пристрої з інтерфейсом UART можуть бути підключені до висновків порту D0-Rx D1-Tx [10].

Пристрій повинен забезпечувати постійний контроль напруги живлення, яке має знаходитися від 7 до 12 В. Для цього необхідно використовувати АЦП контролера, максимальна напруга на вході якого становить 5 В. Для обмеження рівня сигналу потрібне застосування дільника напруги. Дільник, представлений рисунку 3.6, і двох резисторів. Струм, що протікає через резистори R1, R2 при відключеному навантаженні однаковий. Навантаженням є МК. Відповідно до технічних характеристик на МК, вхідний опір становить 100 кОм, величина R2 може бути в 10 разів менше. Під час розрахунку елементів дільника вхідну напругу потрібно брати з урахуванням запасу 20 – 30 %.

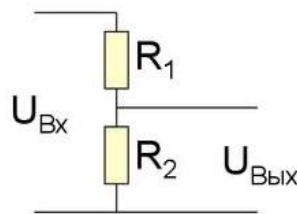


Рисунок 3.6 — Схема дільника напруги [11]

Номінальне значення вихідної напруги дільника розраховується за формулою (3.1):

$$U_{\text{ВИХ}} = U_{\text{ВХ}} \frac{R_2}{R_2 + R_1}, \quad (3.1)$$

де

$U_{\text{ВХ}}$ — вхідна напруга, В;

$U_{\text{ВИХ}}$ — вихідна напруга, В;

R_1, R_2 — опір резисторів дільника, кОм.

Знаючи максимальну вхідну напругу, необхідну вихідну та значення опору резистора R2 можна розрахувати номінал резистора R1 за формулою (3.2):

$$R_1 = R_2 \frac{U_{ВХ}}{U_{ВИХ}}. \quad (3.2)$$

В нашому випадку $R_1=30$ кОм, $R_2=10$ кОм, вхідна і вихідна напруги 10 В і 5 В. Номінали резисторів R_1 і R_2 відповідають номінальним значенням ряду E24.

Струм у дільнику розраховується за формулою (3.3):

$$I_d = \frac{U_{ВХ}}{R_2 + R_1}, \quad (3.3)$$

При цьому $I_d = 5$ мА. Потужність, що розсіюється на резисторі R_1 визначається за формулою (3.4):

$$P_{R_2} = I_d^2 R = 750 \text{ (мВт)}. \quad (3.5)$$

Потужність, що розсіюється на резисторі R_2 визначається за формулою (3.5):

$$P_{R_2} = I_d^2 R = 250 \text{ (мВт)}. \quad (3.5)$$

Для забезпечення живлення МК та датчиків стабілізованою напругою 5 В, необхідно застосувати інтегральний стабілізатор напруги. Оптимальним за ціною та параметрами стабілізатором є NCV1117ST50.

Основні параметри стабілізатора:

- вихідна напруга 5;
- вихідний струм 1 А;
- максимальна вхідна напруга 20 В;
- температурний діапазон роботи від мінус 40 до плюс 125 °С.

Виходячи з рекомендацій [12], згідно з рядом E24 обрані конденсатори: С2, С8 електролітичні номіналом 10 мкФ, а С4, С6 керамічні номіналом 0,1 мкФ.

Для виключення перешкод, що наводяться на з'єднувальні дроти оптичних датчиків перешкоди, необхідно застосування фільтра низьких частот. ФНЧ —

електричний ланцюг, що ефективно пропускає частотний спектр сигналу нижче певної частоти, (частоти зрізу) і пригнічує сигнал вище цієї частоти [13].

Як фільтр застосовується найпростіший RC ланцюг зазначено малюнку 3.7.

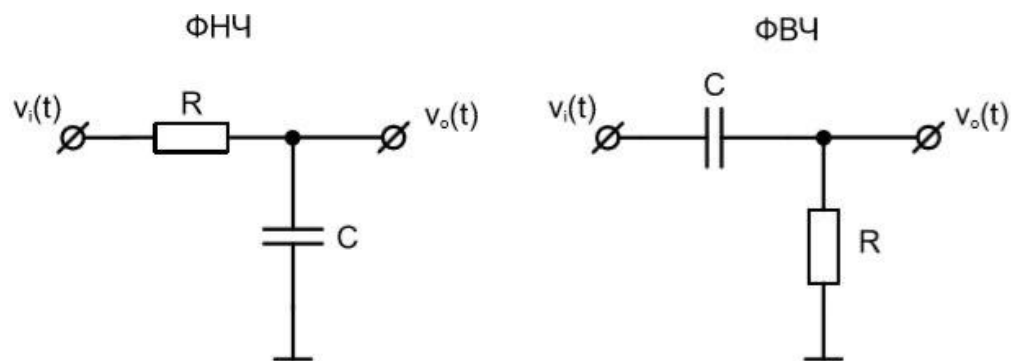


Рисунок 3.7 — Схеми ФНЧ та ФВЧ [7]

Частота зрізу f_{cp} визначається виходячи з опору R та ємності C виразом (3.6):

$$f = \frac{1}{2\pi\tau} = \frac{1}{2\pi RC}. \quad (3.6)$$

Входи МК виконані за КМОП технологією, тому максимальний час опитування сигналів дорівнює 100 нс. Програмна реалізація алгоритму дозволяє опитувати датчик кожні 1 мс. Отже, для правильної роботи схеми необхідно забезпечити тривалість імпульсу, яка обчислюється за такою формулою (3.7):

$$T_u > \frac{1}{f_{max}}. \quad (3.6)$$

Номінал резистора не повинен бути більшим за вхідний опір каскаду і повинен бути таким, щоб рівень напруги логічної одиниці був більший за 4,5 В. Відповідно до формули (3.2) визначається найбільший номінал резистора, що дорівнює 5 кОм. З ряду E24 вибрано значення 4,7 кОм.

При виборі номіналів елементів слід вибирати стандартні значення з метою зменшення переліку необхідних елементів та спрощення монтажу схеми.

Електрична схема наведена у Додатку А.

Під час проектування друкованої плати насамперед враховуються габаритні вимоги. При невеликій кількості електронних компонентів та невеликих вимогах до компактного компонування застосовуються одношарові друковані плати (ПП). В іншому випадку застосовуються багатшарові ПП. За тим же принципом визначається кількість провідних шарів. Потім проводиться проектування дизайну друкованої плати та формування вихідних файлів для виробництва.

Таким чином, процес проектування друкованої плати зводиться до наступних етапів:

- виходячи з вимог технічного завдання масо-габаритні параметри пристрою, визначаються геометричні розміри ПП;

- виходячи з геометричних розмірів ПП та щільності монтажу радіоелектронних компонентів, визначається кількість провідних шарів;

- проводиться компонування елементів на ПП;

- здійснюється розведення доріжок, що проводять на ПП в ручному або автоматичному режимі. Однак, автоматичний режим спрощує проектування лише простих ПП, оскільки внаслідок недосконалості алгоритмів, цей режим не враховує безліч факторів та вимог;

- формування про Gerber — файлів, що становлять структуру, описує проект ПП;

- відправка Gerber — файлів у виробництво ПП.

Після виготовлення ПП проводиться монтаж радіоелектронних компонентів, а потім проводиться тестова перевірка основних ланцюгів щодо короткого замикання, обриву ланцюгів або неправильного монтажу. У разі успішно проведеного початкового контролю ПП здійснюється запис програми управління на згадку про мікроконтролера і подальша перевірка роботи пристрою за різних умов експлуатації.

Для розробки друкованої плати програмно-апаратного комплексу газоаналізу застосовано комплексну систему автоматизованого проектування (САПР) радіоелектронних засобів Altium.

При проектуванні з'єднувальних доріжок слід вибирати максимальну ширину. Це зумовлено кількома чинниками:

- вузькі провідники мають великий падіння напруги, т.к. площа перерізу провідника менша;

- зменшення ширини провідником на навантажених ланцюгах призводить до нагрівання самого провідника, що обумовлено тим самим перерізом провідника;

- низька механічна міцність вузьких доріжок;

- паразитна індуктивність, що надає значний вплив на високошвидкісних ланцюгах передачі сигналу (зазвичай більше 10 МГц) і збільшується при зменшенні ширини провідника або його довжини. Цей пункт визначає також вимогу до взаємного розташування електронних компонентів на ПП.

З метою захисту від зовнішніх впливів, таких як бруд та волога, на плату наноситься захисна маска.

3.4 Програмування модуля моніторингу довкілля

Програма управління МК розроблена в середовищі AVR Studio мовою C. При формуванні алгоритму програми враховувалася вимога щодо перевірки станів виводів МК, самодіагностики датчиків, а також автоматичного калібрування поправочних коефіцієнтів.

У блоці «Ініціалізація» виконуються такі дії:

- налаштування роботи портів на введення та виведення;

- налаштування периферійних пристроїв: аналого-цифрового перетворювача, модуля передачі та прийому даних за інтерфейсом UART;

- конфігурування таймерів-лічильників;

- включення системи переривань;

- завдання режиму роботи сторожового таймера та контролера живлення;

- дозвіл переривань.

З ПЗП мікроконтролера зчитуються контрольні дані, поправні коефіцієнти для правильного розрахунку якості повітря.

На наступному етапі роботи проводиться перевірка напруги живлення пристрою, стану ліній введення-виведення. У разі нештатної ситуації контролер запам'ятає код несправності, а також подію, що спричинила помилку. Крім цього, буде збережено стан ліній введення-виведення на момент аварії. Надалі, при аналізі роботи пристрою, це дозволить швидко та точно ідентифікувати причину несправності та оперативно її усунути.

Процедура ініціалізації GPS модуля полягає у його початковій конфігурації та перевірки відповіді від модуля. Основні параметри, що встановлюються під час запуску МК:

- швидкість роботи GPS модуля, що дорівнює 9600 біт/сек;
- встановлення частоти оновлення повідомлень, що виводяться модулем;
- встановлення складу повідомлень, що надсилаються модулем;
- вибір супутникових навігаційних систем, що використовуються;
- вибір динамічної моделі навігаційної платформи;
- вибір версії протоколу NMEA для формування повідомлень.

Для повноцінної роботи пристрою, що розробляється, необхідні такі дані, що отримуються з GPS модуля:

- широта;
- довгота;
- висота над рівнем моря;
- швидкість;
- кількість активних супутників;
- кількість супутників, що спостерігаються;
- дата і час.

Протокол NMEA є стандартом, який визначає текстовий протокол зв'язку навігаційного устаткування. Повідомлення, надіслані за допомогою цього протоколу, можуть складатися з одного або декількох рядків. Склад повідомлення та кількість рядків визначаються налаштуваннями модуля.

Для розуміння принципів обміну повідомленнями із модулем слід розглянути склад рядків. Перш за все, кожен рядок починається із символу

«\$», потім слідує два символи, що визначають джерело даних.

Джерелами даних можуть бути:

- GP — Супутники GPS (США);
- GL — Супутники Глонасс (Росія);
- GA — Супутники Galileo (Європа);
- BD — Супутники Beidou (Китай);
- GQ — Супутники QZSS (Японія);
- GN — Супутники різних навігаційних систем.

Потім слідує три символи ідентифікатора рядка, які містять інформацію:

- GGA — дані про останнє зафіксоване місце розташування;
- GLL — географічні координати;
- GSA — інформація про активні супутники (беруть участь в позиціонуванні);
- GSV — інформація про всіх спостережуваних супутників;
- RMC — рекомендований мінімум навігаційних даних;
- VTG — швидкість та курс щодо землі;
- ZDA — дата і час;
- DHV — інформація про швидкість руху GNSS приймача;
- GST — Статистика помилок позиціонування;
- TXT — Текстове повідомлення.

Потім слідує поле ідентифікатора, в якому розташовуються дані, що складаються з параметрів, розділених комами. Наприкінці повідомлення формується символ «*», за яким слідує контрольна сума, представлена двома символами, яка є шістнадцятковим поданням результату операції XOR з байтами всіх символів рядка, розташованих між символами «\$» і «*».

Для отримання необхідного пакета даних потрібне отримання від модуля GPS рядків GGA, RMC.

Після налаштування GPS приймача проводиться налаштування радіомодуля, яка полягає у встановленні швидкості обміну даними між пристроєм газоаналізу та радіомодулем, а також установці швидкості обміну даними між

радіомодулями. Зв'язок між приймачем і МК забезпечується за допомогою універсального послідовного інтерфейсу (UART). У програмі передбачено обробку типових апаратних помилок, які можуть виникнути в процесі передачі даних:

- помилка кадрування;
- переповнення буфера даних;
- розбіжність контролю парності.

З метою забезпечення високої швидкодії роботи програми, прийом та передача байт даних виробляються із системою переривань. Крім швидкодії автоматично знижується ймовірність переповнення буфера даних, оскільки прийнятий байт даних відразу обробляється контролером, зупиняючи виконання основного циклу програми.

Для забезпечення надійної передачі інформації між модулем газоаналізу та пристроєм моніторингу застосовується протокол передачі даних Modbus. Даний протокол є найпоширенішим промисловим протоколом для взаємодії як промислових пристроїв, так і простих пристроїв управління та контролю. Існує два режими роботи Modbus.

ASCII режим. Повідомлення починається з «двокрапки», і закінчується послідовністю «повернення каретки-переклад рядка». даний режим є опційним і застосовується значно рідше RTU через значне збільшення потоку байт у повідомленні і, як наслідок, зниження загальної швидкості передачі даних.

RTU режим. Повідомлення починається з інтервалу тиші рівного часу передачі 3,5 символи при даній швидкості передачі в мережі. Першим полем надсилається адреса пристрою. Слідом за останнім символом, що передається, також слідує інтервал тиші тривалістю не менше 3,5 символів. Нове повідомлення може починатися після інтервалу. Фрейм повідомлення передається безперервно. Якщо інтервал тиші тривалістю 1,5 виник під час передачі кадру, пристрій приймає закінчує прийом повідомлення і наступний байт буде сприйнятий як початок наступного повідомлення. Таким чином, якщо нове повідомлення почнеться раніше 3,5 інтервалу, пристрій приймає його як продовження

попереднього повідомлення. У цьому випадку встановлюється помилка, оскільки буде розбіжність контрольних сум. Інтервали між символами можуть бути до 1 сек. Якщо інтервал більше, то пристрій, що приймає, розпізнає це як помилку.

Структура пакета Modbus складається з кількох полів і залежно від режиму роботи, що використовується, представлена на 3.8 і 3.9.



Рисунок 3.8 — Структура пакету Modbus – ASCII



Рисунок 3.9 — Структура пакету Modbus – RTU

Адресне поле. Містить два символи (ASCII) або 8 біт (RTU). Допустима адреса передачі знаходиться в діапазоні 0 – 247. Кожному підпорядкованому пристрою надається адреса в межах від 1 до 247. Адреса 0 використовується для широкомовної передачі, розпізнає його кожен пристрій.

Поле функції. Містить два символи (ASCII) або 8 біт (RTU). Коли підлеглий відповідає головному, він використовує поле коду функції фіксації помилки. У разі нормальної відповіді, підлеглий повторює оригінальний код функції. Якщо є помилка, повертається код функції з встановленим в 1 старшому бітом.

Поле даних. Містить додаткову інформацію, яка потрібна підлеглому для виконання зазначеної функції. Воно може містити адреси регістрів або виходів, їх кількість, лічильник байтів даних, що передаються.

Поле контрольної суми. У Modbus-мережах використовуються два методи контролю помилок передачі. Контрольна сума є результатом обчислення Longitudinal Redundancy Check (LRC) зробленого над змістом повідомлення починаючи з «:» і закінчуючи CRLF. У випадку з RTU-режимом поле містить 16-бітову величину. Контрольна сума додається до повідомлення останнім полем

молодшим байтом уперед. Саме це поле дозволяє значно підвищити достовірність передачі.

Повідомлення про помилки. Одна з чотирьох ситуацій може мати місце за запитом головного (програма на ПК) до підлеглого (мікроконтролерного пристрою):

— якщо пристрій прийняв запит без помилок, і може розпізнати запит, він повертає нормальну відповідь;

— якщо пристрій не прийняв запит, відповідь не повертається. Головний очікує відповіді на запит протягом певного таймууту;

— якщо підлеглий прийняв запит, але виявив помилку комунікацій, то відповідь не повертається. Головний очікує відповіді на запит протягом певного таймууту;

— якщо підлеглий прийняв запит без комунікаційної помилки, але не може виконати потрібну функцію (наприклад, читання неіснуючих виходів або регістрів), підлеглий повертає повідомлення про помилку та її причини.

Повний перелік можливих помилок передачі представлений у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 — Список кодів помилок

Код	Назва	Опис
1	2	3
01	<i>ILLEGAL FUNCTION</i>	Прийнятий код функції не може бути оброблений на підлеглому.
02	<i>ILLEGAL DATA ADDRESS</i>	Адреса даних, вказана у запиті не доступна даному підлеглому.
03	<i>ILLEGAL DATA VALUE</i>	Розмір, що міститься у полі даних запиту є допустимою величиною для підлеглому.
04	<i>SLAVE DEVICE FAILURE</i>	Невідновлена помилка мала місце, поки підлеглий намагався виконати затребувана дія.

Продовження табл. 3.1 — Список кодів помилок

1	2	3
05	<i>ACKNOWLEDGE</i>	Підлеглий прийняв запит і опрацьовує його, але це вимагає багато часу. Ця відповідь захищає головного від створення помилки таймауту. Головний може видати команду Poll Program Complete для виявлення завершення обробки команди.
06	<i>SLAVE DEVICE BUSY</i>	Підлеглий зайнятий опрацюванням команди. Головний повинен повторити повідомлення пізніше, коли підлеглий звільниться.
07	<i>NEGATIVE ACKNOWLEDGE</i>	Підлеглий не може виконати програмну функцію, прийняту у запиті. Цей код повертається для невдалого програмного запиту, що використовує функції номерів 13 або 14. Головний повинен запитати діагностичну інформацію або інформацію про помилки з підлеглого.
08	<i>MEMORY PARITY ERROR</i>	Підлеглий намагається читати розширену пам'ять, але виявив помилку паритету. Головний може повторити запит, але зазвичай у таких випадках потрібний ремонт.

Нижче, у таблиці 3.2, наведена інформація про застосовані функціональні регістри.

Таблиця 3.2 — Таблиця розподілу функціональних регістрів

Адреса	Операція	Опис байта даних	Функціональний опис
1	2	3	4
Основні регістри			
A001	R	ст. байт: Тип Мол.байт: Виконання	Регістр ідентифікації типу контролера
A002	R	Ст.байт: Версія апаратної частини Мол.байт: Версія ПЗ	Версія контролера

Продовження табл. 3.2 — Таблиця розподілу функціональних реєстрів

1	2	3	4
A003	R/W		Мережева адреса контролера (1 - 240) Змінюється одноразовим записом на даний реєстр нового значення, набирає чинності після перезавантаження контролера.
A004	R/W	0x0000 - 9600 0x0001 - 19200 0x0002 - 57600 0x0004 - 115200	Швидкість обміну Змінюється одноразовим записом в даний реєстр нового значення, що набирає чинності після перезавантаження контролера.
A006	R/W	0x0000 - 9600 0x0001 - 19200 0x0002 - 57600 0x0004 - 115200	Швидкість шини даних GPS
A007	R/W	0x0000 - 1 Гц 0x0001 - 2 Гц 0x0002 - 4 Гц 0x0004 - 10 Гц	Частота оновлення даних GPS

Продовження табл. 3.2 — Таблиця розподілу функціональних реєстрів

1	2	3	4
A010	R/W	0x0000 – NMEA_GGA 0x0000 – NMEA_GLL 0x0000 – NMEA_GSA 0x0000 – NMEA_GSV 0x0000 – NMEA_RMC 0x0000 – NMEA_VTG 0x0000 – NMEA_ZDA 0x0000 – NMEA_ANT 0x0000 – NMEA_DHV 0x0000 – NMEA_TXT 0x0000 – NMEA_GST	Дані про останнє розташування; Географічні координати; Активні супутники та фактори погіршення; Інформація про всіх спостережуваних супутників; Мінімум навігаційних даних; Швидкість та курс щодо землі; Дата і час; Текстове повідомлення про стан антени; Швидкість руху приймача GNSS; Текстове повідомлення; Статистика помилок позиціонування;
A011	R/W	0x0000 - 9600 0x0001 - 19200 0x0002 - 57600 0x0004 – 115200	Швидкість обміну між радіомодулем та МК
A012	R/W	0x0000 - 9600 0x0001 - 19200 0x0002 - 57600 0x0004 – 115200	Швидкість обміну радіоканалом
A020	R		Дані CO2
A021	R		Дані CO

Продовження табл. 3.2 — Таблиця розподілу функціональних реєстрів

1	2	3	4
A022	R		Дані датчика температури
A023	R		Дані датчика вологості
A030	R		Широта
A032	R		Довгота
A034	R		Висота над рівнем моря
A035	R		Швидкість переміщення
A036	R		К-ть активних супутників
A037	R		До спостережуваних супутників
A038	R		Дата
A040	R		Час
A050	R		Реєстр статусу
A050	R/W		Реєстр управління

При первинному запуску модуля можливе тривале визначення координат розташування через так званий «холодний запуск».

Для фільтрації значень, одержуваних від датчика, застосований програмний фільтр Калмана. Цей фільтр є різновидом рекурсивних фільтрів. Для обчислення оцінки стану системи на поточний такт роботи йому потрібна оцінка стану на попередньому такті роботи та вимірювання на поточному такті. Ця властивість відрізняє його від пакетних фільтрів, що вимагають поточного такту роботи знання історії вимірювань або оцінок.

Суть методу у тому, що нове значення X_n будується шляхом підсумовування поточного значення вимірюного сигналу U_n і передбаченого значення X_{n+1} . Поточне та передбачене значення мають різну вагу при додаванні. Тобто, вага поточного значення визначається множенням на коефіцієнт Калмана

k , який варіюється в межах від 0 до 1. А вага передбаченого значення визначається множенням на різницю $1-k$.

Якщо датчик дозволяє отримувати достовірні дані з відносно невеликим шумом, значення коефіцієнта k слід встановлювати ближче до 1, і навпаки, якщо датчик генерує сигнал із високим рівнем шуму. Описаний метод фільтрації добре підходить для систем, з процесами, що повільно протікають. Таким чином, у x_{n-1} накопичується достатньо статистичних даних, щоб вважати значення близьке до істинного [15].

Формула зрештою має такий вигляд:

$$M_n = k * A_n + (1 - k)M_{n-1} , \quad (3.1)$$

де M_n — результуюче значення поточного обчислення,

k — коефіцієнт стабілізації,

A_n — вихідне значення поточного виміру,

M_{n-1} — результуюче значення попереднього обчислення.

Як правило, коефіцієнт стабілізації має бути більше 0, але менше 1. Чим менший коефіцієнт, тим сильніше згладжуються дані, але при цьому збільшується час стабілізації. Приклад результату реалізації фільтра алгоритму Калмана представлений рисунку 3.10. Алгоритм роботи представлений на рисунку 3.11.

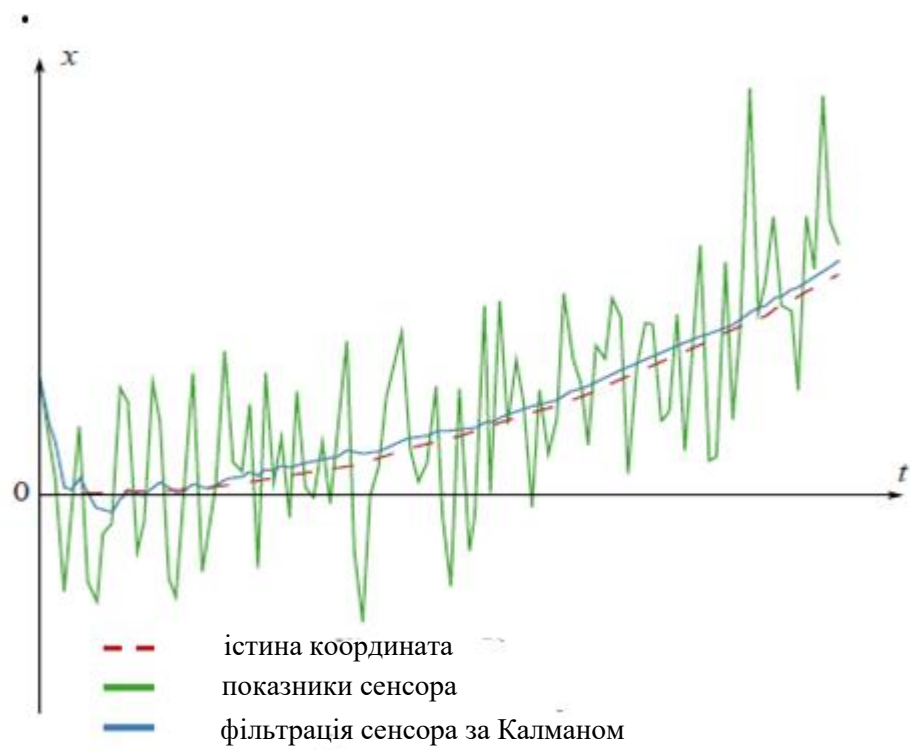


Рисунок 3.10 — Застосування фільтра

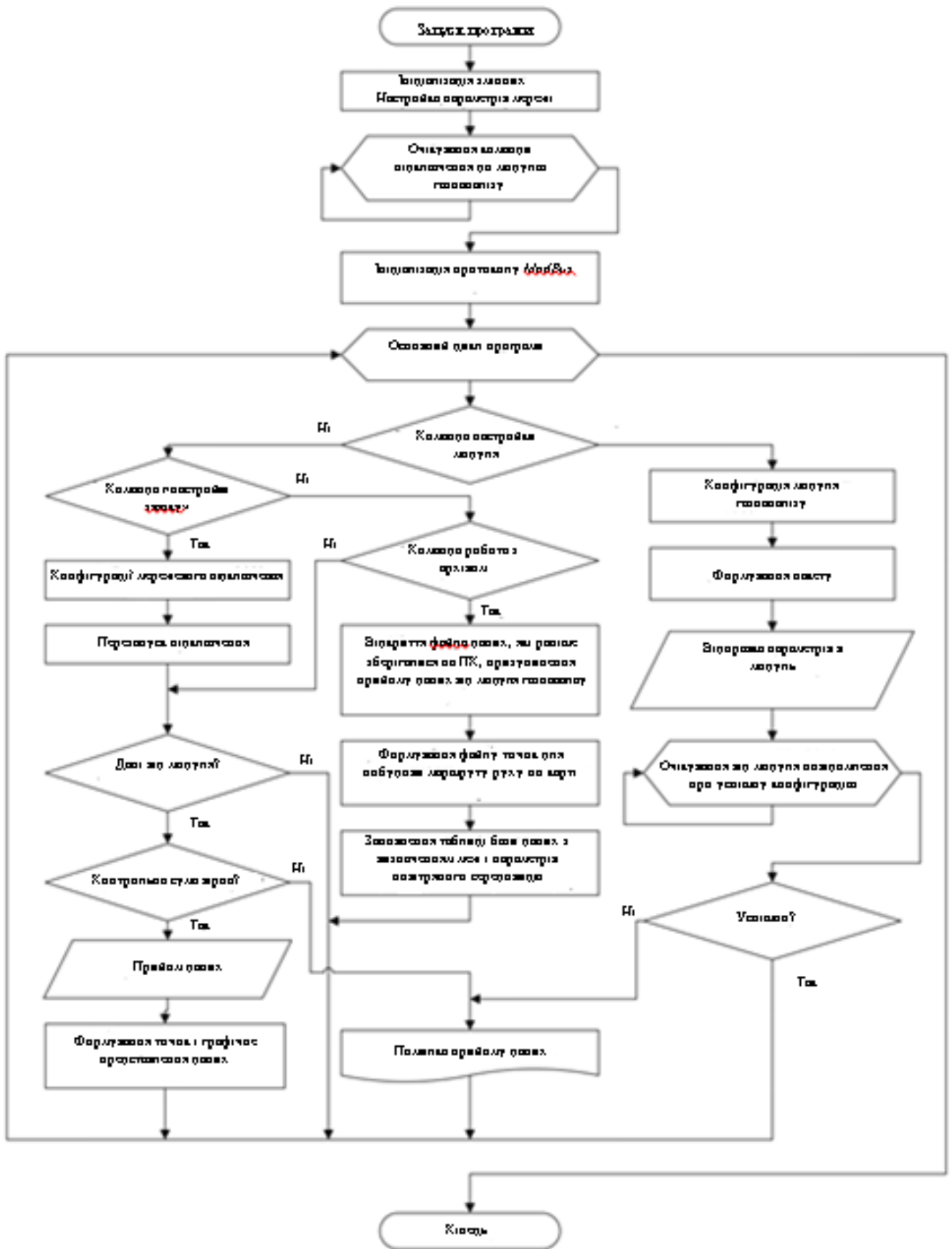


Рисунок 3.11 — Блок-схема алгоритму роботи

3.5 Розробка додатку користувача

Програма управління пристроєм розроблена в середовищі C++ Builder 10.3 Rio (v26) під Windows — додаток, виконує функції контролю, управління, а найголовніше — аналізу отриманих від контролера даних. Аналіз полягає у наочному поданні даних у вигляді графіків. Робоче вікно, що відображає хід прийому повідомлень, зображено на рисунку 3.12. У верхній частині відображається індикація стану з'єднання з пристроєм. У режимі налагодження відображається кількість прийнятих пакетів під час поточної сесії. Правіше відображаються розшифровані дані, які отримуються з GPS/ГЛОНАСС модуля.

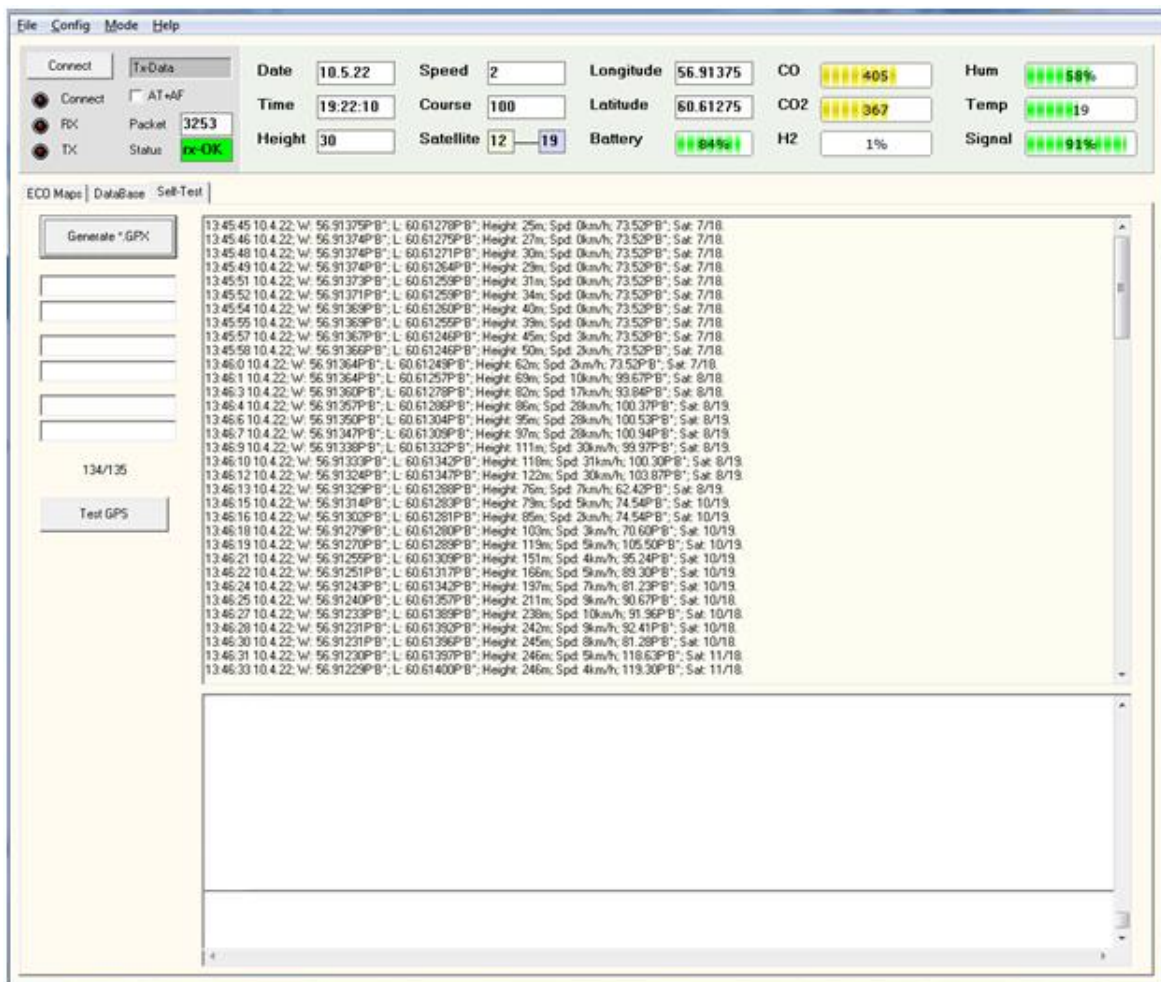


Рисунок 3.12 — Робоче вікно програми

Дані за складом та якістю повітря для наочності відображаються у правій частині екрана у вигляді горизонтальних гістограм, але при цьому фіксуються в

журналі у вигляді числових значень. Крім складу повітря відображається рівень заряду акумуляторної батареї модуля та рівень сигналу зв'язку з ним.

У середній частині екрана розташоване вікно журналу координат модуля вимірювання. Дані можна зберегти у файл, який згодом можна відкрити та обробити наявні в ньому дані.

При побудові кольорових маркерів у робочому полі карти формуються умови, що визначають колір маркера залежно від параметрів довкілля. Пороги параметрів повітря встановлюються у налаштуваннях програми. Враховуючи різні вимоги до складу повітря в різних частинах підприємства, програма дозволяє зберігати кілька профілів налаштувань для швидкого перемикання між заданими межами допустимого забруднення. Колір кожного маркера визначається найгіршим з параметрів.

Програма дозволяє налаштовувати основні параметри інтерфейсу, наприклад, порт передачі даних, швидкість обміну та період опитування. Для встановлення зв'язку з контролером необхідно вибрати відповідний СОМ порт, яким встановлюється зв'язок, і навіть швидкість передачі. Вікно налаштувань представлено рисунку 3.13.

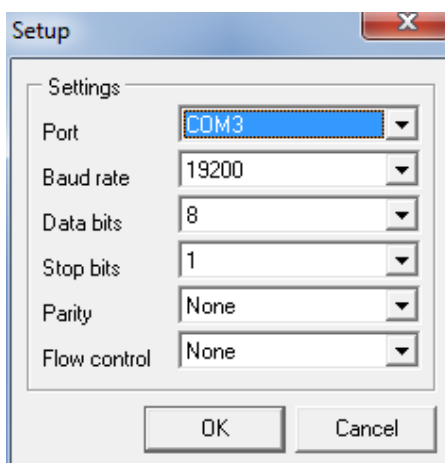


Рисунок 3.13 — Робоче вікно програми

Швидкість має бути узгоджена з налаштуваннями МК. У разі успішної ініціалізації порту, після натискання кнопки «Відкрити порт», індикатор зв'язку повинен загорітися зеленим кольором, інакше (світиться червоний індикатор,

зв'язок не встановлений), необхідно вказати інший порт. У момент прийому/передачі інформації індикатор блимає жовтим.

У програмі закладено алгоритм конвертації файли типу *.gpx. GPX - вільний текстовий формат зберігання та обміну даними GPS, що базується на XML. Даний формат дозволяє зберігати інформацію про орієнтири, маршрути та треки. Для кожної точки вказується довгота, широта, швидкість переміщення та висота над рівнем моря. Формат передбачає застосування набору даних користувача, однак мінімальним набором є наявність інформації про довготу і широту. Широта і довгота GPX вказується в градусах у системі координат WGS 84. Висота вказується в метрах над рівнем моря.

Отриманий файл GPX можна відкрити у сторонній програмі, наприклад, GPXSee. В результаті тестового запуску отримано результат обробки за допомогою розробленої програми у вигляді маршруту, показаного на рисунку 3.14.

Для формування графічних зон з точною прив'язкою до координат GPS потрібно попереднє завантаження карти досліджуваної місцевості та файлу параметрів, що містить відомості про географічні координати в кутових зонах карти та графічну роздільну здатність растрового зображення карти. В результаті програма робить перерахунок точок растрового зображення географічні координати, тим самим формуючи сітку координат.

Стандартною роздільною здатністю, що застосовується в програмі, є 960x768. Застосований датчик GPS забезпечує точність до 5 знака після точки визначення координат, що відповідає приблизно 1 метру на поверхні. Таким чином, мінімально можлива сітка координат може бути представлена у вигляді одного метра на піксель. Але залежно від масштабу карти, що застосовується, координатна сітка може бути іншою. У випадку, коли сформована координатна сітка має крок, що значно перевищує роздільну здатність даних GPS проводиться округлення в бік найближчої координати.

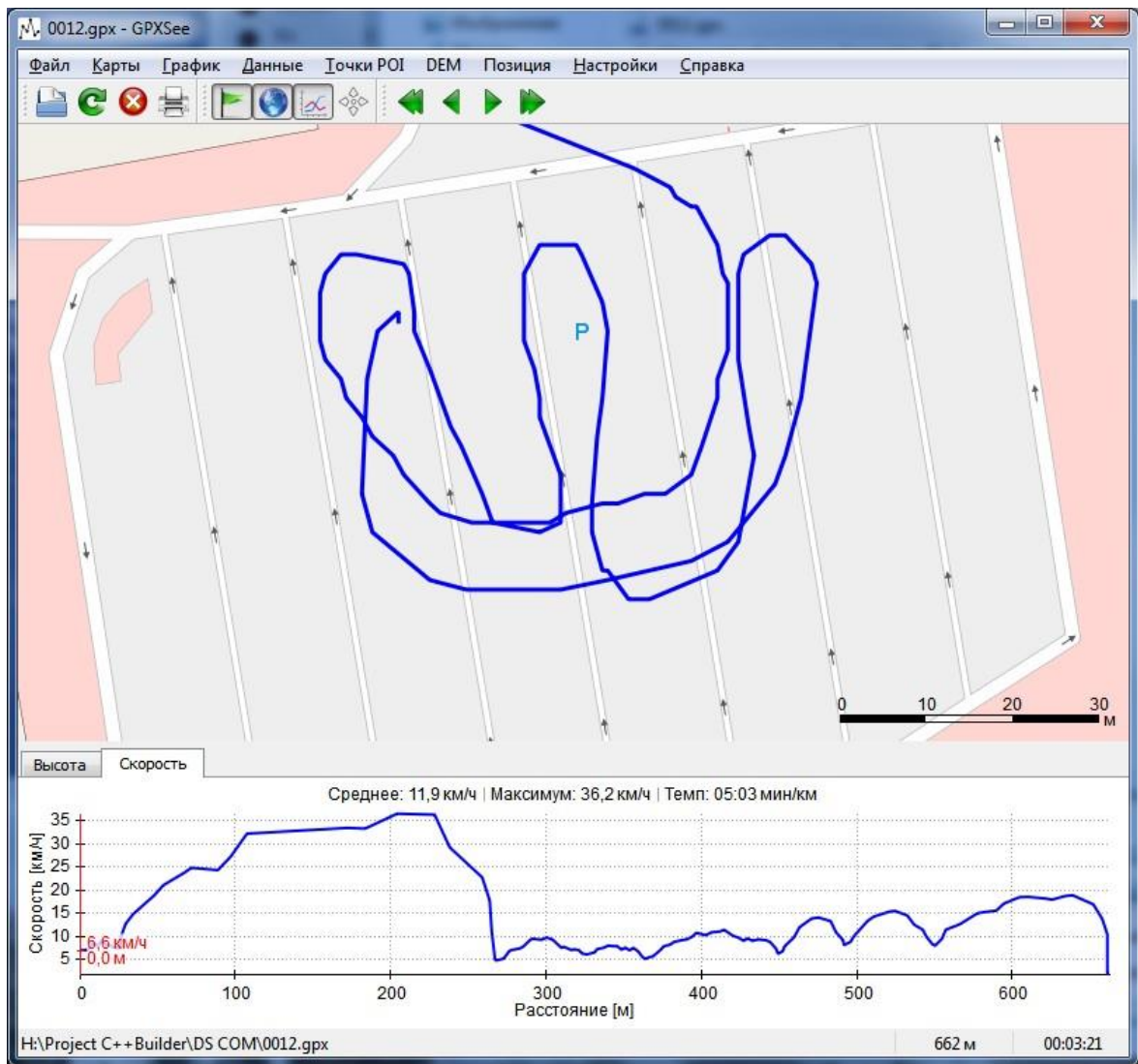


Рисунок 3.14 — Рабочее вікно GPXSee

Алгоритм роботи програми показано на рисунку 3.15.

Формування точок та зон досліджуваної ділянки проводиться на підставі згенерованої координатної сітки під час завантаження файлу з картою. В результаті визначення відповідності між пікселями та координатами проводиться нанесення графічних зон відповідно до даних та координат, отриманих в результаті прийому даних від модуля газоаналізу.

При роботі з програмою потрібні заздалегідь сформовані графічні файли, що містять карти досліджуваної місцевості з необхідним масштабом і роздільною здатністю, і файли даних, що описують параметри кожної картки. Основною інформацією є координатна прив'язка карт до супутникових даних, масштаб та графічний дозвіл. Додатковою інформацією є відомості про проведені раніше дослідження території.

4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ ТА ЗАСОБІВ МОНІТОРИНГУ

4.1 Алгоритм та методика проведення випробувань

Аналіз готового продукту виконується кілька етапів.

Візуальний контроль. Є проведенням попередньої оцінки якості, яка використовується на виробництві.

Внутрішньосхемне тестування. На даному етапі виконується перевірка з'єднань та компонентів на друкованій платі, а також аналіз електричних параметрів усєї схеми. Перевіряється правильність встановлення мікросхем. Перевірка забезпечується контактами — пробниками, які встановлюються у різні вузли схеми.

Функціональне випробування. Проводиться перевірка зібраних чи частково зібраних вузлів схеми виконання заданого функціоналу і відповідність параметрам, зазначеним у технічному завданні.

Алгоритм випробувань системи є наступною послідовністю дій:

- підключення модуля управління до лабораторного блоку живлення та перевірка напруги живлення на виході стабілізуючих схем при зміні вхідної напруги в діапазоні від 6 до 15 В;
- складання та підключення пристрою до БПЛА, взятого за тестовий зразок;
- перевірка встановлення з'єднання та правильного відображення даних, що приймаються;
- перевірка режиму збору даних про температуру та швидкість переміщення БПЛА;
- підключення пристрою до ПК;
- перевірка правильності побудови карти забруднень;
- перевірка режиму відображення сигналів із датчиків у вигляді графіків;
- перевірка працездатності пристрою згідно з вищеописаними пунктами.

4.2 Функціональна перевірка системи моніторингу

Перевірка роботи у заданому температурному діапазоні. Вибір елементної бази пристрою проводився виходячи із заданого діапазону робочих температур, однак для перевірки працездатності при підвищеній температурі пристрій був поміщений в об'ємний короб, що підігрівається гарячим повітрям, ізольований від навколишнього середовища. У середині короба встановлено термопара, підключений до вимірювального пристрою — термостата. Нобхідно, щоб при температурі повітря 45 °С модуль знаходився у включеному стані протягом години. У цьому стані контролюється робота електронних блоків з допомогою ПК. Після закінчення теплового тесту пристрій перевіряється щодо можливих пошкоджень. Температура корпусу та елементів модуля додатково перевірена тепловізором, суттєвих перегрівів помічено не було. Аналогічний тест проведено при зниженні температури до 0°С. В результаті проведеного дослідження слідує висновок — пристрій стійко працює при підвищених і знижених температурах, що задовольняють потрібний діапазон робочих температур.

Перевірка часу автономної роботи. Методика проведення перевірки є безперервне виконання вимірів якості повітря навколишнього середовища та подальша передача інформації на ПК. Результатом є автономна робота протягом 3 годин при залишковому заряді акумуляторної батареї на рівні 10%.

Перевірка зв'язку з модулем за різних режимів передачі. Якість зв'язку при різних швидкостях передачі даних перевірено на відстані до ПК перевірено роботу при різних швидкостях передачі в режимі формування пакета: 8 біт, 1 стоп-біт, контролю парності немає. Встановлено можливі швидкості: 480, 690, 1920, 3840 байт/с. На зазначених швидкостях не порушує цілісність пакетів даних. Швидкість 960 байт/с компроміс між дальністю стійкого передачі сигналу і швидкістю обміну інформації. Реальна дальність стійкого сигналу становить 1 км (у зоні прямої видимості).

Перевірка роботи ПЗ показала повну відповідність поставленим завданням: індикація поточних координат системи моніторингу стану довкілля, фіксування координат у журналі подій та стабільний прийом даних про якість повітря. Крім

цього, перевірено можливість конвертації записів, отриманих у поточній сесії у формат зберігання даних GPX. Маршрут переміщення успішно побудований у сторонньому додатку GPXSee. Перевірено можливість запису та подальшого відкриття журналу GPS координат та даних про якість повітря, що містяться в ньому.

Алгоритм проведення досліджень повітря:

- проведення контрольного запуску та перевірки датчика газоаналізу виконано в наступному порядку;
- встановлення зигзагоподібного маршруту переміщення на відкритому майданчику з частковим автомобільним рухом;
- запуск БПЛА на висоту не більше 50 метрів та завдання швидкості переміщення не більше 5 км/год;
- реєстрація та порівняння параметрів повітря: температури та вологості, з актуальними метеорологічними даними;
- фіксування результатів вимірів у журналі;
- побудова точок контрольних вимірів на карті, з промальовуванням реального маршруту переміщення;
- кнопкою Determine the extremum визначаються точки з максимальною та мінімальною забрудненістю повітряного середовища. Значення параметрів повітря в цих точках відображаються в лівій частині екрана в області основних параметрів.

Налаштування меж допустимих концентрацій параметрів повітря, що вимірюються, здійснено у відповідному вікні, представлено на рисунку 4.1.

Програма надає користувачеві задати кілька профілів з різними межами допустимої концентрації речовин. При цьому параметри можна зберегти у файл, а надалі завантажити початкові параметри на інших ПК. Параметр Minimum threshold задає нижню межу концентрації, Average — середня та High threshold — максимальна.

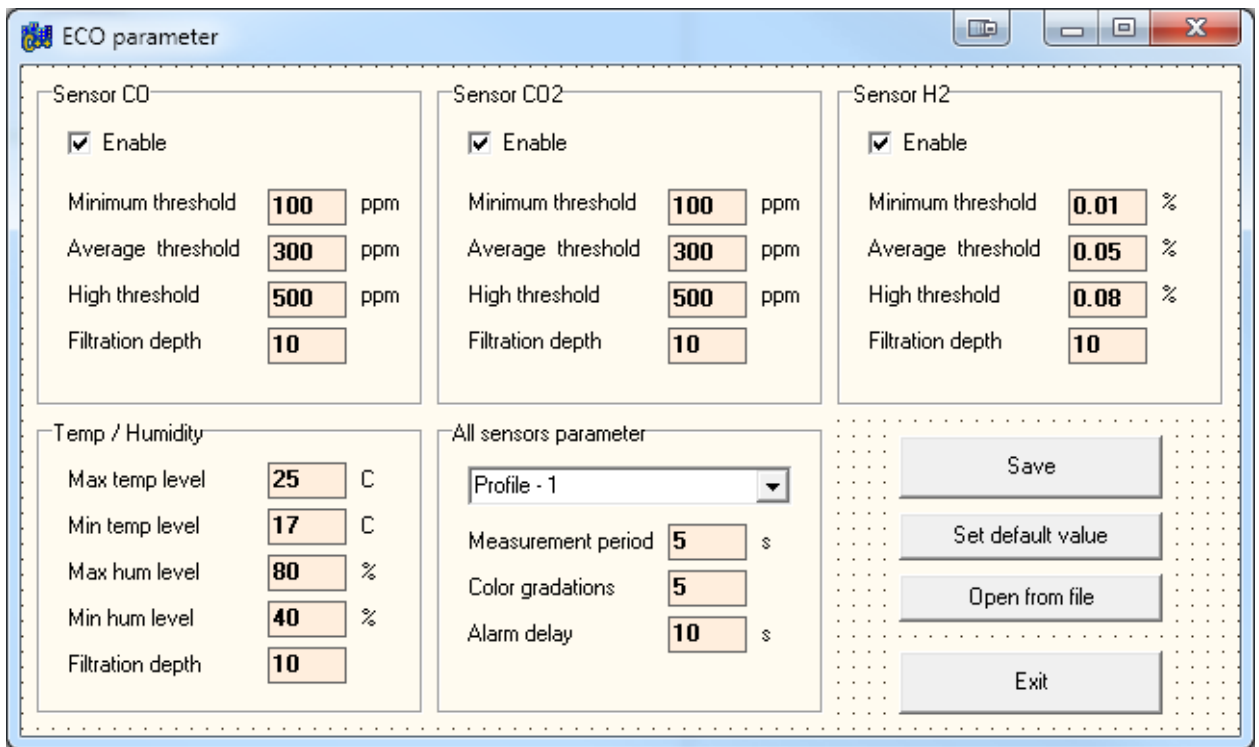


Рисунок 4.1 — Алгоритм роботи програми керування

Дані, що отримуються про вміст речовин в атмосфері надходять з частотою, що налаштовується, від 1 секунди до 1 хвилини, при цьому дані про місцезнаходження БПЛА надходять з частотою 1 секунда, незалежно від налаштувань періоду посилки даних газоаналізу. Період надсилання даних налаштовується в області All sensors parameter. У цей момент модуль повинен бути підключений до ПК, інакше налаштування не буде збережено в пам'яті пристрою і програма на ПК повідомить про помилку операції.

Планування маршруту польоту слід проводити так, щоб забезпечувався огляд всі робочої зони. З метою отримання достовірних та повних даних про стан повітряних мас на контрольованій ділянці слід дотримуватись рекомендацій щодо побудови маршруту польоту:

— глибина робочої зони має бути в межах стійкого прийому сигналу керування та телеметричної інформації з борту БПЛА. Глибиною робочої зони є відстань від місця перебування оператора наземної станції управління (НСУ) до максимально віддаленої поворотної точки;

— перша поворотна точка встановлюється, по можливості, у безпосередній

близькості від пункту маршруту (ПМ);

— лінія переміщення БПЛА, по можливості, не повинна проходити поряд з високовольтною лінією електропередачі або з іншими об'єктами, що мають великий рівень електромагнітного випромінювання;

— розрахунковий час польоту має перевищувати $2/3$ максимальної тривалості, заявленої виробником БПЛА;

— на виконання процедур зліт-посадка необхідно передбачати не менше ніж 10 хвилин від льотного часу;

— швидкість польоту БПЛА має бути такою, щоб інерційність датчиків газоаналізу дозволяла провести вимірювання у зазначеній зоні.

Для загального огляду території доцільно прокладати кільцевий замкнутий маршрут з огляду на охоплення великої площі та оперативного проведення моніторингу. При цьому, з метою раціонального використання енергоресурсів БПЛА, маршрут польоту слід прокладати з таким розрахунком, щоб перша половина польоту відбувалася проти вітру. Однак для детального аналізу складу повітря на окремих ділянках місцевості робочої зони слід застосовувати прямолінійні взаємно паралельні маршруту. Приклад такого маршруту представлено рисунку 4.2.

В ході роботи отримані дані про місцезнаходження, швидкість переміщення, курс, висоту та якість прийому сигналу GPS/ГЛОНАСС. Дані занесені до журналу подій із зазначенням тимчасових міток. Вміст журналу відображається у відповідному вікні програми, зображеному на рисунку 4.3.

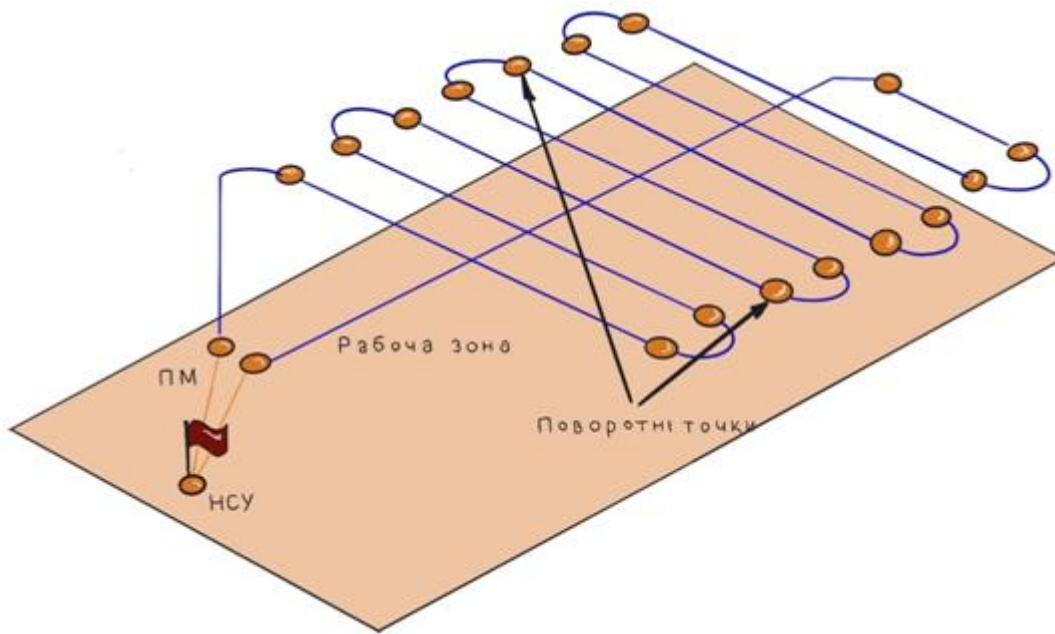


Рисунок 4.2 — Фрагмент вікна прийнятих даних GPS/ГЛОНАСС

13:45:45	10.4.22;	W: 56.91375P°B°;	L: 60.61278P°B°;	Height: 25m;	Spd: 0km/h;	73.52P°B°;	Sat: 7/18.
13:45:46	10.4.22;	W: 56.91374P°B°;	L: 60.61275P°B°;	Height: 27m;	Spd: 0km/h;	73.52P°B°;	Sat: 7/18.
13:45:48	10.4.22;	W: 56.91374P°B°;	L: 60.61271P°B°;	Height: 30m;	Spd: 0km/h;	73.52P°B°;	Sat: 7/18.
13:45:49	10.4.22;	W: 56.91374P°B°;	L: 60.61264P°B°;	Height: 29m;	Spd: 0km/h;	73.52P°B°;	Sat: 7/18.
13:45:51	10.4.22;	W: 56.91373P°B°;	L: 60.61259P°B°;	Height: 31m;	Spd: 0km/h;	73.52P°B°;	Sat: 7/18.
13:45:52	10.4.22;	W: 56.91371P°B°;	L: 60.61259P°B°;	Height: 34m;	Spd: 0km/h;	73.52P°B°;	Sat: 7/18.
13:45:54	10.4.22;	W: 56.91369P°B°;	L: 60.61260P°B°;	Height: 40m;	Spd: 0km/h;	73.52P°B°;	Sat: 7/18.
13:45:55	10.4.22;	W: 56.91369P°B°;	L: 60.61255P°B°;	Height: 39m;	Spd: 0km/h;	73.52P°B°;	Sat: 7/18.
13:45:57	10.4.22;	W: 56.91367P°B°;	L: 60.61246P°B°;	Height: 45m;	Spd: 3km/h;	73.52P°B°;	Sat: 7/18.
13:45:58	10.4.22;	W: 56.91366P°B°;	L: 60.61246P°B°;	Height: 50m;	Spd: 2km/h;	73.52P°B°;	Sat: 7/18.
13:46:0	10.4.22;	W: 56.91364P°B°;	L: 60.61249P°B°;	Height: 62m;	Spd: 2km/h;	73.52P°B°;	Sat: 7/18.
13:46:1	10.4.22;	W: 56.91364P°B°;	L: 60.61257P°B°;	Height: 69m;	Spd: 10km/h;	99.67P°B°;	Sat: 8/18.
13:46:3	10.4.22;	W: 56.91360P°B°;	L: 60.61278P°B°;	Height: 82m;	Spd: 17km/h;	93.84P°B°;	Sat: 8/18.
13:46:4	10.4.22;	W: 56.91357P°B°;	L: 60.61286P°B°;	Height: 86m;	Spd: 28km/h;	100.37P°B°;	Sat: 8/19.
13:46:6	10.4.22;	W: 56.91350P°B°;	L: 60.61304P°B°;	Height: 95m;	Spd: 28km/h;	100.53P°B°;	Sat: 8/19.
13:46:7	10.4.22;	W: 56.91347P°B°;	L: 60.61309P°B°;	Height: 97m;	Spd: 28km/h;	100.94P°B°;	Sat: 8/19.
13:46:9	10.4.22;	W: 56.91338P°B°;	L: 60.61332P°B°;	Height: 111m;	Spd: 30km/h;	99.97P°B°;	Sat: 8/19.
13:46:10	10.4.22;	W: 56.91333P°B°;	L: 60.61342P°B°;	Height: 118m;	Spd: 31km/h;	100.30P°B°;	Sat: 8/19.
13:46:12	10.4.22;	W: 56.91324P°B°;	L: 60.61347P°B°;	Height: 122m;	Spd: 30km/h;	103.87P°B°;	Sat: 8/19.
13:46:13	10.4.22;	W: 56.91329P°B°;	L: 60.61288P°B°;	Height: 76m;	Spd: 7km/h;	62.42P°B°;	Sat: 8/19.
13:46:15	10.4.22;	W: 56.91314P°B°;	L: 60.61283P°B°;	Height: 79m;	Spd: 5km/h;	74.54P°B°;	Sat: 10/19.
13:46:16	10.4.22;	W: 56.91302P°B°;	L: 60.61281P°B°;	Height: 85m;	Spd: 2km/h;	74.54P°B°;	Sat: 10/19.
13:46:18	10.4.22;	W: 56.91279P°B°;	L: 60.61280P°B°;	Height: 103m;	Spd: 3km/h;	70.60P°B°;	Sat: 10/19.
13:46:19	10.4.22;	W: 56.91270P°B°;	L: 60.61289P°B°;	Height: 119m;	Spd: 5km/h;	105.50P°B°;	Sat: 10/19.
13:46:21	10.4.22;	W: 56.91255P°B°;	L: 60.61309P°B°;	Height: 151m;	Spd: 4km/h;	95.24P°B°;	Sat: 10/19.
13:46:22	10.4.22;	W: 56.91251P°B°;	L: 60.61317P°B°;	Height: 166m;	Spd: 5km/h;	89.30P°B°;	Sat: 10/19.
13:46:24	10.4.22;	W: 56.91243P°B°;	L: 60.61342P°B°;	Height: 197m;	Spd: 7km/h;	81.23P°B°;	Sat: 10/19.
13:46:25	10.4.22;	W: 56.91240P°B°;	L: 60.61357P°B°;	Height: 211m;	Spd: 9km/h;	90.67P°B°;	Sat: 10/18.
13:46:27	10.4.22;	W: 56.91233P°B°;	L: 60.61389P°B°;	Height: 238m;	Spd: 10km/h;	91.96P°B°;	Sat: 10/18.
13:46:28	10.4.22;	W: 56.91231P°B°;	L: 60.61392P°B°;	Height: 242m;	Spd: 9km/h;	92.41P°B°;	Sat: 10/18.
13:46:30	10.4.22;	W: 56.91231P°B°;	L: 60.61396P°B°;	Height: 245m;	Spd: 8km/h;	81.28P°B°;	Sat: 10/18.
13:46:31	10.4.22;	W: 56.91230P°B°;	L: 60.61397P°B°;	Height: 246m;	Spd: 5km/h;	118.63P°B°;	Sat: 11/18.
13:46:33	10.4.22;	W: 56.91229P°B°;	L: 60.61400P°B°;	Height: 246m;	Spd: 4km/h;	119.30P°B°;	Sat: 11/18.

Рисунок 4.3 — Фрагмент вікна прийнятих даних GPS/ГЛОНАСС

Дані датчиків газоаналізу зберігаються у програмному буфері та за необхідності можуть бути збережені у файлі. Вміст файлу даних представлений у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1— Файл прийнятих даних модуля газоаналізу

№	Штамп часу / дати	Датчик				
		CO, ppm	CO ₂ , ppm	H ₂ , %	t, °C	Hum, %
1	2	3	4	5	6	7
1	19:16:55 10.12.22	459	440	0,01	19	57
2	19:17:00 10.12.22	498	456	0,02	19	57
3	19:17:05 10.12.22	455	423	0,03	19	57
4	19:17:10 10.12.22	457	420	0,03	19	57
5	19:17:15 10.12.22	490	460	0,01	19	58
6	19:17:20 10.12.22	389	345	0,01	19	58
7	19:17:25 10.12.22	400	350	0,02	19	57
8	19:17:30 10.12.22	394	348	0,02	19	57
9	19:17:35 10.12.22	356	323	0,01	19	57
10	19:17:40 10.12.22	320	289	0,01	18	58
11	19:17:45 10.12.22	344	300	0,01	18	58
12	19:17:50 10.12.22	350	315	0,01	18	59
13	19:17:55 10.12.22	352	302	0,01	18	60
14	19:18:00 10.12.22	400	346	0,01	18	62
15	19:18:05 10.12.22	398	350	0,01	18	61
16	19:18:10 10.12.22	420	366	0,01	18	60
17	19:18:15 10.12.22	445	389	0,02	18	56
18	19:18:20 10.12.22	432	390	0,04	19	57
19	19:18:25 10.12.22	421	388	0,04	19	60

Продовження табл. 4.1— Файл прийнятих даних модуля газоаналізу

1	2	3	4	5	6	7
20	19:18:30 10.12.22	421	376	0,03	19	60
21	19:18:35 10.12.22	395	350	0,03	19	59
22	19:18:40 10.12.22	400	349	0,02	19	59
23	19:18:45 10.12.22	380	346	0,02	19	59
24	19:18:55 10.12.22	378	340	0,02	19	58
25	19:18:00 10.12.22	368	321	0,01	19	57
26	19:19:05 10.12.22	388	330	0,01	19	59
27	19:19:10 10.12.22	420	345	0,01	19	61
28	19:19:15 10.12.22	416	359	0,01	19	60
29	19:19:20 10.12.22	423	400	0,02	19	64
30	19:19:25 10.12.22	475	425	0,02	19	63
31	19:19:30 10.12.22	502	478	0,06	19	59
32	19:19:35 10.12.22	480	460	0,05	19	57
33	19:19:40 10.12.22	476	452	0,05	19	58
34	19:19:45 10.12.22	423	400	0,05	19	55
35	19:19:50 10.12.22	415	378	0,04	19	60
36	19:19:55 10.12.22	400	389	0,02	19	60
37	19:20:00 10.12.22	428	370	0,01	19	62
38	19:20:05 10.12.22	425	365	0,01	19	59
39	19:20:10 10.12.22	404	360	0,01	19	60

Карта забруднень автоматично генерується на головному екрані програми. Згодом інформація про концентрацію шкідливих речовин представлена у графічному вигляді та відповідними кнопками можна відобразити докладну інформацію про склад повітря у кожній із зон. При певних налаштуваннях області даних вибраної зони можливе відображення норм концентрації речовин.

Для побудови зон забруднень у програму попередньо необхідно

завантажити відповідну частину карти місцевості, де проводилося дослідження повітряних мас. Як місце проведення випробувань обрано автомобільна парковка біля гіпермаркету, в районі якого відзначається постійний рух транспорту, особливо за деякими маршрутами.

Результат аналізу показує, що місця постійного переміщення автотранспортних засобів викликають найбільш сильне локальне забруднення повітря продуктами СО та СО₂. При цьому місця, найбільш віддалені від постійного переміщення автомобілів характерні зниженим рівнем забруднення. Визначенні локальних екстремумів якості повітря, програма виконала коректне визначення точок з максимальною та мінімальною забрудненістю повітря. Індикатор температури та вологості відображається зеленим кольором, що означає підвищену достовірність даних з датчиків газоаналізу. При експериментальному підвищенні корпусу модуля програми видала попередження про можливе зниження достовірності даних.

Результат роботи представлений рисунку 4.4. Найбільш забруднена область підписується маркером «1», а найчистіша — «2». При лівій частині екрана чітко визначені параметри повітряних мас в заданій зоні. Для візуального сприйняття стану повітря в нижній лівій частині екрану представлена легенда відповідності кольору і рівня забруднення.

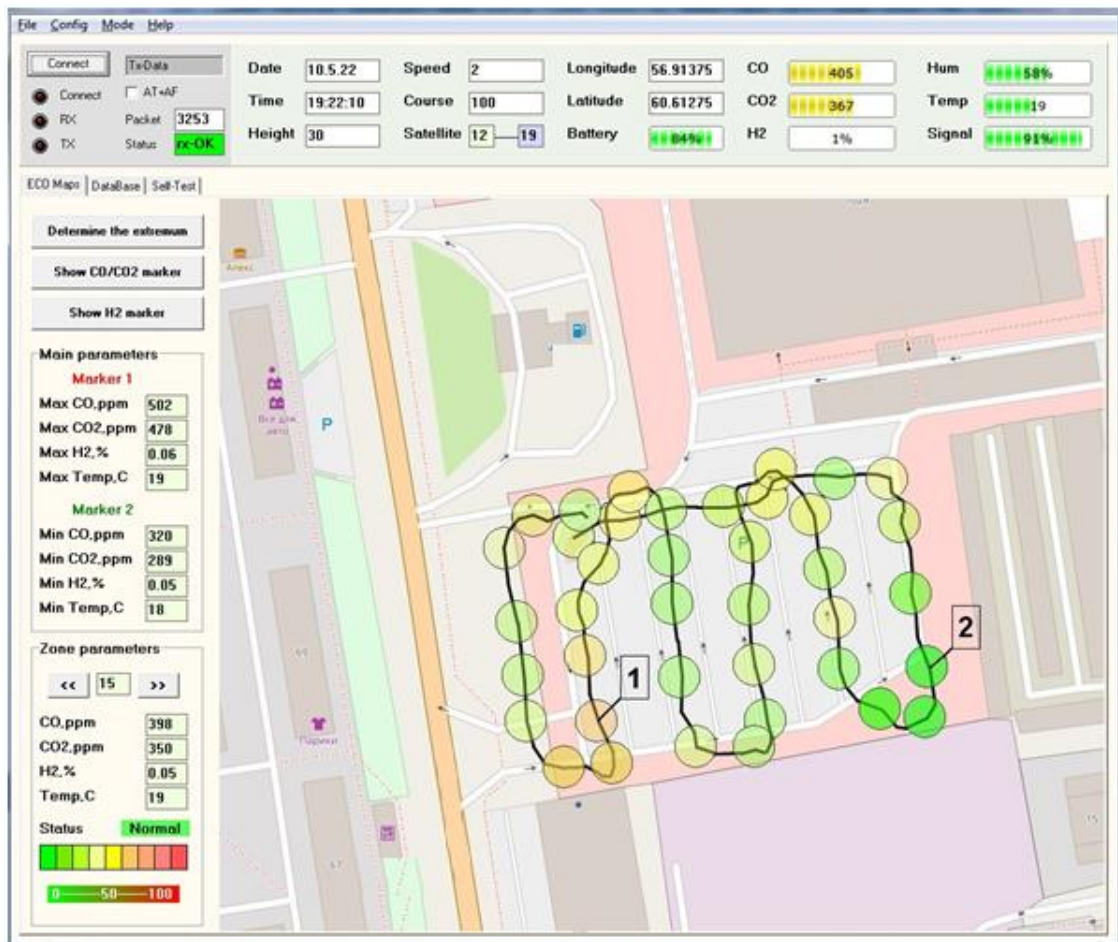


Рисунок 4.4 – Алгоритм роботи програми управління

4.3 Основні вимоги

Виходячи з поставленого завдання моніторингу стану довкілля та отриманих даних в результаті експериментального дослідження, слідує висновок: для проведення робіт моніторингу стану довкілля необхідно застосовувати БПЛА на мультиротаційній основі в рамках характеристик, зазначених у таблиці 4.2. Однак, при застосуванні системи моніторингу на відкритих майданчиках та постійних вітрових потоках рекомендується застосування БПЛА більшої маси та потужності.

Передбачається, що конструкція БПЛА буде виготовлена з композитного легкого матеріалу з достатньою вантажопідйомністю.

Таблиця 4.2 — Основні вимоги до БПЛА

Параметр	Одиниця вимірювання	Значення
Контрольована швидкість польоту	км/год	5
Максимальний кут нахилу	°	30
Тривалість польоту (З корисним навантаженням в 110 гр)	хв	30
Частота радіокерування	ГГц	2,4/5,8
Максимальний радіус польоту в режимі телеметричного управління, не менше	км	1
Максимальна дальність польоту в режимі автономного управління, не менше	км	2
Надійний радіус дальності управління від оператора, не менше	км	2
Максимальна висота польоту	м	500
Максимальна вантажопідйомність	кг	0,5
Система супутникового позиціонування та інерційної навігації		GPS / ГЛОНАСС

Крім цього, БПЛА повинен дозволяти проводити вертикальний підйом і спуск на обмеженому просторі з точністю до 1-2 м і мати високу стабільність режимів польоту.

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Комерційний та технологічний аудит науково-технічної розробки

Метою даного розділу є проведення технологічного аудиту, в даному випадку комплексного нового програмного продукту, а саме комп'ютеризованих методів та засобів моніторингу стану довкілля, який є сумісним з будь-яким рухливим носієм на кшталт квадрокоптера, винищувача або автомобіля. Актуальність розробки полягає у необхідності розробки методів та засобів моніторингу стану довкілля з метою попередження локальних та глобальних екологічних проблем. Метою є розробка методу моніторингу стану довкілля та засобів для його реалізації.

Аналогом розробки для носія-дрон є DJI Phantom 4 Multispectral високоточний безпілотник з інтегрованою мультиспектральною системою формування зображень, створеною для моніторингу довкілля та завдань промислового і сільського господарства, за ціною 280000 грн.

Для даної розробки в якості носія обрано квадрокоптер DJI Mavic 3 Fly More Combo за ціною 110000 грн.

Для проведення комерційного та технологічного аудиту залучають не менше 3-х незалежних експертів. Оцінювання науково-технічного рівня розробки та її комерційного потенціалу рекомендується здійснювати із застосуванням п'ятибальної системи оцінювання за 12-ма критеріями, у відповідності із табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Рекомендовані критерії оцінювання комерційного потенціалу розробки та їх можлива бальна оцінка

Бали (за 5-ти бальною шкалою)					
Кри	0	1	2	3	4
Технічна здійсненність концепції					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено роботоздатність в реаль-
2	Багато аналогів на малому ринку	Ринкові Мало аналогів на малому	Кілька аналогів на великому	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому

Продовження табл. 5.1 — Рекомендовані критерії оцінювання комерційного потенціалу розробки та їх можлива бальна оцінка

Ринкові переваги					
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно до рівнює цінам аналогів	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни аналогів
4	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів
5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні експлуатаційних витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів
Ринкові перспективи					
	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою
	Активна конкуренція великих компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкуренція немає
Практик на здійсненність					
	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання наявних фахівців	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування
0	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві

Продовження табл. 5.1 — Рекомендовані критерії оцінювання комерційного потенціалу розробки та їх можлива бальна оцінка

1	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років
2	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту

Усі дані по кожному параметру занесено в таблиці 5.2

Таблиця 5.2 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії оцінювання	ПІБ експертів		
	Експерт 1	Експерт 2	Експерт 3
	Бали		
Технічна здійсненність концепції	3	4	3
Наявність аналогів на ринку	3	3	4
Цінова політика	4	4	4
Технічні та споживчі властивості виробу	3	3	3
Експлуатаційні витрати	4	3	3
Ринок збуту	3	3	3
Конкурентоспроможність	4	4	4
Фахівці з технічної і комерційної реалізації	3	3	4
Фінансування	3	3	3
Матеріально-технічна база	3	3	3
Термін реалізації ідеї	4	4	4
Супровідна документація	4	3	4
Сума	41	40	42
Середньоарифметична сума балів	$(41+40+42) / 3 = 41$		

За даними таблиці 5.2 можна зробити висновок щодо рівня комерційного потенціалу даної розробки. Для цього доцільно скористатись рекомендаціями, наведеними в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 - Рівні комерційного потенціалу розробки

Середньоарифметична сума балів СБ , розрахована на основі висновків експертів	Рівень комерційного потенціалу розробки
0 - 10	Низький
11 - 20	Нижче середнього
21 - 30	Середній
31 - 40	Вище середнього
41 - 48	Високий

Як видно з таблиці, рівень комерційного потенціалу розроблюваного нового виробу є високою, що досягається за рахунок розширення функціональних можливостей системи управління та значно нижчої ціни програмного продукту, а також його високої адаптивності до різних форм носія (дрон, винищувач, автомобіль тощо). Актуальність розробки полягає у необхідності розробки методів та засобів моніторингу стану довкілля з метою попередження локальних та глобальних екологічних проблем. Метою є розробка методу моніторингу стану довкілля та засобів для його реалізації.

4.2 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної (дослідно-конструкторської) роботи

5.2.1 Основна заробітна плата розробників, яка розраховується за формулою:

$$Z_o = \frac{M}{T_p} \cdot t, \quad (4.1)$$

де М – місячний посадовий оклад конкретного розробника (дослідника), грн.;

T_p – число робочих днів в місяці, 20 днів;

t – число днів роботи розробника (дослідника).

Результати розрахунків зведемо до таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Основна заробітна плата розробників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн.
Керівник проекту	32000	1600,00	35	56000,000
Інженер	28000	1400,00	35	49000,000
Всього				105000,00

5.2.2 Витрати на основну заробітну плату робітників (Z_p), які будуть кріпити відповідний пристрій з розробленим програмний продуктом на обраний носій розраховуються на основі норм часу, які необхідні для виконання даної роботи, розраховуються за формулою:

$$Z_p = \sum_1^n t_i \cdot C_i \cdot K_c, \quad (5.2)$$

де t_i – норма часу (трудомісткість) на виконання конкретної роботи, годин;

n – число робіт по видах та розрядах;

K_c – коефіцієнт співвідношень, який установлений в даний час Генеральною тарифною угодою між Урядом України і профспілками;

C_i – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, який виконує відповідну роботу, грн./год.

C_i визначається за формулою:

$$C_i = \frac{M_m \cdot K_i}{T_p \cdot T_{zm}}, \quad (5.3)$$

де M_m – мінімальна місячна оплата праці, грн., $M_m = 6700$ грн.

K_i – тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду;

T_p – число робочих днів в місяці, $T_p = 20$ дні;

$T_{зм}$ – тривалість зміни, $T_{зм} = 8$ годин.

Погодинна тарифна ставка згідно чинного законодавства у грудні 2022 року
= 40,46 грн./год.

Розрахунки заносимо до табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Витрати на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт	Трудомісткість, год.	Розряд роботи	Тарифний коефіцієнт	Погодинна тарифна ставка, грн.	Величина оплати на робітника грн.
Заготівельні	6	3	1,35	54,621	327,726
Збиральні	22	3	1,35	54,621	1201,662
Налагоджувальні та контрольні	3,5	5	1,7	68,782	240,737
Всього					1039,82

5.2.2 Додаткова заробітна плата розробників, які приймали участь в розробці обладнання.

Додаткова заробітна плата прийнято розраховувати як 10% від основної заробітної плати розробників та робітників:

$$Z_d = (Z_{o,роз} + Z_{o,роб}) \cdot 10\% / 100\% \quad (5.2)$$

$$Z_d = (105000,00 + 1039,82) \cdot 10\% / 100\% = 10603,98 \text{ (грн.)}$$

5.2.3 Нарахування на заробітну плату розробників.

Згідно діючого законодавства нарахування на заробітну плату складають 22 % від суми основної та додаткової заробітної плати.

$$H_z = (Z_{o,роз} + Z_{o,роб} + Z_d) \cdot 22\% / 100\% \quad (5.3)$$

$$H_3 = (105000,00 + 1039,82 + 10603,98) \cdot 22\%/100 \% = 25432,88 \text{ (грн.)}$$

5.2.4. Оскільки для розроблювального програмного продукту не потрібно витрачати матеріали та комплектуючі, то витрати на матеріали і комплектуючі дорівнюють нулю.

5.2.5 Амортизація обладнання, яке використовувалось для проведення розробки.

Амортизація обладнання, що використовувалось для розробки в спрощеному вигляді амортизація обладнання, що використовувалась для розробки розраховується за формулою:

$$A = \frac{Ц}{T_e} \cdot \frac{t_{вик}}{12} \text{ [грн.]}. \quad (5.4)$$

де Ц – балансова вартість обладнання, грн.;

T – термін корисного використання обладнання згідно податкового законодавства, років

$t_{вик}$ – термін використання під час розробки, місяців.

Розрахуємо, для прикладу, амортизаційні витрати на комп'ютер балансова вартість якого становить 20000 грн., термін його корисного використання згідно податкового законодавства – 2 роки, а термін його фактичного використання – 1,750 міс.

$$A_{обл} = \frac{20000}{2} \times \frac{1,75}{12} = 1458,33 \text{ грн.}$$

Аналогічно визначаємо амортизаційні витрати на інше обладнання та приміщення. Розрахунки заносимо до таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Амортизаційні відрахування матеріальних і нематеріальних ресурсів для розробників

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн.	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, місяців	Амортизаційні відрахування, грн.
-------------------------	--------------------------	-------------------------------------	---	----------------------------------

Комп'ютер та комп'ютерна периферія (ASUS X515JA-EJ2804)	20000	2	1,750	1458,333
Офісне обладнання (меблі)	20000	4	1,750	729,167
Приміщення	650000	20	1,750	5044,271
Всього				7231,77

Амортизація обладнання, що використовувалось робітниками, розраховується аналогічно, результати розрахунків зведено в таблицю 5.7 і враховуються при розрахунку виробничої собівартості виробу.

Таблиця 5.7 – Амортизаційні відрахування матеріальних і нематеріальних ресурсів для робітників

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн.	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання		Амортизаційні відрахування, грн.
			год.	міс.	
Комп'ютер	20000	2	4	0,0250	20,8333
Спеціалізоване обладнання	20000	4	4	0,0250	10,4167
Приміщення	650000	20	18	0,1125	304,6875
Всього					335,9375

Так як вартість ліцензійної ОС та спеціалізованих ліцензійних нематеріальних ресурсів, а також спеціалізованого обладнання менше 20000 грн (операційна система – безкоштовно, осцилограф – 8000 грн., мультиметр – 380грн.), то даний нематеріальний актив не амортизується, а його вартість включається у вартість розробки повністю, $V_{\text{спец. обл.}} = 12000$ грн.

5.2.6. Витрати на комплектуючі

Витрати на комплектуючі, що були використані на виготовлення розраховуються за формулою

$$K = \sum_{i=1}^n H_i \cdot C_i \cdot K_i, \quad (5.5)$$

де H_i - кількість комплектуючих i -го виду, шт.,

C_i - роздрібна ціна комплектуючих i -го виду, грн.,

K_i - коефіцієнт транспортних витрат, $K_i=1,1$,

n - кількість видів матеріалів.

Проведені розрахунки зводимо до таблиці 5.8 без врахування транспортних витрат.

Таблиця 5.8 – Витрати на комплектуючі

Найменування комплектуючих	Кількість	Ціна за штуку, грн.
конденсатори	7	0,5
провідники 2 м	2	5
припой	1	10
флюс	1	8
резистори	4	0,5
стабілізатор напруги	1	6,5
Всього		40,00

Витрати на комплектуючі, що були використані на розробку з врахуванням транспортних витрат:

$$H = 40 \cdot 1,1 = 44,00 \text{ (грн.)}$$

5.2.7 Тарифи на електроенергію для непобутових споживачів (промислових підприємств) відрізняються від тарифів на електроенергію для населення. При цьому тарифи на розподіл електроенергії у різних постачальників (енергорозподільних компаній), будуть різними. Крім того, розмір тарифу

залежить від класу напруги (1-й або 2-й клас). Тарифи на розподіл електроенергії для всіх енергорозподільних компаній встановлює Національна комісія з регулювання енергетики і комунальних послуг (НКРЕКП). Витрати на силову електроенергію розраховуються за формулою:

$$V_e = V \cdot \Pi \cdot \Phi \cdot K_{\Pi}, \quad (5.6)$$

де V — вартість 1 кВт-години електроенергії, $V = 6,2$ грн./кВт;

Π — встановлена середня потужність обладнання, кВт. $\Pi = 0,4$ кВт;

Φ — фактична кількість годин роботи обладнання, годин.

K_{Π} — коефіцієнт використання потужності, $K_{\Pi} = 0,8$.

$$V_e = 0,8 \cdot 0,4 \cdot 8 \cdot 35 \cdot 6,2 + 0,8 \cdot 0,4 \cdot 8,0 \cdot 6,2 = 555,52 + 15,872 = 571,39 \text{ (грн.)}$$

5.2.8 Інші витрати та загальновиробничі витрати.

До статті «Інші витрати» належать витрати, які не знайшли відображення у зазначених статтях витрат і можуть бути віднесені безпосередньо на собівартість досліджень за прямими ознаками. Витрати за статтею «Інші витрати» розраховуються як 50...100% від суми основної заробітної плати дослідників:

$$I_e = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{iv}}{100\%}, \quad (5.6)$$

де H_{iv} — норма нарахування за статтею «Інші витрати».

$$I_e = (105000,00 + 655,09) \cdot 63\% / 100\% = 66805,09 \text{ (грн.)}$$

До статті «Накладні (загальновиробничі) витрати» належать: витрати, пов'язані з управлінням організацією; витрати на винахідництво та раціоналізацію; витрати на підготовку (перепідготовку) та навчання кадрів; витрати, пов'язані з набором робочої сили; витрати на оплату послуг банків;

витрати, пов'язані з освоєнням виробництва продукції; витрати на науково-технічну інформацію та рекламу та ін. Витрати за статтею «Накладні (загальновиробничі) витрати» розраховуються як 100...150% від суми основної заробітної плати дослідників:

$$H_{нзв} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{нзв}}{100\%}, \quad (5.7)$$

де $H_{нзв}$ – норма нарахування за статтею «Накладні (загальновиробничі) витрати».

$$H_{нзв} = (105000,00 + 1039,82) \cdot 136\% / 100\% = 144214 \text{ (грн.)}$$

5.2.9 Витрати на проведення науково-дослідної роботи.

Сума всіх попередніх статей витрат дає загальні витрати на проведення науково-дослідної роботи:

$$B_{заг} = 105000,00 + 1039,82 + 10603,98 + 25432,88 + 7231,77 + 335,9375 + 12000 + 44,00 + 571,39 + 66805,09 + 144214 = 373279,03 \text{ грн.}$$

5.2.11 Розрахунок загальних витрат на науково-дослідну (науково-технічну) роботу та оформлення її результатів.

Загальні витрати на завершення науково-дослідної (науково-технічної) роботи та оформлення її результатів розраховуються ZB , визначається за формулою:

$$ZB = \frac{B_{заг}}{\eta} \text{ (грн)}, \quad (5.8)$$

де η – коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання науково-дослідної роботи.

Так, якщо науково-технічна розробка знаходиться на стадії: науково-дослідних робіт, то $\eta=0,1$; технічного проектування, то $\eta=0,2$; розробки конструкторської документації, то $\eta=0,3$; розробки технологій, то $\eta=0,4$; розробки

дослідного зразка, то $\eta=0,5$; розробки промислового зразка, то $\eta=0,7$; впровадження, то $\eta=0,9$. Оберемо $\eta = 0,5$, так як розробка, на даний момент, знаходиться на стадії дослідного зразка:

$$ЗВ = 373279,03 / 0,5 = 746558 \text{ грн.}$$

5.3 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки за її можливої комерціалізації потенційним інвестором

В ринкових умовах узагальнювальним позитивним результатом, що його може отримати потенційний інвестор від можливого впровадження результатів цієї чи іншої науково-технічної розробки, є збільшення у потенційного інвестора величини чистого прибутку. Саме зростання чистого прибутку забезпечить потенційному інвестору надходження додаткових коштів, дозволить покращити фінансові результати його діяльності, підвищить конкурентоспроможність та може позитивно вплинути на ухвалення рішення щодо комерціалізації цієї розробки.

Для того, щоб розрахувати можливе зростання чистого прибутку у потенційного інвестора від можливого впровадження науково-технічної розробки необхідно:

- вказати, з якого часу можуть бути впроваджені результати науково-технічної розробки;
- зазначити, протягом скількох років після впровадження цієї науково-технічної розробки очікуються основні позитивні результати для потенційного інвестора (наприклад, протягом 3-х років після її впровадження);
- кількісно оцінити величину існуючого та майбутнього попиту на цю або аналогічні чи подібні науково-технічні розробки та назвати основних суб'єктів (зацікавлених осіб) цього попиту;
- визначити ціну реалізації на ринку науково-технічних розробок з аналогічними чи подібними функціями.

При розрахунку економічної ефективності потрібно обов'язково враховувати зміну вартості грошей у часі, оскільки від вкладення інвестицій до отримання прибутку минає чимало часу. При оцінюванні ефективності інноваційних проектів передбачається розрахунок таких важливих показників:

- абсолютного економічного ефекту (чистого дисконтованого доходу);
- внутрішньої економічної дохідності (внутрішньої норми дохідності);
- терміну окупності (дисконтованого терміну окупності).

Аналізуючи напрямки проведення науково-технічних розробок, розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки за її можливої комерціалізації потенційним інвестором можна об'єднати, враховуючи визначені ситуації з відповідними умовами.

5.3.1 Розробка чи суттєве вдосконалення програмного засобу (програмного забезпечення, програмного продукту) для використання масовим споживачем.

В цьому випадку майбутній економічний ефект буде формуватися на основі таких даних:

$$\Delta\Pi_i = (\pm\Delta\Pi_0 \cdot N + \Pi_0 \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{\rho}{100}\right), \quad (5.9)$$

де $\pm\Delta\Pi_0$ – зміна вартості програмного продукту (зростання чи зниження) від впровадження результатів науково-технічної розробки в аналізовані періоди часу;

N – кількість споживачів які використовували аналогічний продукт у році до впровадження результатів нової науково-технічної розробки;

Π_0 – основний оціночний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році після впровадження результатів наукової розробки,
 $\Pi_0 = \Pi_0 \pm \Delta\Pi_0$;

Π_0 – вартість програмного продукту у році до впровадження результатів розробки;

ΔN – збільшення кількості споживачів продукту, в аналізовані періоди часу, від покращення його певних характеристик;

λ – коефіцієнт, який враховує сплату податку на додану вартість.
Ставка податку на додану вартість дорівнює 20%, а коефіцієнт $\lambda = 0,8333$.

p – коефіцієнт, який враховує рентабельність продукту;

ϑ – ставка податку на прибуток, у 2022 році $\vartheta = 18\%$.

Припустимо, що прогнозована ціна саме на розроблений програмний продукт разом з витратами на його установку на обраний носій буде 30000 грн. за одиницю виробу, а термін збільшення прибутку складе 3 роки. За носій в даному прикладі обрано квадрокоптер DJI Mavic 3 Fly More Combo за ціною 110000 грн., загальна вартість розробки з носієм складе 140000 грн, що в два рази дешевше ніж обраний аналог – DJI Phantom 4 Multispectral високоточний безпілотник за 280000 грн.

Після завершення розробки і її вдосконалення, можна буде підняти її ціну на 3000 грн. Кількість одиниць реалізованої продукції також збільшиться: протягом першого року – на 1000 шт., протягом другого року – на 800 шт., протягом третього року на 500 шт.

До моменту впровадження результатів наукової розробки реалізації продукту не було:

$$\Delta\P_1 = (0*3000 + (30000 + 3000)*1000)*0,8333*0,2) * (1 - 0,18) = 4099999,836 \text{ грн.}$$

$$\Delta\P_2 = (0*3000 + (30000 + 3000)*(1000+800)*0,8333*0,2) * (1 - 0,18) = 8117999,675 \text{ грн.}$$

$$\Delta\P_3 = (0*3000 + (30000 + 3000)*(1000+800+500)*0,8333*0,2) * (1 - 0,18) = 10372999,585 \text{ грн.}$$

Отже, комерційний ефект від реалізації результатів розробки за три роки складе 22590999,10 грн.

5.3.2 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності.

Розраховуємо приведену вартість збільшення всіх чистих прибутків $ПП$, що їх може отримати потенційний інвестор від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки:

$$ПП = \sum_1^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1+\tau)^t}, \quad (5.10)$$

де $\Delta\Pi_i$ – збільшення чистого прибутку у кожному із років, протягом яких виявляються результати виконаної та впровадженої науково-дослідної (науково-технічної) роботи, грн;

T – період часу, протягом якою виявляються результати впровадженої науково-дослідної (науково-технічної) роботи, роки;

τ – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні, $\tau = 0,05 \dots 0,15$;

t – період часу (в роках).

Збільшення прибутку ми отримаємо починаючи з першого року:

$$ПП = (4099999,836/(1+0,1)^1) + (8117999,675/(1+0,1)^2) + (10372999,585/(1+0,1)^3) = 3727272,58 + 6709090,64 + 7793388,12 = 18229751,34 \text{ грн.}$$

Далі розраховують величину початкових інвестицій PV , які потенційний інвестор має вкласти для впровадження і комерціалізації науково-технічної розробки. Для цього можна використати формулу:

$$PV = k_{инв} * ЗВ, \quad (5.11)$$

де $k_{инв}$ – коефіцієнт, що враховує витрати інвестора на впровадження науково-технічної розробки та її комерціалізацію. Це можуть бути витрати на підготовку приміщень, розробку технологій, навчання персоналу, маркетингові заходи тощо; зазвичай $k_{инв} = 2 \dots 5$, але може бути і більшим;

ZB – загальні витрати на проведення науково-технічної розробки та оформлення її результатів, грн.

$$PV = 2 * 746558 = \text{грн.}$$

Тоді абсолютний економічний ефект E_{abc} або чистий приведений дохід (NPV , *Net Present Value*) для потенційного інвестора від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки становитиме:

$$E_{abc} = \text{ПП} - PV, \quad (5.12)$$

$$E_{abc} = 18229751,34 - 746558 = 17483193,28 \text{ грн.}$$

Оскільки $E_{abc} > 0$ то вкладання коштів на виконання та впровадження результатів даної науково-дослідної (науково-технічної) роботи може бути доцільним.

Для остаточного прийняття рішення з цього питання необхідно розрахувати внутрішню економічну дохідність або показник внутрішньої норми дохідності (IRR , *Internal Rate of Return*) вкладених інвестицій та порівняти її з так званою бар'єрною ставкою дисконтування, яка визначає ту мінімальну внутрішню економічну дохідність, нижче якої інвестиції в будь-яку науково-технічну розробку вкладати буде економічно недоцільно.

Розрахуємо відносну (щорічну) ефективність вкладених в наукову розробку інвестицій E_g . Для цього використаємо формулу:

$$E_g = \sqrt[T_{ж}]{\left(1 + \frac{E_{abc}}{PV}\right)} - 1, \quad (5.13)$$

$T_{ж}$ – життєвий цикл наукової розробки, роки.

$$E_g = \sqrt[3]{\left(1 + 17483193,28 / 746558\right)} - 1 = 1,901$$

Визначимо мінімальну ставку дисконтування, яка у загальному вигляді визначається за формулою:

$$\tau = d + f, \quad (5.14)$$

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2022 році в Україні $d = (0,09 \dots 0,14)$;

f – показник, що характеризує ризикованість вкладень; зазвичай, величина $f = (0,05 \dots 0,5)$.

$$\tau_{\min} = 0,14 + 0,05 = 0,19.$$

Так як $E_b > \tau_{\min}$, то інвестор може бути зацікавлений у фінансуванні даної наукової розробки.

Розрахуємо термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій за формулою:

$$T_{ок} = \frac{1}{E_b}, \quad (5.15)$$

$$T_{ок} = 1 / 1,901 = 0,53 \text{ р.}$$

Оскільки $T_{ок} < 3$ -х років, а саме термін окупності рівний 0,53 роки, то фінансування даної наукової розробки є доцільним.

Висновки до розділу: економічна частина даної роботи містить розрахунок витрат на розробку продукту, сума яких складає 746558 гривень. Було спрогнозовано орієнтовану величину витрат по кожній з статей витрат. Також розраховано чистий прибуток, який може отримати виробник від реалізації нового технічного рішення, розраховано період окупності витрат для інвестора та економічний ефект при використанні даної розробки. В результаті аналізу розрахунків можна зробити висновок, що розроблений продукт за ціною дешевший за аналог і є висококонкурентоспроможним. Період окупності складе близько 0,53 роки.

ВИСНОВКИ

У роботі представлено розроблену концепцію методу та засобів моніторингу стану довкілля з використанням безпілотних літальних апаратів для створення автоматизованої системи інформаційної підтримки характеристик складу атмосфери, що є вирішенням одного із завдань науково-технічної проблеми в галузі моніторингу стану довкілля на наявність шкідливих складових.

Оперативне визначення стану навколишнього середовища за допомогою системи моніторингу стану довкілля сумісного з БПЛА дозволить знизити ризик погіршення здоров'я людей, а також дозволить запобігти витоку небезпечних газів, у тому числі вибухонебезпечних.

У рамках роботи отримані такі результати:

— проаналізовано, систематизовано та узагальнено дані про існуючі та розроблені способи моніторингу стану довкілля;

— запропоновано метод та спроектовано модульний засіб із застосуванням БПЛА, що дозволяє вимірювати концентрації шкідливих речовин, здійснювати збір, аналого-цифрове перетворення, бездротову передачу інформації, зберігання, кінцеву обробку сигналу диспетчером за даними, що відображаються на персональному комп'ютері;

— проаналізовано ринок сучасної сенсорної, мікроелектронної техніки, визначено компонентний склад системи, що забезпечить необхідну функціональність;

— розроблено програмний продукт для прийому, зберігання, безперервної візуалізації результатів вимірювання системи на диспетчерському комп'ютері;

— проведено тестування роботи інтерфейсу на ПК;

— проведено тестування для визначення координат БПЛА та стану повітря у цій координаті для подальшої побудови карти забруднень у додатку.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Клименко М.О. Моніторинг довкілля : підручник / М. О. Клименко, А. М. Прищеп, Н. М. Вознюк. — Київ : Академія, 2006. — 360 с.
2. Моніторинг довкілля : підручник / за ред.: В. М. Боголюбова, Т. А. Сафранова.— Херсон, 2012. — 530 с. 3. Рибалов О. О. Основи моніторингу екологічного простору : навч. посіб. / О. О. Рибалов. — Суми : СумДУ, 2007. — 240 с.
3. Панас Р. М. Основи моніторингу та прогнозування використання земель : навч. посіб. / Р. М. Панас. — Львів : Новий Світ-2000, 2007. — 224 с. 5. Троянський О. І. Моніторинг якості повітря / О. І. Троянський, О. А. Дашковський. — Житомир : Волинь, 2004. — 160 с. 6. Троянський О. І. Моніторинг якості води / О. І. Троянський. — Житомир : Волинь, 2004.— 192 с. 7.
4. Греков Л. Д. Космічний моніторинг забруднення земель техногенним пилом / Л. Д. Греков, Г. Я. Красовський, О. М. Трофимчук. — Київ : Наукова думка, 2007. — 123 с.
5. Красовський Г. Я. Інформаційні технології космічного моніторингу водних екосистем і прогнозу водоспоживання міст / Г. Я. Красовський, В. А. Петросов – К. : Наукова думка, 2003. – 224 с.
6. Ровинский Ф. Я. Проблемы анализа при контроле загрязнений окружающей среды / Ф. Я. Ровинский, Н. К. Гасилина // Журнал аналитической химии. – 1978. – Т. 33. – № 1. – С. 160-170.
7. Zeiler M. Modeling our World.– ESRI: Redlands, USA, 1999. – 202 p. б) за назвою: 1. Математика в поняттях, позначеннях і термінах : У 2 ч. : Ч. 2.– К. : Радянська школа, 1986.– 320 с.
8. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / [Романенко В. Д., Жукинський В. М., Оксіюк О. П. та ін.]. – К. : СИМВОЛ–Т, 1998. – 28 с.
9. РД 211.0.8.107-05 «Методичні рекомендації з питань створення систем моніторингу довкілля регіонального рівня» / [Варламов Є. М., Юрченко Л. Л., Катриченко Г. М., Єрмоленко Ю. В.]. – К.: Мінприроди, 2005. – 35 с.

10. Созінов О. О. Моніторинг біологічної різноманітності в агроєкосистемах / О. О. Созінов // Агроєкологія і біотехнологія. – Вип. 3. – 1999. – С. 9-19. 2. Бусыгин Б. С. Инструментарий геоинформационных систем: [справочное пособие] / Б. С. Бусыгин, И. Н. Гаркуша — К. : ИРГ «ВБ», 2000. — 172 с.
11. Красовський Г. Я. Практичні завдання регіонального моніторингу поверхневих вод суші з космосу з застосуванням ГІС-технологій / [Красовський Г. Я., Брук В. В., Волошкіна О. С., Готинян В. С.] // Екологія і ресурси. – 2002. – № 3. – С. 135-147.
12. Іванова Н. Ю. Технологія проектування друкованих плат у САПР Р-CAD-2006: навч. посібник / Н. Ю. Іванова, А. С. Петров, В. І. Поляков. - Оренбург: ОГУ, 2018. - 152 с.
13. Алексенко А. Г., Шагурин И. И. Мікросхемотехніка. – М.: Радіо і зв'язок, 1990.- 496 с.
14. Барнс Д. Электронное конструирование: методы борьбы с помехами. – М: Мир, 1990.- 238с.
15. 3. Баскаков С. И. Радиотехнические цепи и сигналы. – М.: Высшая школа, 1983.- 536 с.
16. Бойко В. І., Багрій В. В. Цифрова схемотехніка. – К: ІЗМН, 2001.- 228 с.
17. Большие интегральные схемы запоминающих устройств. Справочник. Под ред. Гордонова А. Ю., Дьякова Ю. Н. – М.: Радио и связь , 1990.-288 с.
18. Борисенко О. А. Цифрові автомати. – Суми: Видавництво СумДУ, 2001.- 168 с
19. Atmel ATmega8 данихнапису [Електронний ресурс]. - URL: <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATmega8> (Дата звернення 25.01.2022).
20. Професійний стандарт "Інженер-радіоелектронщик" [Електронний ресурс]. - URL: <https://ppt.ru/docs/profstandarts/view/524> (дата звернення 15.02.2022).
21. LM1084 5A Low-drop positive regulator [Електронний ресурс]. - URL: https://www.promelec.ru/fs/sources/48/39/ac/cb/3b65a6f2dc9cb7e6fccc27_f1.pdf (Дата звернення 20.03.2022).

22. Білібін К. І. Конструкторсько-технологічне проектування електронної апаратури: навч. посібник для вузів / К. І. Білібіна, А. В. Мікушин, В. А. Шахнов. - Москва: МДТУ ім. н.е. Баумана, 2005. - 586 с.

23. Фільтри нижніх та вищих частот [Електронний ресурс]. - URL: <https://tel-spb.ru/rc.html> (Дата звернення 25.03.2022).

24. Джерела забруднення довкілля [Електронний ресурс]. - URL:<http://libraryno.ru/8-1-osnovnye-istochniki-shuma-izso> (Дата звернення 20.01.22).

25. Мокін В. Б. Новий підхід до формалізації та автоматизації обробки схем відбору проб води в підсистемі „Вода та скиди” АСУ "ЕкоІнспектор" Держекоінспекції Мінприроди України / [Мокін В. Б., Боцула М. П., Ящолт А. Р.] // [Наукові праці Вінницького національного технічного університету. Електронне видання]. — 2008. — № 2. — Режим доступу до журн.: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/VNTU/2008-2/2008-2.files/uk/08vbmpou_uk.pdf.

ДОДАТОК А

Міністерство освіти та науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії
Кафедра обчислювальної техніки

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ОТ

_____ проф., д.т.н. О. Д. Азаров

« ___ » _____ 2022 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на виконання магістерської кваліфікаційної роботи

«Метод та засоби моніторингу стану довкілля»

08-23.МКР.020.00.000 ПЗ

Науковий керівник: к. т. н., доц. каф ОТ

_____ Колесник І.С.

Магістрант групи 2КІ-21м

_____ Денисюк І.Ю.

Вінниця 2022

1. Підстава виконання магістерської кваліфікаційної роботи

1.1 Застосування сучасних технологій програмування та розроблених підходів їх інтеграції до системи екологічного моніторингу суттєво прискорить процес виявлення екологічних проблем, підвищить зручність використання кводрокоптерів для цього, дозволить скоротити витрати на обчислювальні ресурси.

Актуальність полягає у необхідності розробки методів та засобів моніторингу стану довкілля з метою попередження локальних та глобальних екологічних проблем.

1.2 Наказ про затвердження теми магістерської кваліфікаційної роботи 205-А від 15.09.2022 р.

2 Мета і призначенням МКР

2.1 Метою є розробка методу моніторингу стану довкілля та засобів для його реалізації.

2.2 Призначення розробки — виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

3. Вихідні дані для виконання МКР

Вихідні дані для виконання МКР: технічні параметри на, AtmelStudio 6.0, технічні параметри на МК АТМega8, C++ Builder 10.3 Rio (v26)

4. Вимоги до виконання МКР

МКР повинна задовольняти такі вимоги:

- проаналізувати існуючі рішення у галузі моніторингу стану довкілля;
- запропонувати та обґрунтувати метод моніторингу;
- спроектувати апаратну і програмну частини засобів моніторингу;
- експериментально дослідити метод та засоби моніторингу.

5. Етапи МКР та очікувані результати

Етапи роботи та очікувані результати приведено в Таблиці А.1.

Таблиця А.1 — Етапи МКР

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Постановка задач роботи	15.09.22	
2	Промислове застосування систем моніторингу	15.09-16.09.22	
3	Загальні вимоги до методик проведення моніторингу	16.09-24.09.22	
4	Засоби моніторингу та основні вимоги до них	24.09-04.10.22	
5	Апробація розробленого методу та засобів моніторингу	04.10-14.10.22	
6	Розробка структурної схеми	14.10-23.10.22	
7	Обґрунтування та вибір елементної бази	24.10-31.10.22	
8	Розробка принципової схеми	01.11-16.11.22	
9	Розрахунок економічної частини роботи	17.11-30.11.22	
10	Оформлення пояснювальної записки та ілюстративного матеріалу	01.12-06.12.22	
11	Аналіз виконання роботи, висновки, додатки	07.12-06.12.22	
12	Перевірка якості виконання магістерської роботи та усунення недоліків	15.12.21	

6 Матеріали, що подаються до захисту МКР

До захисту МКР подаються: пояснювальна записка МКР, ілюстративні та графічні матеріали, протокол попереднього захисту МКР на кафедрі, відзив наукового керівника, відзив опонента, протоколи складання державних екзаменів, анотації до МКР українською та іноземною мовами, довідка про відповідність оформлення МКР діючим вимогам.

7 Порядок контролю виконання та захисту МКР

Виконання етапів розрахункової та графічної документації МКР контролюється науковим керівником згідно зі встановленими термінами. Захист МКР відбувається на засіданні Державної екзаменаційної комісії, затвердженою наказом ректора.

8 Вимоги до оформлення МКР

При оформлюванні МКР використовуються:

— ДСТУ 3008: 2015 «Звіти в сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання»;

— ДСТУ 8302: 2015 «Бібліографічні посилання. Загальні положення та правила складання»;

— міждержавний ГОСТ 2.104-2006 «Єдина система конструкторської документації. Основні написи»;

— Методичні вказівки до виконання магістерських кваліфікаційних робіт зі спеціальності 123 — «Комп'ютерна інженерія». Кафедра обчислювальної техніки ВНТУ 2022.

ДОДАТОК Б
Комплекс DJI Phantom 4 Multispectral



Рисунок Б — Комплекс DJI Phantom 4 Multispectral

ДОДАТОК В

Блок-схема алгоритму роботи



Рисунок В1 — Блок-схема алгоритму роботи

ДОДАТОК Д

Алгоритм роботи програми управління

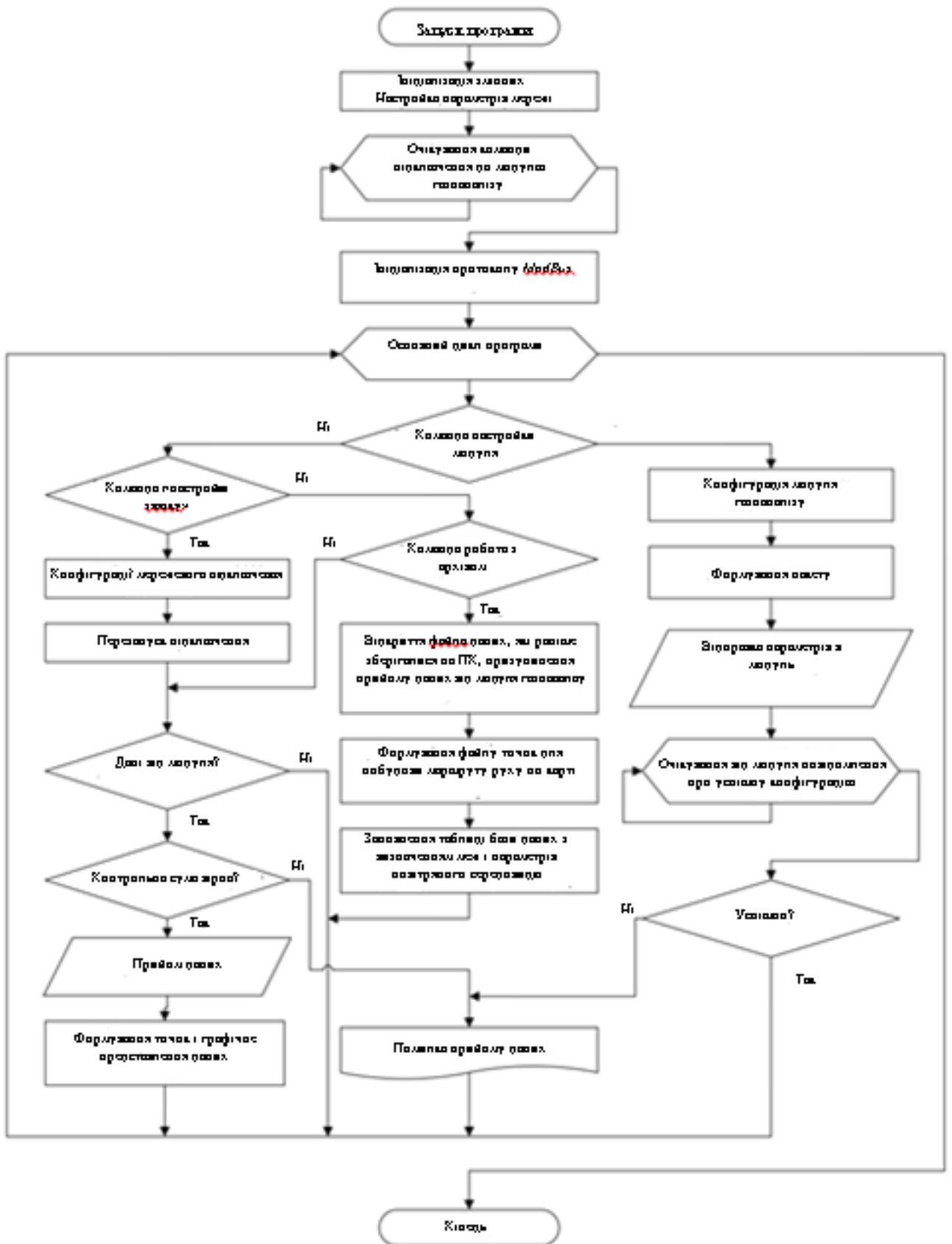


Рисунок Д1 — Алгоритм роботи програми управління

ДОДАТОК Е

Структурна схема пристрою



Рисунок Е1 — Структурна схема пристрою

ДОДАТОК Ж

Електрична схема

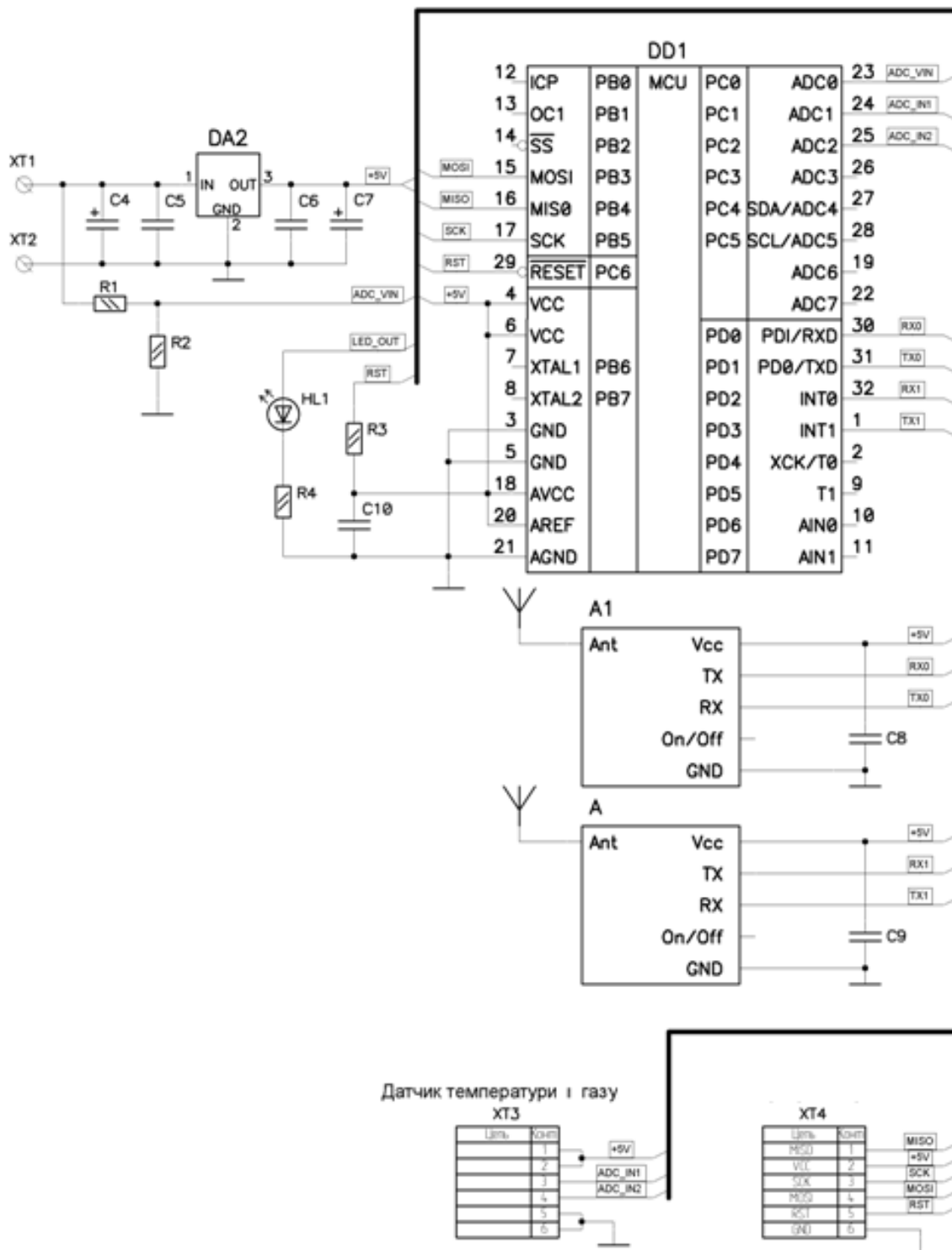


Рисунок Ж1 — Електрична схема

ДОДАТОК 3
ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Метод та засоби моніторингу стану довкілля

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра обчислювальної техніки
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 94.9% Схожість 5.1%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

- Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
- Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку _____ Захарченко С.М.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи _____
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис) (прізвище, ініціали)

