

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Радіотехнічний факультет

Кафедра радіоконструювання та виробництва радіоапаратури

«На правах рукопису»
УДК 621.317.441

До захисту допущено:

В.о.зав.кафедри

_____ Євгеній НЕЛІН

«__» _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

**за освітньо-професійною програмою «Інтелектуальні технології
мікросистемної радіoeлектронної техніки»**

за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

на тему: «Металошукач з бездротовим інтерфейсом передачі даних»

Виконав (-ла):

студент (-ка) 2 курсу, групи РІ-391мп
Андрієнко Ілля Вадимович

Керівник:

К.т.н., доцент Лащевська Наталія Олександрівна

Рецензент:

Д.т.н., професор каф. РТПС Васильєв Володимир Миколайо-
вич

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент (-ка) _____

Київ – 2020 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Радіотехнічний факультет

Кафедра радіоконструювання та виробництва радіоапаратури

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітньо-професійна «Інтелектуальні технології мікросистемної радіоелектронної техніки»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о.завідувача кафедри

_____ Євгеній НЕЛІН

«02» вересня 2020 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студента
Андрієнка Іллі Вадимовича

1. Тема дисертації «Металошукач з бездротовим інтерфейсом передачі даних»
науковий керівник дисертації Лашевська Наталія Олександрівна, к.т.н., доцент
затверджений наказом по університету від «5» листопада 2020 р. №3223-с
2. Термін подання студентом дисертації 11 грудня 2020 року
3. Об'єкт дослідження: металошукач в поєднанні з сучасним алгоритмом обробки отриманого сигналу від пошукового об'єкту
4. Вихідні дані: принцип дії металошукача передача-прийом; робоча частота, 5...25 кГц; режим роботи динамічний; напруга живлення пошукового датчику, 3,7 В;
5. Перелік завдань, які потрібно розробити: описати ідею дослідження проекту; провести аналіз аналогічних проектів на ринку; обґрунтувати схемотехнічні рішення; провести аналіз сучасних технологій детектування в металошукачах; провести порівняльну характеристику типів пошукових котушок; запропонувати реалізацію можливого прототипу; написати стартап проект.
6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: схема електрична функціональна прототипу; схема електрична принципова прототипу; не менше 15 слайдів презентації.
7. Орієнтовний перелік публікацій: виступ на конференції.

8. Дата видачі завдання 02 вересня 2020 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Розробка ТЗ	02.09.20 — 02.10.20	
2	Аналіз ТЗ	03.10.20 — 10.10.20	
3	Огляд та вибір схемотехнічної реалізації	11.10.20 — 25.10.20	
4	Проектування ДП	26.10.20 — 10.11.20	
5	Конструкторські розрахунки	11.11.20 — 25.11.20	
6	Опис стартап проекту	26.11.20 — 05.12.20	

Студент

Ілля АНДРІЄНКО

Науковий керівник



Наталія ЛАЩЕВСЬКА

АНДРІЄНКО І.В. РІ-391МП, 2020

РЕФЕРАТ

Перед археологами, пошуковцями професія та захоплення яких пов'язані з пошуком цінностей та різноманітних предметів за допомогою металошукача постає питання удосконалення власного пошукового обладнання. Металошукач з бездротовим інтерфейсом передачі даних за задумом поєднує додаток для смартфонів та пошукову котушку, які не лише реалізують металошукач з повноцінним набором функцій і можливостей, здатним забезпечити оптимальні умови пошуку будь-чого, а й зменшує витрати на покупку пошукового обладнання. Для оновлення такого металошукача достатньо купити потужнішу пошукову котушку.

Метою даної роботи є аналіз поставленої задачі та вибір конструктивних рішень для апаратної реалізації такого металошукача, а саме розробка схеми безпроводної передачі від пошукового датчика пристрою до оператора.

Об'єктом дослідження являється металошукач в поєднанні з сучасним алгоритмом обробки отриманого сигналу від пошукового об'єкту.

Предмет дослідження — схемотехнічні рішення при розробці сучасних металошукачів.

Методи дослідження:

- аналіз технологій детектування в сучасних металошукачах;
- співставлення можливих варіантів передачі даних між пошуковою котушкою та смартфоном;
- порівняння характеристик різних типів котушок;
- теоретичний конструкторський розрахунок.

В роботі запропонована нова конструкторська концепція реалізації металошукача. Головним пультом, екраном, аудіо джерелом, в такому металошукачі є смартфон користувача.

Магістерська дисертація на тему «Металошукач з бездротовим інтерфейсом передачі даних» має обсяг: 68 сторінок, 27 рисунків, 14 таблиць, 18 посилань.

Ключові слова: Bluetooth, металошукач, цифрова обробка сигналів, бездротовий, датчик, Arduino.

ABSTRACT

Archaeologists, whose research and job are related to the search of valuables and different objects with the help of a metal detector, are faced with the question of improving their own equipment. The metal detector with a wireless data transfer interface consists of an application for smartphones and a search coil, which not only implements a metal detector with a full set of functions and capabilities that can provide optimal search conditions for anything but also reduces the cost of equipment. To update such a metal detector, it is enough to buy a more powerful search coil.

The purpose of this work is to analyze the problem and the choice of design solutions for the hardware implementation of such metal detector, namely to develop a wireless transmission scheme from the search sensor of the device to the operator.

The object of research is a metal detector in combination with a modern algorithm for processing the received signal from the search object.

The subject of research - circuit solutions for modern metal detectors development.

Methods of research:

- analysis of detection technologies in modern metal detectors;
- characteristics comparison of different types of coils;
- calculation for theoretical design.

The master's thesis proposes a new design concept for the implementation of a metal detector. The main parts of such metal detector (remote control, screen, audio source), are inside user's smartphone.

Master's thesis "Metal detector with a wireless data transmission interface" has 68 pages, 27 figures, 14 tables, 18 sources.

Keywords: Bluetooth, metal detector, digital signal processing, wireless, sensor, Arduino.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, СИМВОЛІВ ТА ОДИНИЦЬ	7
ВСТУП	8
1 АНАЛІЗ ТА ОСОБЛИВОСТІ КОНЦЕПТУ МЕТАЛОШУКАЧА	9
1.1 Опис ідеї, концепт металошукача	9
1.2 Огляд існуючих аналогів на ринку	11
1.3 Висновки за розділом	15
2 ВИБІР СХЕМОТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ	16
2.1 Використання технологій детектування в сучасних металошукачах	16
2.2 Порівняльна характеристика різних типів котушок	21
2.3 Реалізація інтерфейсу передачі даних між датчиком та смартфоном	23
2.4 Висновки за розділом	30
3 ПРОЕКТУВАННЯ ПРОТОТИПУ	31
3.1 Розробка функціональної схеми	31
3.2 Обґрунтування вибору складових частин пристрою	32
3.3 Розробка схеми електричної принципової	37
3.4 Проектування друкованої плати	39
3.5 Розрахунок надійності	45
3.6 Висновки за розділом	51
4 РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ	52
4.1 Ідеї продукту	52
4.2 План оновлення продукту	54
4.3 Розробка ринкової стратегії проекту	56
4.4 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	58
4.5 Висновки за розділом	59
ВИСНОВКИ	60
ЛІТЕРАТУРА ТА ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ	61
Додаток А — Технічне завдання	62

Додаток Б — Схема електрична функціональна	63
Додаток В — Схема електрична принципова	64
Додаток Г — Перелік елементів	65

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

VLF — very low frequency

IB — induction balance

GPS — global positioning system)

OLED — organic light-emitting diode

Li-Po — lithium polymer

BBS — broad band spectrum

MUX — multiplexer

DAC — digital to analog converter

MCU — microcontroller unit

Vref — voltage reference

FBS — full band spectrum

FCC — Federal Communications Commission

ETSI — European Telecommunications Standards Institut

RFM — radio frequency module

COB — chip-on-board

UART— universal asynchronous receiver/transmitter

MOSFET — metal-oxide-semiconductor field-effect transistor

ЄСКД — єдина система конструкторської документації

Rx — recieve

Tx — trancieve

CTS — clear to send

RTS — request to send

ШИМ — широко імпульсна модуляція

ОЗУ — оперативно запам'ятовуючий пристрій

ОДП — одностороння друкован плата

ДДП — двостороння друкована плата

ВСТУП

Тенденція сьогодення — втеча з бурхливого міста, популяризація активного туризму та здорового способу життя, організація активного, здорового відпочинку, та змістовного дозвілля. Це призвело до збільшення кількості людей які пов'язали своє хобі з пошуком цінностей та предметів старини за допомогою металошукача.

Металошукач може виявляти метал в землі і воді, в конструкціях будинків і споруд, в харчових відходах і смітті, під одягом і в багажі, в організмі людини і тварин. Сучасні технології дозволяють виконати металошукач у вигляді компактного пристрою, що має високу надійність. Також мають місце і габарити пристроїв, що використовуються в професійних цілях пошуку.

Крім того, сучасні металошукачі за своєю суттю є справжніми комп'ютерами для пошуку, з цифровою обробкою сигналів і задіянням мікропроцесора для ідентифікації виявленого об'єкту. Оброблена таким чином інформація відображається на рідкокристалічному дисплеї і відтворюється в звуковому режимі через гучномовець або навушники. Інформація містить дані про глибину залягання знайденого предмета, його провідність в чисельному вираженні, що відповідає типу металу, приблизні габарити.

Сьогодні на ринку представлена досить велика кількість металошукачів, які різняться за типом, функціоналом та вартістю. Однак більшість з них має ідентичну, основну конструкцію і дуже високу ціну, яка вимагає до комплектації приладу.

Тому метою магістерської дисертації є презентація нового конструкторського рішення в створенні металошукача з безпроводним інтерфейсом передачі даних. Основою реалізації є ідея, де смартфон користувача замінює обчислювальний блок металошукача та забезпечує зв'язок між пошуковою котушкою та мобільним телефоном користувача.

1 АНАЛІЗ ТА ОСОБЛИВОСТІ КОНЦЕПТУ МЕТАЛОШУКАЧА

1.1 Опис ідеї, концепт металошукача

Блок керування металошукача дуже низької частоти (VLF) в конфігурації з пошуковим датчиком виконаним за технологією індукційного балансу (ІВ) — це не що інше, як генератор, передавач підсилювача сигналу, приймальний підсилювач сигналу, аналоговий фільтр та процесор. Усі ці компоненти існують всередині смартфонів. Різниця полягає в тому, що більшість металошукачів виготовляються за допомогою компонентів, а схеми не змінюються останні десятиліття, але смартфони, щомісяця оновлюються. Більшість металошукачів, що продаються в межах декількох сотень доларів, використовують 8-бітові процесори зі швидкістю обробки менше 20 МГц, тоді як нині будь-який сучасний смартфон в тисячі разів швидший.

В технічному плані металошукач для смартфона може бути набагато досконалішим, ніж звичайний металошукач із подібним ціновим діапазоном.

Наприклад, на рисунку 1.1 представлення внутрішня материнська плата металошукача, що продається на ринку за три сотні доларів. Порівняно з будь-яким сучасним смартфоном, його потужність обробки, пам'ять та графічна потужність в тисячі разів слабша.

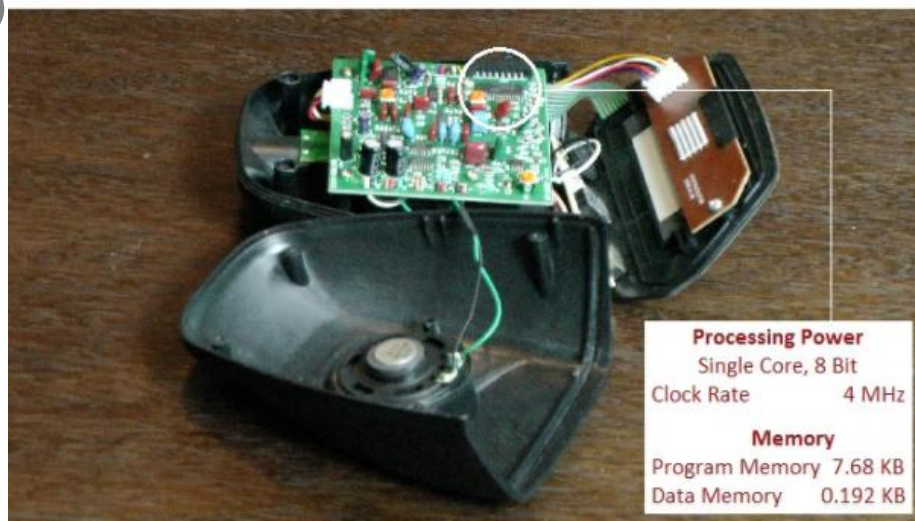


Рисунок 1.1 Материнська плата металошукачу

Більш швидка потужність обробки дозволяє проводити обчислення частотної області та застосування декількох цифрових фільтрів та алгоритмів виявлення на отриманому сигналі, що призводить до більш надійної продуктивності. Більш швидка потужність обробки дозволяє одночасно проводити багаторазове вимірювання частоти та швидкий розрахунок. Крім того, швидша потужність обробки дозволяє здійснювати лінійне графічне сканування, яке виконує не кожен металошукач на ринку.

Додаток для смартфона — головна перевага бездротового металошукачу перед сучасними технологіями. Виробники металошукачів регулярно представляють нові моделі своєї продукції. Купуючи металошукач на ринку, пристрій практично використовується лише обмежений час. Нові функції та кращі характеристики спонукають будь-якого клієнта придбати нову модель. За допомогою металошукача на основі смартфона користувач платить одноразово за обладнання та отримує постійне оновлення програмного забезпечення в майбутньому.

Отже, виробники смартфонів використовують передові технології у своїх продуктах. Виробництво товару в надзвичайно великих масштабах дозволяє їм встановити дуже доступну ціну для смартфона. Понад 90% компонентів, необхідних для виготовлення металошукача VLF, вже існує у смартфоні. А саме, компоненти для складання передаючого сигналу, компоненти для прийому вхідного сигналу, буфери сигналів та підсилювачі (внутрішні аналогові схеми смартфона), процесор, пам'ять, цифрові/аналогові фільтри, дисплей. Користувач смартфона вже заплатив приблизно за 70% металошукача.

1.2 Огляд існуючих аналогів на ринку

На даний момент на ринку існує невелика кількість аналогічних металодіагностів, представлені типи металодіагностів в підрозділі 1.2.1 та 1.2.2 є тестовими проектами, які знаходяться ще на стадії розробки та тестування.

1.2.1 Металодіагност Air Metal Detector

Українсько-Американський проект має 9,5 дюймову пошукову котушку, яка, як повідомляється, здатна виявляти невеликі металеві предмети, розташовані до 12 дюймів під землею або більші предмети на відстань до 1,2 м. При виявленні пошукового об'єкту Air Metal Detector передає сигнал через Bluetooth на смартфон IOS або Android користувача, який встановлений на ручці, зовнішній вигляд проекту зображено на рисунку 1.2.



Рисунок 1.2 Металодіагност Air Metal Detector

Додаток на телефоні повідомляє користувачів за допомогою звукового тону та відображення на екрані, останній вказує на тип металу та його глибину в ґрунті. Щоб не турбувати сповіщеннями про предмети, які не є доцільними при пошуку, користувачі можуть налаштувати додаток на ігнорування певних металевих предметів або дрібних предметів. Крім того, GPS — координати відкопаних речей можуть бути записані у додатку на карті.

Сам пристрій важить 900 грам і має телескопічну штангу.

Живлення забезпечується літійовим акумулятором на 900 мАг, який, як повідомляється, достатньо для 10 — 12 годин використання заряду.

На стадії розробки компанія розробник пропонує предзамовлення за 199 доларів, а запланована роздрібна ціна — 450 доларів [1].

1.2.2 Металодетектор CSP86

Ще один проект металодетектора з підтримкою смартфона, який не використовує Bluetooth, а підключається до пошукової котушки за допомогою роз'єму 3,5 CSP86, та поки що не досяг успіхів.

CSP86, з котушкою діаметром 20 см, як запевняє виробник є найбільш компактним професійним металодетектором у світі. За задумом, це вдосконалений одночастотний металодетектор за схемою VLF з автоматичним балансуванням, дискримінацією та GPS, зовнішній вигляд металодетектора зображено на рисунку 1.3



Рисунок 1.3 Металодетектор CSP86

CSP86 живиться через роз'єм для навушників телефону. У зовнішньому акумуляторі немає потреби. Він розрізняє різні види металів та попередньо запрограмований для точного виявлення золота й срібла[2].

1.2.3 Металошукач XP Deus

Металошукачі XP Deus — це бездротова система: пошукова котушка, блок, навушники. Для кріплення котушки використовується легка телескопічна штанга спеціальної форми, зовнішній вигляд металошукача зображено на рисунку 1.4



Рисунок 1.4 Металошукач XP Deus

В приладі повністю використовується бездротова технологія: сигнали між блоком керування, котушкою і навушниками передаються без шнурів. Це не тільки відповідає сучасним уявленням про технології, а й має суто практичну складову: дроти не зачіпаються, штекери не ламаються, роз'єми не засмічуються.

Велику роль відіграє прошивка та розмір пошукового датчику тому що це дозволяє використовувати всі можливості приладу.

Котушка Black X35 працює в діапазоні частот від 3,5кГц до 27,7кГц. Всього можливе використання 35 частот (звідси і назва котушки - X35).

White HF можуть працювати в діапазоні частот від 13кГц до 81кГц. Всього може бути 21 частота, з чого видно, що White HF можуть краще працювати по дрібним цілям, по золоту, сріблу, по слабо провідним цілям (в силу того, що їм доступні більш високі частоти).

Але котушки відрізняються ще й по ємності акумулятора і часу роботи:

- котушки X35 мають акумулятор (Li—Po) на 630 мАг і можуть працювати лише 15 годин;
- котушки HF мають акумулятор (Li—Po) на 830 мАг і можуть працювати 24 години.

Це вказані усереднені значення часу роботи. Однак тривалість роботи безпосередньо залежить від частоти, на якій працює металошукач. Так на частоті 80кГц котушка HF буде працювати 28 годин, а на 14кГц — 20 годин.

Всі котушки вологонепроникні і поставляються в комплекті з захистом [3].

Андрієнко І.В. РІ-391МП, 2020

1.3 Висновки за розділом

Сьогодні на ринку представлена досить велика кількість металошукачів, які різняться за типом, функціоналом та вартістю. Однак більшість з них має ідентичну, основну конструкцію і дуже високу ціну, яка вимагає до комплектації приладу.

Металошукачі з бездротовим інтерфейсом передачі між смартфоном та датчиком на ринку офіційно не представлені, а знаходяться на етапі розробки і представлені в якості стартап проектів.

Наукова новизна розробки полягає в тому, щоб реалізувати конструкцію повноцінного металошукача “смартфон плюс датчик”, що в свою чергу призведе до зменшення вартості готового виробу та збільшення основного набору функцій даного металошукача.

Аналізуючи конструктивні особливості в поєднанні з сучасними технологіями обробки даних в металошукачах в наступних розділах слід детально порівняти та обґрунтувати вибір схеми технічного рішення для реалізації конструкторського задуму та розробки стартап проекту.

При проектуванні, доцільно використати випробувані конструктивні рішення. Металошукач, прилад який використовується під час руху, прилад повинен забезпечувати виконання заданих функцій з необхідною ефективністю та надійністю на протязі встановленого часу в заданих умовах експлуатації, транспортуванні чи зберіганні і бути технологічним при виготовленні в заданих умовах виробництва та бути безпечним під час використання.

2 ВИБІР СХЕМОТЕХІНЧНИХ РІШЕНЬ

2.1 Використання технологій детектування в сучасних металошукачах

2.1.1 Технологія VLF

Це найпоширеніша технологія, яка покладена в основу роботи більшості детекторів металу. Технологія VLF дослівно перекладається, як технологія дуже низьких частот, являє собою технологію передачі звичайної одночастотної синусоїдальної хвилі. Це традиційний тип технології, що використовується в більшості основних металошукачів. Одночастотні детектори синусоїдальної хвилі створюють електромагнітне поле, яке передається в землю суцільною хвилею. У той час як основний спосіб, яким сигнал посилається і повертається назад, не змінюється, а обробка сигналу значно поліпшується. Ця технологія виявилася надійною і простою у використанні для пошуку золота.

З моменту винаходу цієї технології, аналіз результатів значно покращився, але базовий принцип, який полягає в тому, що металодетектор випромінює сигнал і приймає відбитий сигнал, не змінився.

2.1.2 Технологія VFLEX

Технологія VFLEX використовує останні досягнення в області цифрових технологій для підвищення продуктивності детекторів, що використовують при пошуку одну частоту.

Технологія VFLEX використовує найсучаснішу цифрову електроніку та обробку сигналів для вдосконалення традиційної одночастотної VLF технології. VFLEX забезпечує підвищену ефективність детектування за допомогою ідеальної передачі синусоїди, підсилювача сигналу в котушці на частотах передачі, що обираються котушкою.

Така технологія трансформує звичайну одночастотну технологію виявлення металів, включаючи два мікроконтролери, один всередині блоку керування, а другий всередині котушки. Щоразу, коли металошукач запускається, мікроконтролери встановлюють зв'язок за допомогою цифрового каналу передачі да-

них. Мікроконтролер котушки передає конфігурацію, розмір та точну частоту котушки, тому блок керування може генерувати ідеально відповідний передавальний сигнал. Це значно зменшує спотворення і підвищує точність ідентифікації цілі. Технологія VFLEX генерує та передає ідеальну високоякісну синусоїду, використовуючи ту саму технологію, яка є у високоякісних цифрових аудіоплеєрах, і створюється без спотворень. Принцип роботи зображено на рисунку 2.1

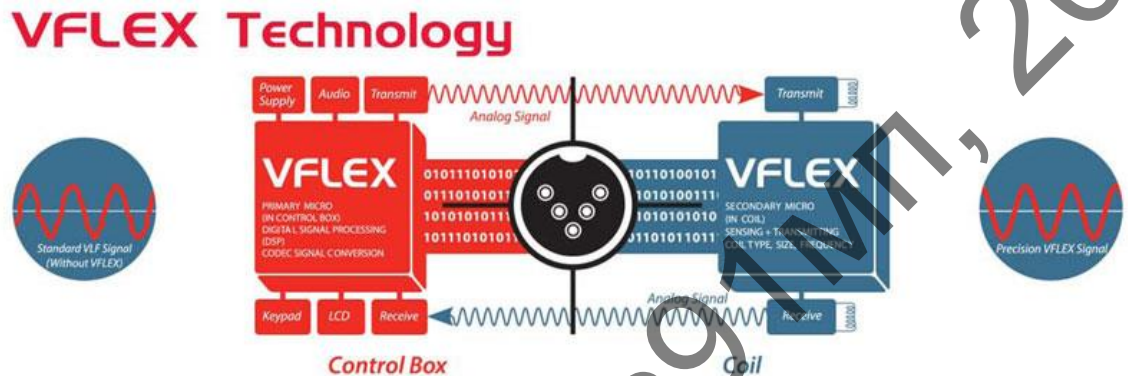


Рисунок 2.1 Технологія VFLEX

Усунення спотворень максимізує потужність, що передається від пошукової котушки, тим самим збільшуючи глибину виявлення та чутливість. Це також призводить до підвищеної точності ідентифікації цілі та більшої стійкості до зовнішніх впливів, наземного та навколишнього шуму. Слабкі цільові сигнали підсилюються всередині котушки перед тим, як прийнятий сигнал направляється по кабелю котушки, де можуть виникнути перешкоди та втрати сигналу. Ця методика покращує стійкість до електричних шумів за рахунок зменшення помилкових сигналів та збільшення потужності цільового сигналу, отже, покращується глибина виявлення та чутливість [4, 5].

2.1.3 Технологія BBS (широкопasmовий спектр)

Технологія одночасно передає, приймає та аналізує широку смугу частот, забезпечуючи значну глибину виявлення, високу чутливість та точну дискримінацію для широкого кола пошукових цілей. Ця широка смуга частот надає електроніці детектора більше інформації про ціль та навколишнє середовище, ніж це можливо за допомогою одночастотних технологій. Детектор здійснює

вдосконалену обробку сигналу цих частот, що покращує точність ідентифікації цілі та збільшує глибину. Цей процес також значно зменшує помилкові сигнали, навіть у суворих і мінливих умовах, таких як пляжі з морською водою. Як правило, високі частоти передачі більш чутливі до малих цілей, а низькі частоти передавача прибавляють глибини виявлення великим глибоким цілям. BBS одночасно передає та аналізує широку смугу декількох частот від 1,5 кГц до 25,5 кГц і, отже, чутливий як до малих, так і до великих глибоких цілей одночасно, на рисунку 2.2 зображено принцип роботи за технологією BBS

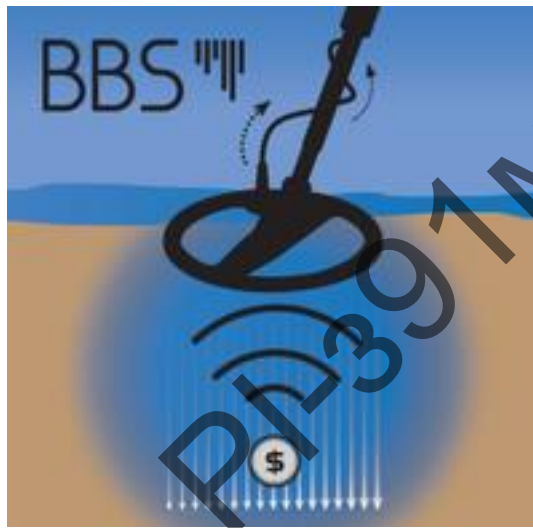


Рисунок 2.2 Принцип роботи за технологією BBS

Точне багатоканальне перетворення сигналу технологією BBS, аналіз кількох каналів сигналу за допомогою методики, яка називається мультиплексування (MUX). Ці сигнали можна порівняти з цифровими (V_{ref} так DAC), багатоканальне перетворення зображено на рисунку 2.3.

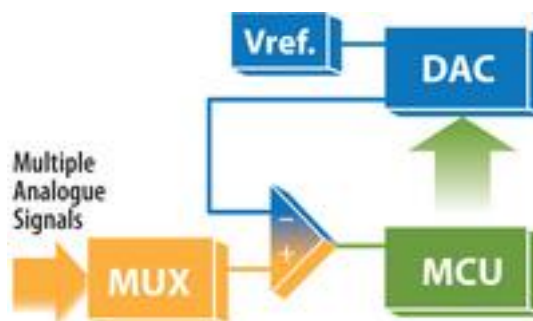


Рисунок 2.3 Точне перетворення багатоканального сигналу

Кінцевим результатом є цільові сигнали з високою роздільною здатністю, які можуть бути ідентифіковані мікроконтролером детектора (MCU). Цей метод

аналогу— цифрового перетворення дозволяє BBS відокремлювати наземні сигнали від цільових сигналів, досягаючи великої глибини та стабільності в складних умовах [5,6].

2.1.4 Технологія FBS (повнодіапазонний спектр)

FBS (Full Band Spectrum) одночасно передає, приймає та аналізує повну смугу спектру. Ця технологія забезпечує металошукач, більш детальною інформацією про ціль та навколишнє середовище, ніж це можливо за допомогою однієї частоти або технології BBS. Принцип роботи передаючого сигналу зображено на рисунку 2.4.

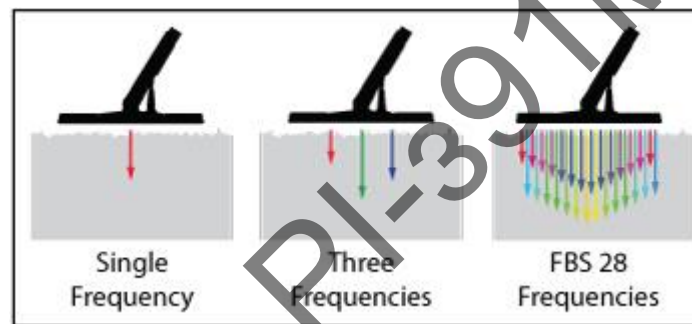


Рисунок 2.4 Принцип роботи передаючої котушки за технологією FBS

Технологія має ряд переваг, серед яких:

- висока чутливість у широкому діапазоні типів і розмірів цілей, тому достатньо провести пошуковим датчиком над поверхнею лише один раз;
- автоматична чутливість та компенсація ґрунту, тому максимальна глибина досягається навіть на мінералізованих ґрунтах, включаючи пляжі з морською водою;
- надзвичайно точне багатоканальне перетворення сигналу для точного відділення цільових сигналів від наземних для максимальної глибини виявлення та ідентифікації цілі з високою роздільною здатністю;
- Smartfind двовимірні дискримінація, надає максимальну інформацію про цілі, завдяки чому цілі можуть бути одночасно розрізнені як за залізними, так і провідними властивостями.

Як правило, високі частоти передачі більш чутливі до дрібних предметів, а низькі частоти більш прийнятні до глибокозалягаючих великих предметів. FBS одночасно передає та аналізує повну смугу декількох частот від 1,5 кГц до 100 кГц і тому чутливий як до дуже малих, так і до великих глибоких предметів одночасно, цим самим виключається можливість пропустити пошукову ціль.

FBS використовує багатоканальну сігма-дельта аналого-цифрову технологію перетворювача для оцифровки аналогових сигналів, отриманих пошуковою котушкою, обробка зображена на рисунку 2.5.

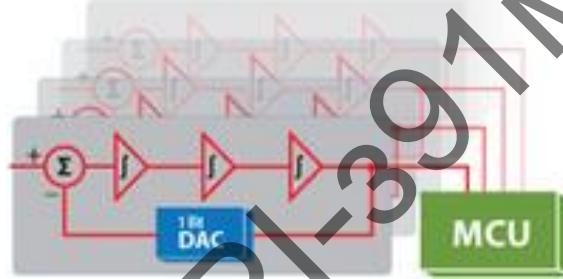


Рисунок 2.5 Ультрашвидка обробка технологією FBS

Ця ультрашвидка обробка за допомогою цифрової характеристики (1 біт DAC) забезпечує мікроконтролер (MCU) детальною інформацією щодо умов ґрунту та цілей. Це дає FBS можливість точно відокремити сигнали цілей від сигналів ґрунту для максимальної глибини виявлення [5,6].

2.2 Порівняльна характеристика різних типів котушок

2.2.1 Конструкція пошукового датчика

Найбільш практичними вважають два типи датчиків. Заштрихована область на рисунку 2.5 — це площа зони захоплення пошукового датчика на глибині рівній 75% від максимальної.

Monoloop котушка з круглою концентричною формою і «точковим» захопленням зображена на рисунку 2.5а. В такій конструкції приймальна котушка розташована всередині передавальної їх осі збігаються. Таке концентричне розташування котушок ще називають компланарним. Випромінююча ЕРС в приймальній котушці компенсується спеціальним трансформаторним пристроєм, відбираючи частину сигналу випромінюючої котушки.

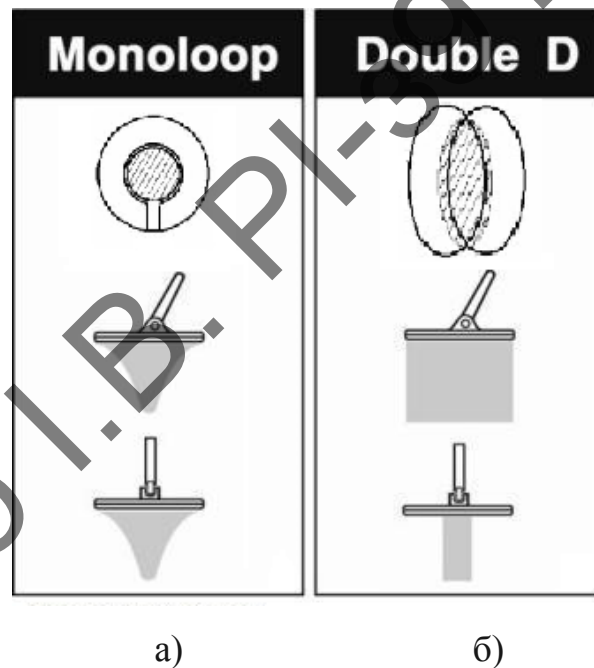


Рисунок 2.5 Конструкції пошукового датчику

Monoloop кругла концентрична котушка— *а*; еліптична DoubleD котушка— *б*.

Double D котушка з еліптичною формою котушками і «широким» захопленням, зображена на рисунку 2.5б. Форма і взаємне розташування котушок вибрано таким, щоб сумарний потік вектора магнітної індукції через поверхню, обмежену приймальною котушкою, дорівнював нулю. Для виготовлення котушок краще підходить форма еліпса, так само часто зустрічаються котушки в формі літери "D". Датчики з двома котушками у вигляді літери "D" зовні часто

бувають круглої форми. Датчики з «широким» захопленням, називають еліптичними або DD котушками[7,9].

На рисунку 2.5 різниця між котушками показана схематично. Сигнал від DoubleD котушки йде ширше. Але MonoLoop котушка дістає, як правило, глибше. DoubleD котушки металошукачів рекомендується використовувати на сильно мінералізованому ґрунті. На рисунку 2.6 детальніше показується різниця між DoubleD та MonoLoop котушкою.

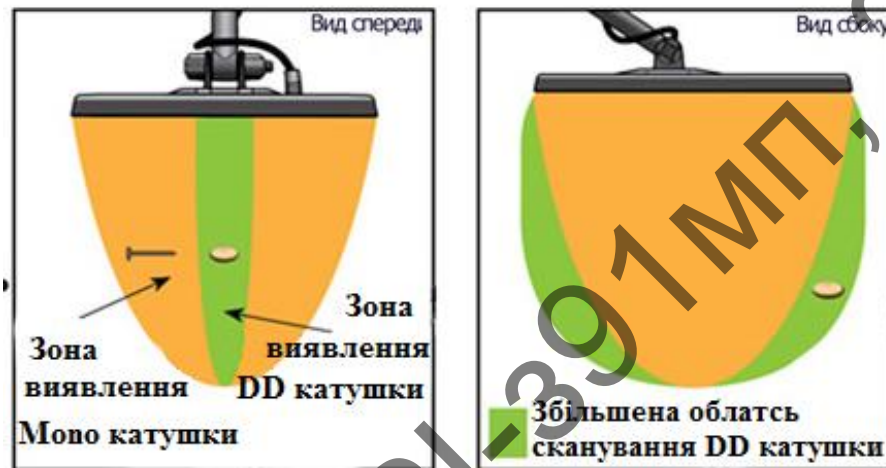


Рисунок 2.6 Порівняння між MonoLoop та Double D пошуковими котушками

Зазвичай металошукач однаково добре працює як з одним, так і другим типом котушок, але у DoubleD є перевага. Виражається воно в формі сигналу. Сканована площа MonoLoop котушок має форму конуса. Площа DoubleD - це циліндр, тобто практично вся площа під котушкою просвічується на всю глибину, доступну котушці. А не так як у MonoLoop: максимальна глибина досягається на кінці конуса в центрі кола. Кожен помах MonoLoop котушкою треба перекривати наступним помахом приблизно на 50%, в DoubleD котушки помах перекривається мінімально. Перевагою Double D так само є більш стабільна робота в умовах підвищеної мінералізації. Тому з появою DoubleD технології вона швидко знайшла своїх прихильників. На даний момент більшість виробників випускають прилади, у яких в стандартній комплектації йде саме DoubleD котушка. Треба зауважити, що Double D котушки дорожче у виготовленні, ніж Моно. Це позначається на їх ціні [8, 10].

2.2.1 Діаграма направленості пошукових котушок

Глибина виявлення металодетектором залежить від діаметра його датчика точніше від площі котушок, розмірів пошукового об'єкта, його провідності, від розташування об'єкта та його форми, від частоти випромінюваного поля. Для простоти вважається, що магнітне поле по всьому об'єму пошукового об'єкта однорідне, тобто він знаходиться на значній відстані від випромінюючої котушки. На рисунку 2.7 а приведена діаграма спрямованості датчика з круглими концентричними котушками (MonoLoop), а на рисунку 2.7 б - з еліптичною котушкою (DoubleD котушка).

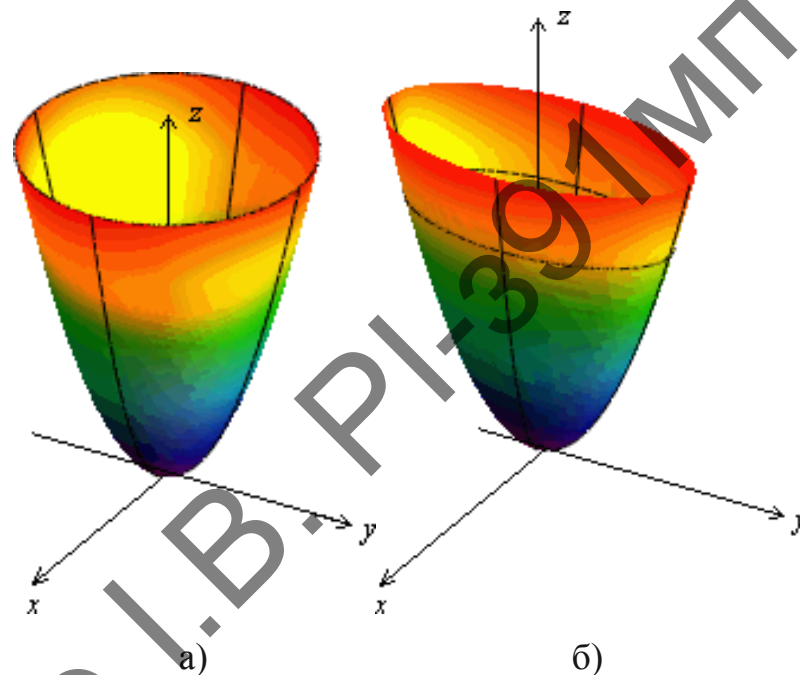


Рисунок 2.7 Діаграма направленості пошукових котушок

MonoLoop кругла концентрична котушка– а; еліптична DoubleD котушка– б.

Наведені діаграми спрямованості котушок, різні за формою і площею основи в залежності від типу датчика - коло для котушки з «точковим» захопленням і еліпс для котушки з «широким» захопленням. У основі еліпсоїда довжина великої півосі, дорівнює радіусу кола. Це поверхні 2-го порядку, які обмежують максимальний об'єм під котушкою металодетектора, де можна отримати сигнал від пошукової цілі. Сигнал від пошукової цілі розташованої на будь-якій точці цієї поверхні має одну й ту ж саму силу і відсутній за межами об'єму обмеженого поверхнею. Силкові лінії індукції магнітного поля передавальної котушки йдуть перпендикулярно до цих поверхонь в будь-якій точці. Область максима-

льної глибини виявлення монети виділена на рисунку 2.7, синім кольором по осі Z в вершині поверхонь.

Перетин площиною ZoY діаграми спрямованості датчика з еліптичною котушкою дає еліпс, а діаграми з круглими концентричними котушками - криву 2 го порядку параболу.

На рисунку 2.8, показані ці фігури, по осі Z вказана глибина, що видається приладом, коли пошукова ціль знаходиться під котушкою, а Y - це відстань від пошукової цілі до осі через центр котушки. Зона виявлення під кільцем являє собою площу фігури з віссю в центрі котушки і вершиною спрямованою в землю і обмежену параболою (в разі котушки з «точковим» захопленням) або еліпсом (еліптична котушка) [8].

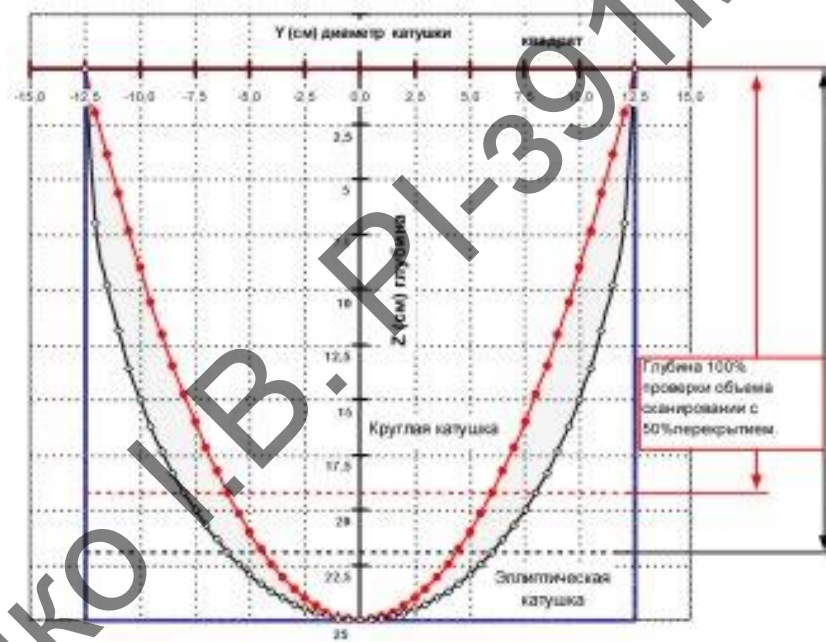


Рисунок 2.8 Площина перерізу ZoY діаграми направленості котушко

2.2.2 Оцінка глибини пошуку металодетектора Garrett AT Pro

На рисунку 2.9 схематично зображено креслення глибини пошуку пошукової котушки фірми Garrett 8.5x11 DD AT-PRO (21,59x27,94см)

Тест проводився на повітрі. Площина монети паралельно площині пошукової котушки.

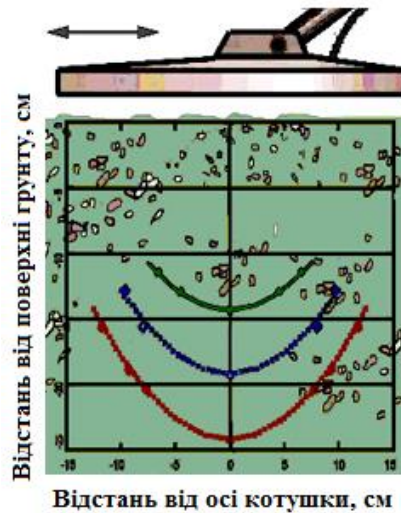


Рисунок 2.9 Глибина пошуку пошуковою котушкою Garrett 8.5x11 DD

Квадратиками і кружками відзначені точки вимірювань для монет: 10 копійок, 50 копійок, 1 гривня (старого зразка до 2018 року карбування). Криві є оцінкою того, як розташовувалися б значення, якщо провести більше вимірів:

- зелена лінія, точки, де максимальна глибина монети 10 копійок видається рівною 15 см.
- синя лінія, точки, де глибина монети 50 копійок видається рівною 20 см
- червона лінія, точки, де глибина в монети 1 гривня видається рівною 29 см.

Ці криві змальовують лінії рівної сили сигналу. Монети, розташовані в будь-якій точці лінії дають одну силу сигналу. Лінії магнітного поля котушки детектора йдуть перпендикулярно цим кривим. Форма пошуку детектора часто описують як конус. Однак ці вимірювання не відповідають даним опису. Рівняння, що відповідає всім виміряним наборам даних, формула 2.1:

$$H = H_0 - 0,16 \cdot S^2 \quad (2.1)$$

де H_0 - це глибина, що видається приладом, коли монета знаходиться під центром котушки;

S - це відстань від монети до осі котушки.

Це рівняння параболічної кривої, таким чином, параболоїд краще описує форму діаграми зони пошуку металошукача, ніж конус. Різниця в тому, що вершина параболоїда не так вузька, як у конуса. Вираз $0,16 \cdot S^2$ має на увазі, що

коли монета 1 гривня знаходиться в 2,5 см в стороні від осі котушки, втрачається тільки 1 см глибини пошуку. І втрата глибини складе 4 см при зміщенні монети на 5 см в сторону, це приблизно 15% від максимальної глибини пошуку Н0. При випробуваннях в ґрунті, на нескладних ґрунтах, максимальна глибина пошуку зменшиться приблизно на 20%, а графік глибини стиснеться з боків і в вертикальному напрямку. Це відбувається через вплив ґрунту.

Андрієнко І.В. РІ-391МП, 2020

2.3 Реалізація інтерфейсу передачі даних між датчиком та смартфоном

При виборі бездротової технології для додатків і систем збору інформації одними з головних вимог є відкритість стандарту, сумісність пристроїв різних виробників, доступність таких пристроїв в тривалій перспективі, надійність технології, низька ціна, економічність, можливість побудови мереж різної архітектури. Інтерфейс передачі даних між смартфоном та пошуковим датчиком в теорії можна реалізувати за допомогою RFM модулю або Bluetooth модулю.

RFM модулі діапазонах 315, 433, 868 і 915 МГц. Дані пристрої використовують ЧМ модуляцію і відповідають рекомендаціям FCC і ETSI. Пристрої мають невисоку ціну і малі розміри (не більше 3 см²). Радіомодулі зберігають працездатність в діапазоні температур 40 ... + 85 °С. Радіомодулі RFM виробляються за технологією COB, у вигляді друкованої плати з встановленими компонентами і роз'ємом для підключення до зовнішніх ланцюгів.

Недоліком RFM модулів є те, що вони розраховані для роботи в парах, що конструктивно призведе до підключення такого RFM модулю безпосередньо до смартфона, щоб забезпечити передачу даних [11].


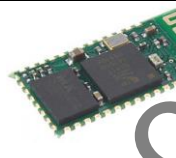

Для реалізацій передачі даних між датчиком та смартфоном доцільно використати технологію Bluetooth. Широко відома технологія Bluetooth далеко не обмежується споживчими застосуваннями. Ідея використовувати цю технологію для передачі даних в різних системах збору інформації та управління вельми приваблива через низьку вартість модулів і надійності технології. В промислових системах це рішення все частіше використовується як заміна провідів в провідних інтерфейсах

Bluetooth на сьогоднішній день це найпопулярніша радіотехнологія ближнього радіусу дії. Протокол Bluetooth підтримує як з'єднання типу точка-точка, так і точка-многоточка. Кілька пристроїв, що використовують один і той же канал, утворюють пікомережу (piconet), при цьому один з пристроїв працює як провідний (Master), а решта - як підлеглі (Slave). В одній пікомережі може бути до семи активних підлеглих пристроїв. Для визначення моделі поведінки при встановленні з'єднання між різними типами пристроїв вводиться поняття

«профіль», що означає набір функцій і можливостей, які використовує Bluetooth в якості механізму транспортування. Найчастіше технологія Bluetooth застосовується в мобільних телефонах, широкому споживачеві вона відома також як зручний спосіб з'єднання домашньої та офісної електроніки. Більшість профілів якраз і спрямована, перш за все, на вирішення цих завдань [12].

В таблиці 2.1 приведена порівняльна характеристика сучасних Bluetooth-модулів які є лідерами на ринку

Таблиця 2.1 Порівняльна характеристики Bluetooth-модулів

	HC-05	HC06	CSR8635
Зовнішній вигляд			
Виробник	Keyan	Keyan	Cambridge Silicon Radio
Чіпсет	BC417	BC417	CSR8635
Версія протоколу	Bluetooth 2.0+EDR	Bluetooth 2.0+EDR	Bluetooth V4.0
Вихідна потужність, макс., ДБм	+4	+4	+4
Чутливість приймача, дБм	-84	-84	DQPSK -91 8DPSK -81
Інтерфейси	UART	UART	UART, SPI
Розміри, мм	27x12,7x2,35	18 x 13 x 1,8	13,5 x26,2 x 2,0
Напруга живлення	3.3В	3.3В	2,8...4,2 В
Температурний діапазон. °С	-20...+70	-20...+70	-10...+70

Більшість модулів є закінченими пристроями і вимагають для підключення мінімум зовнішніх елементів.

Модулі HC05 і HC06 є найбільш використовуваними, їх частіше за інших можна знайти в продажу. Принцип дії цих модулів схожий, обидва модуля засновані на однаковому чіпі, але є і важливі відмінності. В першу чергу, модуль HC 05 може працювати в двох режимах роботи - і в якості ведучого (master), і в якості відомого (slave) [13].

Найчастіше застосування Bluetooth для приладу зводиться до емуляції звичайного асинхронного послідовного порту UART, на рисунку 2.10 зображено передачу по радіоканалу між смартфоном та пошуковим датчиком



Рисунок 2.10 Використання Bluetooth-модулю для заміни кабельного з'єднання

Відмінності лише в тому, що спочатку повинна встановитися зв'язок по радіоканалу, а далі Bluetooth-модуль використовується практично як звичайний кабель.

З апаратної точки зору підключення модуля здійснюється дуже просто - до виводу RF приєднується антена, підключаються UART, на відповідний вивід підключений до джерела живлення 3,3 В і в момент включення формується імпульс скидання на вивід Reset тривалістю не менше 5 мс. При підключенні виводів послідовного інтерфейсу слід звернути увагу на те, що крім ліній прийом-передача (Rx / Tx) повинні бути задіяні лінії апаратного контролю потоку (CTS / RTS). Це необхідно для того, щоб виключити можливість втрати інформації при переповненні внутрішнього буфера модуля в разі, якщо виникають затримки в передачі інформації по радіоканалу, викликані повторною при виявленні помилки або затримкою при перемиканні каналу [12].

2.4 Висновки за розділом

В розділу було проведено аналіз сучасних технологій детектування в металошукачах, було розглянуто різні типи котушок та проведено їх аналіз та було запропоновано реалізацію інтерфейсу передачі даних між датчиком та смартфоном

З конструкторської точки зору в якості технології детектування для майбутнього прототипу доцільно використати технологію VFLEX, яка використовує останні досягнення в області цифрових технологій для підвищення продуктивності металошукачів, що використовують при пошуку одну частоту. Основна відмінність технології VFLEX полягає в тому, що генератор сигналу знаходиться не в блоці управління детектора, а в котушці детектора.

В якості датчика для прототипу, доцільніше використати MonoLoop круглу концентричну котушку, так як за точністю визначення місцеположення цілі котушки з «точковим» захопленням краще, так як мають меншу кількість зон нечутливості по краям і напрямку сканування. Такі котушки хороші при роботі на сильно засмічених ділянках, ними легше і швидше встановити точне місце залягання знахідки.

В якості реалізації інтерфейсу передачі даних між датчиком та смартфоном доцільно вибрати технологію Bluetooth, яка в даний час задовольняє всім основним вимогам, що пред'являються до бездротової передачі даних в складних умовах промислового виробництва. Масове застосування призвело до того, що на сьогоднішній день це найдешевша технологія - роздрібна ціна готового радіомодуля наближається до двох доларів. Модулі Bluetooth забезпечують надійну передачу інформації в умовах високого рівня електромагнітного випромінювання різної природи, мають низьку ціну, невисоке енергоспоживання, прості у використанні. Bluetooth вже вбудований в багато сучасні пристрої - ноутбуки, КПК, телефони, і має вбудовану підтримку в найбільш поширених операційних системах. Це дає можливість легко інтегрувати цю технологію в створені бездротові системи управління та збору інформації.

3 ПРОЕКТУВАННЯ ПРОТОТИПУ

3.1 Розробка функціональної схеми

Функціональна схема металошукачу з бездротовим інтерфейсом передачі даних приведена на рисунку 3.1, оформлена схема за ЄСКД представлена в додатку Б



Рисунк 3.1 Функціональна схема прототипу металошукачу

В моделі подібного пристрою, смартфон за задумом використовується, як блок керування металошукачем, зв'язок між блоком керування пошукової котушки та смартфоном оператора відбувається за допомогою Bluetooth-модулю. Схемою комутації в пошуковому датчику виступає мікроконтролер, який для прототипу можна реалізовувати на Arduino. Сигнал який надходить на передаючу котушку від смартфона підсилюється за допомогою передаючого підсилювачу та потрапляє на Тх обмотку датчику. При цьому наведена ЕРС в приймальній Rx обмотці компенсується спеціальним буферним пристроєм, відбираючи частину сигналу передаючої Тх обмотки. Сигнал отриманий від пошукового об'єкту підсилюється приймальним підсилювачем першочергово обробляється мікроконтролером, та передається за допомогою Bluetooth-модулю на смартфон оператора.

3.2 Обґрунтування вибору складових частин пристрою

Для розробки прототипу доцільно вибрати готові модулі, які широко застосовуються в подібних проектах та є масовими в використанні

3.1.1 Вибір мікроконтролеру

Для розробки прототипу доцільно використати модуль Arduino Nano 3.0 на мікроконтролері ATmega328, зображено на рисунку 3.1

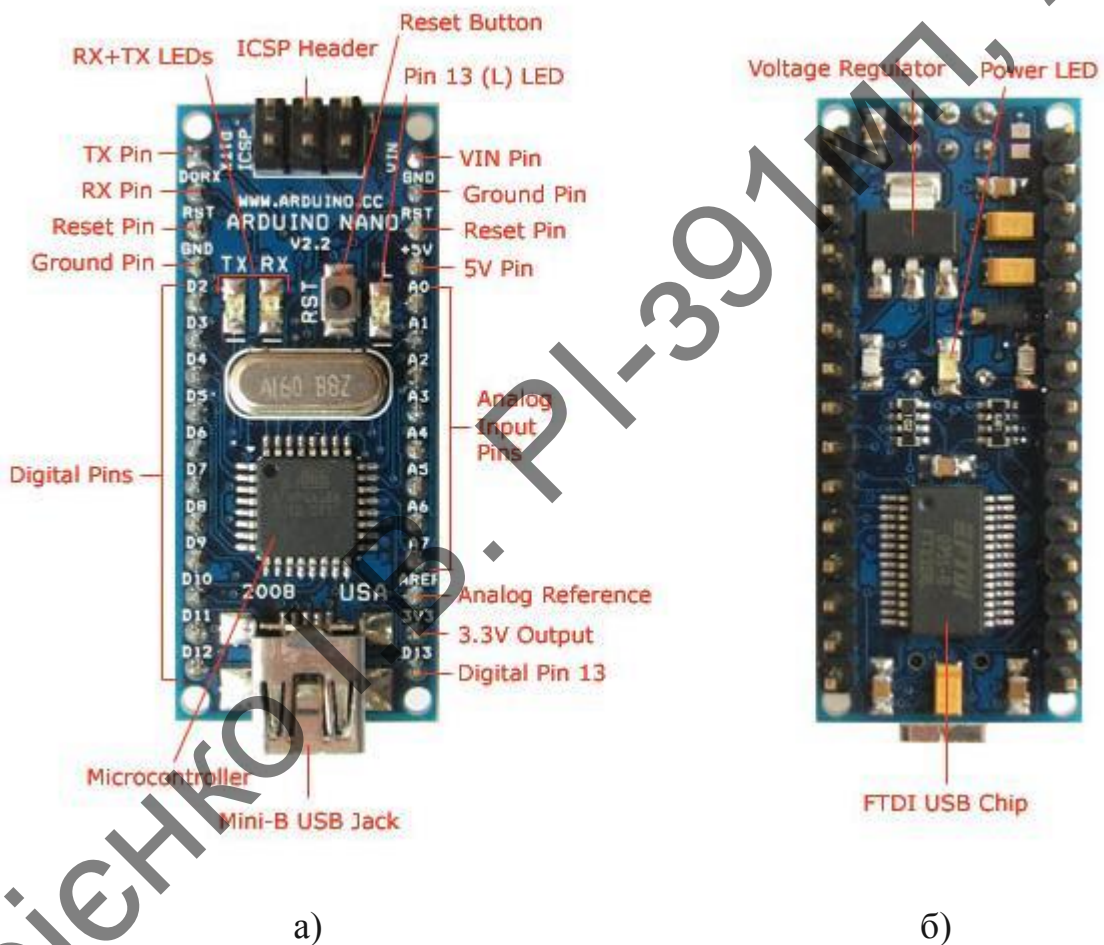


Рисунок 3.1 Схематичний опис плати Arduino Nano 3.0

Верхня частина плати Top Board – а; нижня частина плати Bottom Board – б.

Arduino Nano входить в трійку найпопулярніших плат Ардуіно. Вона дозволяє створювати компактні пристрої, що використовують той же контролер, що і в Arduino Uno. Назва плати нано говорить сама за себе - вона дійсно має невеликі розміри при тій же функціональності.

Технічні характеристики Arduino Nano:

Напруга живлення 5В;

Вхідна напруга 7-12В (рекомендований);

Кількість цифрових пінів - 14, з них 6 можуть використовуватися в якості виходів ШІМ та 8 аналогових входів;

Максимальний струм цифрового виходу 40 мА;

Флеш пам'ять 2 Кб, ОЗУ 2 КБ, EEPROM 1 Кб;

Частота 16 МГц;

Розміри 19 x 42 мм, вага 7г

Живлення плати може здійснюватися двома способами:

Через mini-USB при підключенні до комп'ютера;

Через зовнішнє джерело живлення, що має напругу 6-20 В з низьким рівнем пульсацій.

У плати Arduino Nano присутнє обмеження по напрузі і струму на вході та виході плати. Всі цифрові і аналогові контакти працюють в діапазоні від 0 до 5 В. При подачі живлення, що виходить за рамки цих значень, напруга буде обмежуватися захисними діодами. У цьому випадку сигнал повинен підключатися через резистор, щоб не вивести контролер з ладу. Найбільше значення вхідного або вихідного струму не повинно перевищувати значення 40 мА, а загальний струм контактів повинен бути не більше 200 мА.

Позначення контактів модулю зображено на рисунку 3.2

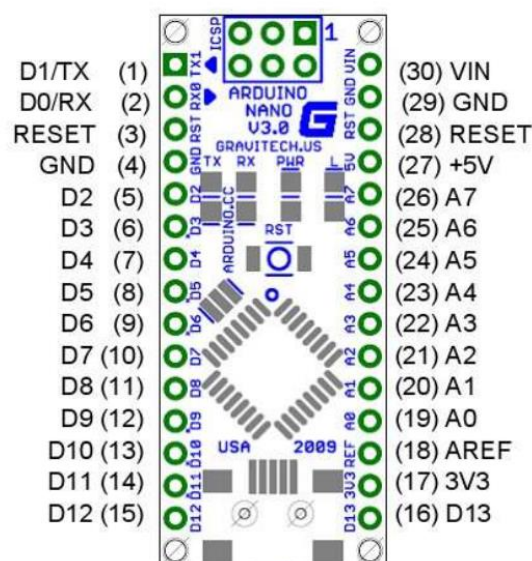


Рисунок 3.2 Схематичне позначення контактів модулю Arduino Nano 3.0

На платі є 4 світлодіода, які показують стан сигналу. Вони позначені як Tx, Rx, PWR і L. На перших двох світлодіод загоряється, коли рівень сигналу низький, і показує, що сигнал Tx або Rx активний. Світлодіод PWR загоряється при напрузі в 5 В і показує, що підключено живлення. Останній світлодіод - загального призначення, загоряється, коли подається високий сигнал, з більш детальним описом контактів можна ознайомитися в Datasheet-і виробника.

Модуль Arduino Nano має великі функціональні можливості, але у них є один недолік - це обмежене, в порівнянні з Arduino Mega, число виводів. Тому на етапі складання схеми пристрою слід продумати, яким чином можна максимально спростити проект, щоб скоротити число потрібних для підключення контактів [14].

3.1.2 Вибір Bluetooth-модулю

В проекті передбачено дистанційного керування та передачі між телефоном та пошуковим датчиком. Найзручнішим способом є обмін даних через Bluetooth, так як Bluetooth використовується в усіх сучасних смартфонах. Для зв'язку плати Ардуіно і комп'ютера використовується інтерфейс UART (Serial). Так як будь-яка плата Ардуіно має хоча б один послідовний порт UART, для підключення Bluetooth модуля не потрібні спеціалізовані бібліотеки і схеми.

Всі існуючі типи модулів Bluetooth мають свої особливості, але за функціями і дії вони схожі. В проекті доцільно використати модуль HC05. З боку Ардуіно модуль виглядає як звичайний послідовний інтерфейс, що дозволяє відразу налагодити взаємодію з пристроєм на етапі налагодження готового пристрою.

Основні характеристики модуля HC05:

Живлення 3,3В;

Максимальна вхідна напруга 5 В;

Максимальний струм 40 мА;

Швидкість передачі даних до 115200 бод;

Робочі частоти 2,40 ГГц - 2,48ГГц;

Підтримка специфікації bluetooth версії 2.1;

Потужність передачі 0,25...2,5мВт;

Дальність зв'язку до 10 м;

Позначення контактів модулю зображено на рисунку 3.3

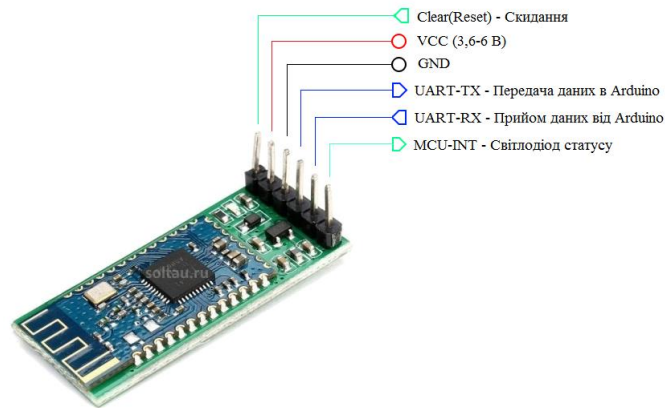


Рисунок 3.3 Схематичне позначення контактів модулю HC05

Модуль HC 05 може працювати в двох режимах роботи - і в якості ведучого (master), і в якості відомого (slave) [13].

3.1.3 Вибір модулів живлення

Модуль зарядки TP4056 заснований на контролері зарядки Li-Ion і Li-Po акумуляторів на 3.7В з вбудованим термодатчиком, це завершений виріб з лінійним зарядом за принципом постійна напруга / постійний струм для одно елементних літій-іонних акумуляторів.

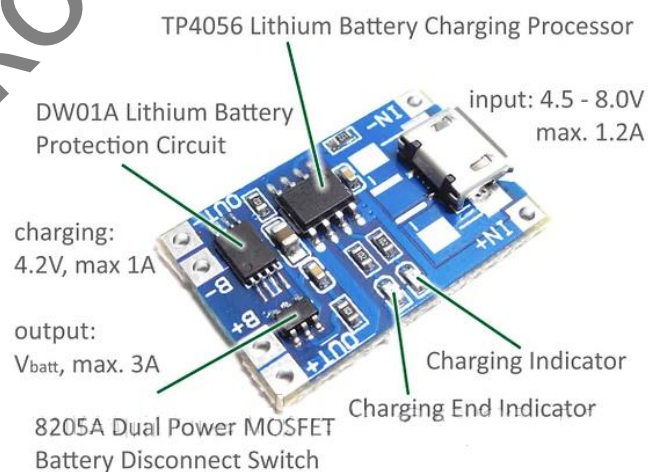


Рисунок 3.4 Схематичне позначення компонентів модулю TP4056

Контролер виконаний в корпусі SOP-8, має на нижній поверхні металевий тепловідвідник не поєднаний з контактами, дозволяє заряджати акумулятор струмом до 1000 мА (залежить від струмозадаючого резистора). Вимагає мінімум навісних компонентів. TP4056 автоматично завершує цикл зарядки при досягненні напруги на ньому 4.2В і зниженні струму заряду до 1/10 від запрограмованої величини. Модуль має індикацію процесу заряду. У момент заряду світиться червоний світлодіод, а коли батарея буде повністю заряджена засвітиться зелений світлодіод, червоний при цьому згасне. Крім контролера зарядки TP4056 на платі додані два чіпа DW01 (схема захисту) і ML8205A (здвоєний ключ MOSFET), служать для захисту акумулятора від перерозряду, перезарядження, перевантаження і короткого замикання [15].

3.1.3 Вибір акумулятору

Для датчика металошукачу вибирається літій полімерни акумулятор ємністю 3000мАг напругою 3.7В типорозмір 4540115. Зовнішній вигляд зображено на рисунку 3.5



Рисунок 3.5 Li-Po акумулятор 4540115

Літій-полімерний елемент має товщину 1 мм, що дозволяє зробити розміри акумулятора компактними.

Конструкція полімерно-літієвих акумуляторних пристроїв повністю виключає присутність електроліту в формі рідини або гелю. Заміна рідких електролітів полімерними плівками виключило високий ризик займання батареї і зробило її безпечною.

ШИМ) сигнал підсилюється за допомогою передаючого підсилювачу зібраного на ОП DA1.1 та потрапляє на Tx обмотку датчику. При цьому наведена ЕРС в приймальній Rx обмотці компенсується спеціальним буферним пристроєм зібраним на VT1, відбираючи частину сигналу передаючої Tx обмотки. Сигнал отриманий від пошукового об'єкту підсилюється приймальним підсилювачем на ОП DA1.2 першочергово обробляється мікроконтролером Arduino, та передається за допомогою Bluetooth-модулю на смартфон оператору.

Андрієнко І.В. РІ-391 МП, 2020

3.4 Проектування друкованої плати

Для проектування друкованої плати більш доцільно підходить третій точності. Його застосовують для ОДП та ДДП з дискретними ЕРЕ при низькій та середній щільності їх компоновки.

За щільністю розміщення провідникового рисунку вибирається третій клас щільності. Основні конструктивні розміри для другого класу приведені в таблиці 3.1 згідно ГОСТ 23751–86.

Таблиця 3.1 Основні конструктивні розміри

Параметри	Розмір (мм)
Ширина провідників t	0,25
Ірогалина між провідниками S	0,25
3 Відношення діаметру отвору d_0 до товщини плати $H_{\text{п}}$, тобто $j = d_0 / H_{\text{п}}$	0,33
Гарантійний поясок b	0,1

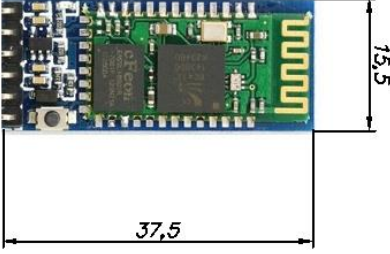
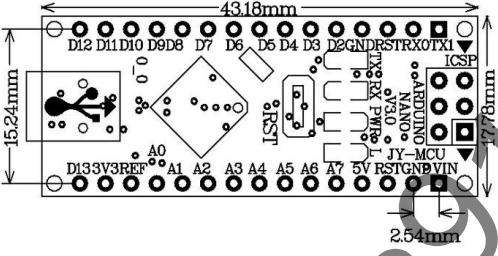
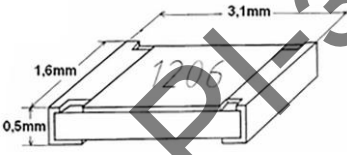
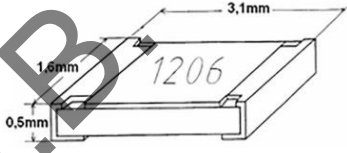
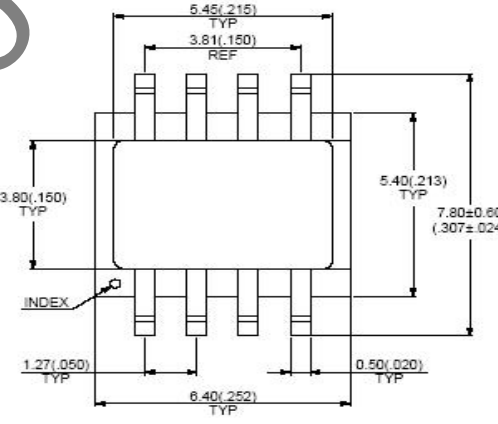
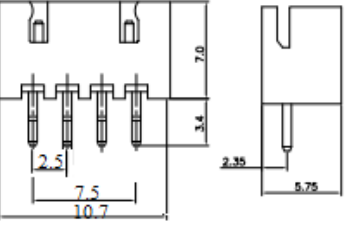
Попередньо обирається двостороння друкована плата з металізованими отворами, при цьому зберігається висока механічна надійність пайок, висока щільність монтажу, але висока вартість виготовлення.

Для забезпечення максимальної технологічності складальних операцій, що особливо важливо при значних об'ємах випуску РЕА, було вибрано варіанти встановлення ЕРЕ на друкованій платі та формовки їх виводів з рекомендованих ГОСТ 29137-91 (при автоматизованій технології складання друкованого вузла) – та ОСТ4.091.124–79 та ОСТ4.070.010 –78.

Спочатку розраховується необхідна площа $S_{\text{м}}$ для розміщення ЕРЕ, для цього знаходиться сума встановлювальних площ всіх ЕРЕ згідно з вибраними варіантами їх встановлення.

Варіанти встановлення ЕРЕ приведені в таблиці 3.2

Таблиця 3.2 Ескізи ЕРЕ на друковану плату

Тип ЕРЕ	Позначення на ЕЗ	Типорозмір корпусу, ескіз ЕРЕ	Встановлювальна площа ЕРЕ, мм ² розміщених на платі	Номер варіанту установки і формовки
HC05	A1		581,25	070
Arduino nano	A2		658,06	070
RC1206JR Yageo	R1-R9		44,64	070
SMD X7R Murata	C1-C8		39,68	070
OPA2227UA	DA1		42,51	360
CWF-4	XS1		61,53	330

Визначивши встановлювану площу кожного ЕРЕ, визначається необхідна мінімальна площа для їх встановлення визначається за формулою 3.1:

$$S_M = S_{MG} + 1,5S_{CG} + 2S_{KG}, \quad (3.1)$$

де S_{MG} – площа малогабаритних ЕРЕ;

S_{CG} – площа середньогабаритних ЕРЕ;

S_{KG} – площа крупногабаритних ЕРЕ.

$$S_{MG} = 44,64 + 39,68 + 42,51 = 126,83 [\text{мм}^2];$$

$$S_{CG} = 61,53 [\text{мм}^2];$$

$$S_{KG} = 581,25 + 658,06 = 1239,31 [\text{мм}^2];$$

$$S_M = 126,83 + 1,5 \cdot 61,53 + 2 \cdot 1239,31 = 2697,75 [\text{мм}^2].$$

Площа допоміжних зон визначається як площа для розміщення елементів фіксації та закріплення плати в приладі, та вільної зони по периметру плати, тощо.

Сумарна мінімальна площа плати за формулою 3.2:

$$S_{II} = S_M + S_{\delta}; \quad (3.2)$$

де S_{δ} – площа допоміжних зон, S_{δ} враховуючи площу виводів та зазорів між ЕРЕ $S_{\delta} = 400 \text{ мм}^2$

S_M – необхідна площа для встановлення всіх ЕРЕ на

$$S_{II} = 2697,75 + 400 = 3097,75 [\text{мм}^2].$$

Діаметри контактних майданчиків доцільно вибирати з ряду рекомендованих за ГОСТ 10317–79. Для кожного контактного майданчика перевіряється виконання умови формула 3.3:

$$D \geq D_{\min}, \quad (3.3)$$

де D_{\min} – найменший номінальний діаметр контактного майданчика.

Найменший номінальний діаметр контактної майданчика визначається за формулою 3.4:

$$D_{\min} = (d_o + \Delta d_{e.o.}) + 2b + \Delta t_{e.o.} + (T_d^2 + T_D^2 + \Delta t_{h.o.}^2)^{1/2} \quad (3.4)$$

де d_o – діаметр отвору

$\Delta d_{e.o.}$ – верхнє граничне відхилення діаметру отвору;

b – гарантійний поясок, мм;

$\Delta t_{e.o.}$ – верхнє граничне відхилення діаметру контактної майданчика;

T_d – значення позиційного допуску розташування осей отворів у діаметральному вираженні;

T_D – значення позиційного допуску розташування центрів контактних майданчиків у діаметральному вираженні;

$\Delta t_{h.o.}$ – нижнє граничне відхилення діаметру контактної майданчика та ширини друкованого провідника.

$$D_{\min 1} = (0,9 + 0,1) + 2 \cdot 0,2 + 0,15 + \sqrt{0,15^2 + 0,25^2 + 0,15^2} = 1,87[\text{мм}];$$

$$D_{\min 2} = (1,1 + 0,1) + 2 \cdot 0,2 + 0,15 + \sqrt{0,15^2 + 0,25^2 + 0,15^2} = 2,47[\text{мм}];$$

Діаметри контактних майданчиків вибираються $D_1 = 1,9$ мм для перехідних отворів, $D_2 = 2,5$ мм для отворів запайки;

Номінальне значення ширини провідника у вузькому місці визначається за формулою 3.5

$$t_{1y.m.} = t_{m.d.} + |\Delta t_{h.o.}|; \quad (3.5)$$

де $t_{m.d.}$ – мінімальна допустима ширина провідника у вузькому місці;

$\Delta t_{h.o.}$ – нижнє граничне відхилення діаметру контактної майданчика та ширини друкованого провідника.

$$t_{1y.m.} = 0,25 + |0,15| = 0,40[\text{мм}].$$

Мінімальна допустима ширина провідника у вільному місці $t_{m.d.}$ береться на клас нижче

$$t_{1у.м.} = 0,35 + |0,15| = 0,50[мм].$$

Розрахунок мінімальної ширини провідників t_2 за електричними режимами по постійному струму. Ширину провідників розраховують, враховуючи два фактори: допустиму щільність струму в провіднику та допустиме падіння напруги па провіднику. Для побутової РЕА щільність струму в провіднику – $20(A/мм^2)$. Допустимим падінням напруги вважається 1–3% від прикладеної, формула 3.6

$$t_2 \geq \frac{L \cdot I_{max} \cdot \rho}{0,03 \cdot h_{\phi} \cdot U}, \quad (3.6)$$

де h_{ϕ} – товщина фольги, мм;

U – прикладена напруга, В;

L – довжина провідника, м;

I_{max} – допустимий струм, А;

ρ – питомий опір провідників.

$$t_2 \geq \frac{0,56 \cdot 0,5 \cdot 0,0175}{0,03 \cdot 0,035 \cdot 5} = \frac{0,0012}{0,015} = 1,00[мм];$$

Друкована плата розроблена в середовищі Altium Designer зображена на рисунку 3.7, оформлена креслення друкованого вузла за ЄСКД представлене в додатку В

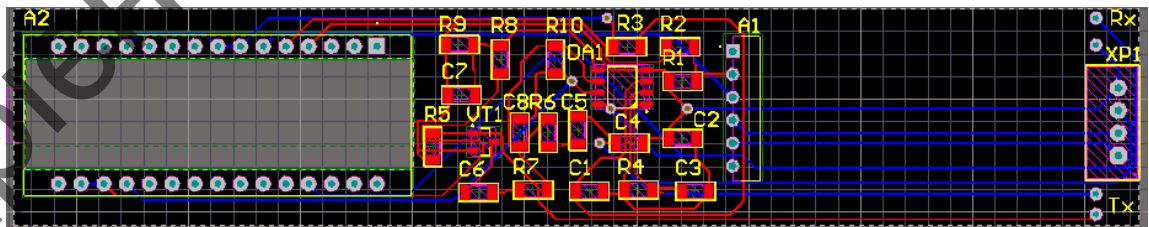


Рисунок 3.7 Друкована плата датчику металошукачу

Для виготовлення друкованої вибирається субтрактивний комбінований позитивний метод. Друкована плата виготовляється на фольгованому діелектрику з металізацією отворів, при якому спочатку виконується свердління отворів і металізація, а потім травлення міді з пробільних місць.

Метод дозволяє виготовляти ДП із підвищеною щільністю монтажу, високими електричними параметрами і високою міцністю зчеплення провідників. Розміри друкованої плати 125 на 25 мм. Ширини сигнального провідника вибирається 0,4мм, до ширина провідника для живлення 5В вибирається 1мм. Візуальна 3D модель ДП в середовищі SolidWorks представлена на рисунку 3.8 верхня частина плати, на рисунку 3.9 нижня частина плати

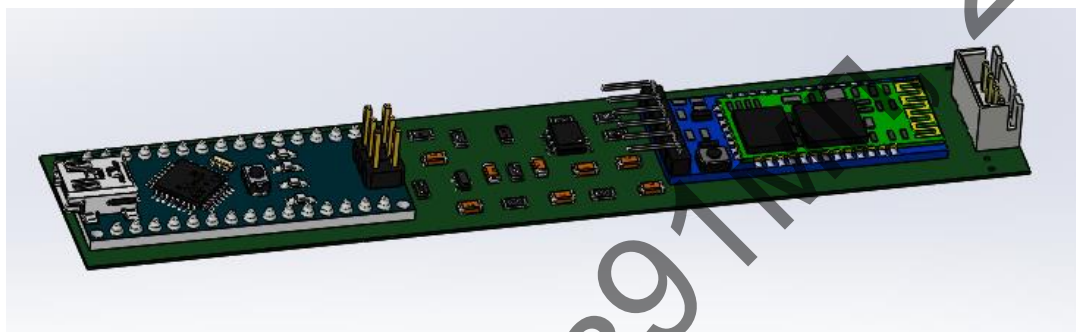


Рисунок 3.8 3D модель верхньої частини плати датчику металошукачу

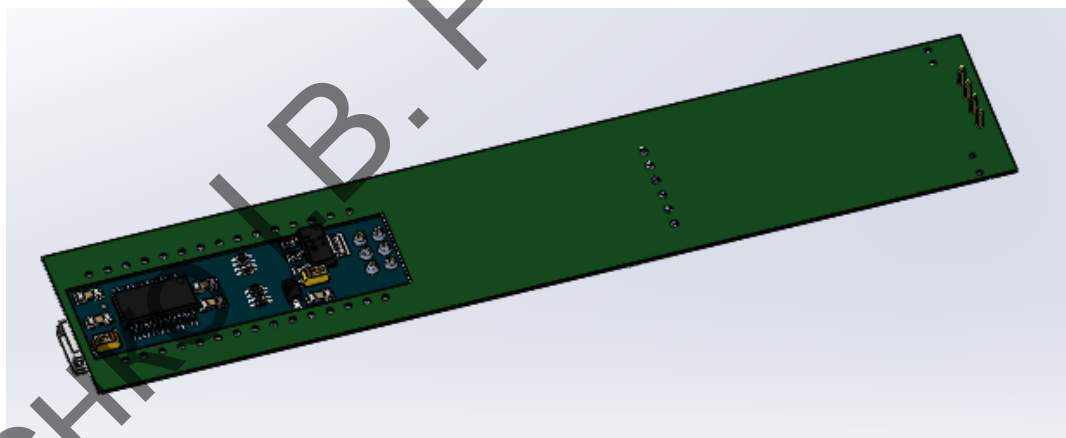


Рисунок 3.9 3D модель нижньої частини плати датчику металошукачу

При проектуванні ДП було враховано конструктивні особливості пристрою, плата спроектована компактно та лаконічно, модулі Arduino та HC-05 запаюються як SMD компоненти [16, 17]

3.5 Розрахунок показників надійності

Розрахунок надійності проводиться для мінімальних і максимальних значень інтенсивності відмов ЕРЕ та часу відновлення працездатного стану пристрою. Показники надійності визначаються відповідно до проведення розрахунку за ДСТУ-2862-94.

Проектуємий пристрій відноситься до 4 групи наземної побутової РЕА (носима, яка експлуатується на відкритому повітрі або в неопалюваних наземних і підземних спорудах), число радіоелементів менше 1000, прилад проектується на напівпровідникових пристроях в якому менше 5% інтегральних мікросхем, норма надійності такої РЕА становить $T_{p.\max} = 6500 \text{ год}$, звідси $T_{0,99p.\min} = 65 \text{ год}$.

Дані для розрахунку заносяться в таблицю 3.3.

Інтенсивність відмов пристрою для мінімального значення визначається за формулою 3.7 для максимального за формулою 3.8

$$\lambda'_{\min} = \sum_{j=1}^m \lambda_{j\min}; \quad (3.7)$$

де $\lambda_{j\min}$ – мінімальна інтенсивність відмов групи в реальних умовах

$$\lambda'_{\min} = 1,20 \cdot 10^{-6} \left[\frac{1}{\text{год}} \right].$$

$$\lambda'_{\max} = \sum_{j=1}^m \lambda_{j\max}; \quad (3.8)$$

де $\lambda_{j\max}$ – максимальна інтенсивність відмов групи в реальних умовах

$$\lambda'_{\max} = 10,65 \cdot 10^{-6} \left[\frac{1}{\text{год}} \right].$$

Мінімальна інтенсивність відмов визначається за формулою 3.9

$$\lambda_p = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot \lambda'_{\min}; \quad (3.9)$$

Таблиця 3.3 Дані для розрахунку інтенсивності відмов пристрою

Назва і тип ЕРЕ	Позначення на схемі ЕЗ	Кількість в групі N _г	Інтенсивність відмов для нормальних умов, λ _{0i} , 10 ⁻⁶ 1/год		Середній час відновлення ЕРЕ, T _в , год		T, °C	k _н	a _i	Інтенсивність відмов групи в реальних умовах, λ _i =N _г λ _{0i} , 10 ⁻⁶ , 1/год		Середній час новлення групи T _{вi} =N _г T _{вi} , год	
			min	max	min	max				min	max	min	max
			4	5	6	7				11	12	13	14
1	2	5											
1 Модуль HC05 Bluetooth	A1	1	0,3000	1,60	0,3	1,5	20	0,7	0,30	0,0900	0,4800	0,300	1,500
2 Конденсатор багатопровідний керамічний X7R SMD	C1-C8	8	0,0400	0,70	0,4	1,7	20	0,7	0,80	0,2560	4,4800	3,200	13,600
3 Мікросхема ОРА2227UA	DA1	1	0,5000	0,50	0,3	1,5	20	0,5	0,45	0,2250	0,2250	0,300	1,500
4 Резистор товстоплівковий RC1206JR	R1-R9	9	0,0050	0,40	0,3	1,3	20	0,6	0,20	0,0900	0,7200	2,700	11,700
5 Роз'єм таоб'ємний конектор CWF-4	XP1, XS1	2	0,0300	0,60	0,2	1,0	20	0,5	0,50	0,0300	0,6000	0,400	2,000
6 Модуль Arduino Nano	A3	1	0,3000	1,60	0,3	1,5	20	0,7	0,30	0,0900	0,4800	0,300	1,500
7 Датчик металополукача	A4	1	2,0000	4,00	0,3	1,5	20	0,5	0,35	0,7000	1,4000	0,300	1,500
8 Модуль зарядки TP4056	A6	1	3,5000	7,00	0,3	1,5	20	0,5	0,35	1,2250	2,4500	0,300	1,500
9 Плівочний модуль MT3608	A7	1	0,5000	1,20	0,3	1,5	20	0,5	0,35	0,1750	0,4200	0,300	1,500
10 Акумулятор Li-Pol	GB1	1	2,0000	4,00	0,3	1,5	20	0,5	0,35	0,7000	1,4000	0,300	1,500
11 Плата друкована	-	1	0,1000	0,10	0,2	1,0	20	0,5	0,50	0,0500	0,0500	0,200	1,000
12 Пайки з'єднувальні	-	96	0,0002	0,04	0,2	0,2	20	0,5	0,50	0,0096	1,9200	19,200	19,200
13 Провід з'єднувальний	-	0,13	0,0100	0,12	0,2	0,2	20	0,5	0,50	0,0007	0,0078	0,026	0,026

де K_1 – коефіцієнта навантаження

K_2 – рівень механічних експлуатаційних впливів (вібрацій та ударів);

K_3 – відносна вологість у внутрішньому об'ємі РЕА;

λ'_{\min} – мінімальна інтенсивність відмов ЕРЕ.

$$\lambda'_{\min} = 1,10 \cdot 1,50 \cdot 1,20 \cdot 3,64 = 7,21 \cdot 10^{-6} \left[\frac{1}{\text{год}} \right].$$

Максимальна інтенсивність відмов визначається за формулою 3.10

$$\lambda'_{\max} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot \lambda'_{\max}; \quad (3.10)$$

де – K_1, K_2, K_3 відповідають формулі 3.9

λ'_{\max} – максимальна інтенсивність відмов ЕРЕ.

$$\lambda'_{\max} = 1,10 \cdot 1,50 \cdot 1,20 \cdot 14,63 = 28,97 \cdot 10^{-6} \left[\frac{1}{\text{год}} \right].$$

Напрацювання до відмови для мінімального і максимального значення, визначається за формулами 3.11 та 3.12

$$T_{\min} = \frac{1}{\lambda'_{\max}}; \quad (3.11)$$

$$T_{\max} = \frac{1}{\lambda'_{\min}}; \quad (3.12)$$

де – λ' інтенсивність відмов ЕРЕ.

$$T_{\min} = \frac{1}{28,97 \cdot 10^{-6}} = 34519[\text{год}].$$

$$T_{\max} = \frac{1}{7,21 \cdot 10^{-6}} = 138697[\text{год}].$$

Ймовірність безвідмовної роботи, для мінімального і максимального значення, відповідно визначається за формулами 3.13 та 3.14

$$P_{\max}(t) = e^{-\lambda_{\min} t}; \quad (3.13)$$

$$P_{\min}(t) = e^{-\lambda_{\max} t}; \quad (3.14)$$

Графік ймовірності безвідмовної роботи зображено на рисунку 3.10.

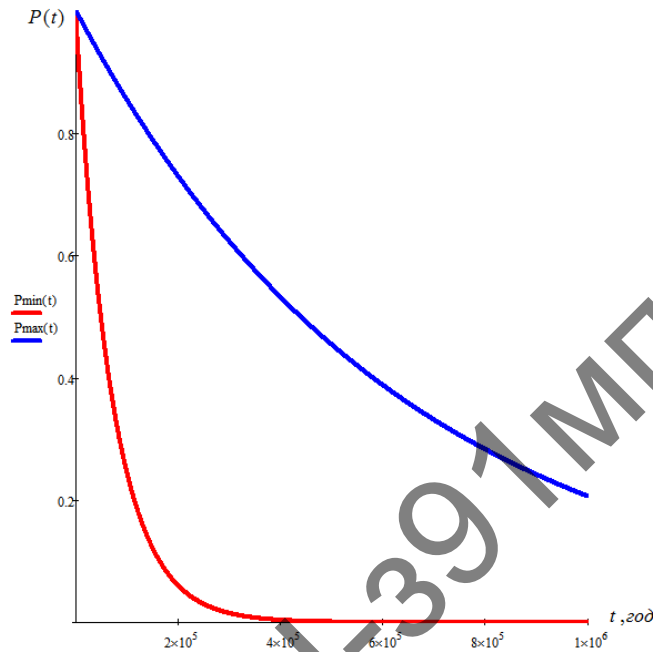


Рисунок 3.10 Ймовірність безвідмовної роботи пристрою

Напрацювання до відмови (γ) – це час, на протязі якого ймовірність безвідмовної роботи буде не нижчою наперед заданого рівня гарантійної ймовірності $\gamma = 0,95$, для мінімального і максимального значення, визначається за формулами 3.15 та 3.16

$$T_{0,99\min} \approx T_{\min} (1 - \gamma); \quad (3.15)$$

$$T_{0,99\min} \approx 34519 \cdot (1 - 0,95) = 1726[\text{год}].$$

$$T_{0,99\max} \approx T_{\max} (1 - \gamma); \quad (3.16)$$

$$T_{0,99\max} \approx 138697 \cdot (1 - 0,95) = 6935[\text{год}].$$

Вихідні данні для розрахунку часу відновлення працездатного стану заносяться в таблицю 3.4 . Розрахунок проводиться на основі даних занесених в таблицю 3.3

Таблиця 3.4 Вихідні дані для розрахунку T_{Bi}

$\lambda_{\min} \cdot T_{\text{вmin}}$	$\lambda_{\min} \cdot T_{\text{вmax}}$	$\lambda_{\max} \cdot T_{\text{вmin}}$	$\lambda_{\max} \cdot T_{\text{вmax}}$
0,0270	0,1350	0,1440	0,7200
0,8192	3,4816	14,336	60,928
0,0675	0,3375	0,0675	0,3375
0,2430	1,0530	1,9440	8,4240
0,0120	0,0600	0,2400	1,2000
0,0270	0,1350	0,1440	0,7200
0,2100	1,0500	0,4200	2,1000
0,3675	1,8375	0,7350	3,6750
0,0525	0,2625	0,1260	0,6300
0,2100	1,0500	0,4200	2,1000
0,0100	0,0500	0,0100	0,0500
0,1843	0,1843	36,864	36,864
$\Sigma = 2,23 \cdot 10^{-6}$	$\Sigma = 9,64 \cdot 10^{-6}$	$\Sigma = 55,45 \cdot 10^{-6}$	$\Sigma = 117,75 \cdot 10^{-6}$

$$T_{B1} = \frac{\sum_{j=1}^m (\lambda_{j \min} \cdot T_{Bj \min})}{\sum_{j=1}^m \lambda_{j \min}}; \quad (3.17)$$

$$T_{B1} = \frac{2,23 \cdot 10^{-6}}{7,21 \cdot 10^{-6}} = 0,31[\text{год}].$$

$$T_{B2} = \frac{\sum_{j=1}^m (\lambda_{j \min} \cdot T_{Bj \max})}{\sum_{j=1}^m \lambda_{j \min}}; \quad (3.18)$$

$$T_{B2} = \frac{9,64 \cdot 10^{-6}}{7,21 \cdot 10^{-6}} = 1,34[\text{год}].$$

$$T_{B3} = \frac{\sum_{j=1}^m (\lambda_{j \max} \cdot T_{Bj \min})}{\sum_{j=1}^m \lambda_{j \max}}; \quad (3.19)$$

$$T_{B3} = \frac{55,45 \cdot 10^{-6}}{28,97 \cdot 10^{-6}} = 1,91[\text{год}].$$

$$T_{B4} = \frac{\sum_{j=1}^m (\lambda_{j \max} \cdot T_{Bj \max})}{\sum_{j=1}^m \lambda_{j \max}} ; \quad (3.20)$$

$$T_{B4} = \frac{117,75 \cdot 10^{-6}}{28,97 \cdot 10^{-6}} = 4,06 [\text{год}].$$

Час відновлення працездатного стану знаходиться в межах від 0,31 до 4,06 год.

Визначаються два значення показника коефіцієнту готовності (ймовірності безвідмовної роботи), ймовірність того, що прилад виявиться працездатним в будь який момент часу для мінімального і максимального значення, відповідно визначається за формулами 3.21 та 3.22

$$K_{z.\min} = \frac{T_{\min}}{(T_{\min} + T_{B\max})} ; \quad (3.21)$$

де – $T_{B\max}$ максимальний час відновлення працездатного часу пристрою.

$$K_{z.\min} = \frac{34519}{(34519 + 4,06)} = 0,9998 .$$

$$K_{z.\max} = \frac{T_{\max}}{(T_{\max} + T_{B\min})} ; \quad (3.22)$$

де – $T_{B\min}$ мінімальни час відновлення працездатного часу пристрою.

$$K_{z.\max} = \frac{138697}{(138697 + 0,31)} = 0,9999 .$$

В результаті розрахунку показників надійності, було розраховано інтенсивність відмов, мінімальна $7,21 \cdot 10^{-6}$ 1/год. та максимальна $28,97 \cdot 10^{-6}$ 1/год)пристрою. Встановлено час відновлення працездатного стану, мінімальний 0,31 год. та максимальний 4,06 год. пристрою. Розраховано напруцювання до відмови, мінімальне значення 1726 год. , максимальне 6935 год. Ймовірність безвідмовної роботи складає 0,99 [18].

3.6 Висновки за розділом

Проектування прототипу дає змогу уявити про можливі методи конструкторської реалізації проекту.

В розділі було представлено одну з можливих функціональних схем металошукачу з бездротовим інтерфейсом передачі даних, описано та обгрунтовано принцип роботи можливого прототипу пристрою на етапі проектування.

За функціональною схемою, для реалізації схеми електричної принципової вибрано готові модулі, які широко застосовуються в подібних проектах та є масовими у використанні

Проведено конструкторські розрахунки, а саме:

- проектування можливої ДП в середовищі Altium Designer;
- розрахунок показників надійності пристрою;

Розраховані показники надійності показують, що вибрана елементна база, в процесі конструкторської розробки пристрою, метод і принцип компоновки задовільнили середнє напрацювання на відмову та мінімальне значення відновлення працездатного стану згідно ТЗ

4 РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ

4.1 Ідея продукту

Сьогодні на ринку представлена досить велика кількість металошукачів, які різняться за типом, функціоналом та вартістю. Однак більшість з них має ідентичну, основну конструкцію і дуже високу ціну, яка вимагає до комплектації приладу.

Виробники металошукачів регулярно представляють нові моделі своєї продукції. Купуючи металошукач на ринку, пристрій практично використовується лише обмежений час. Нові функції та кращі характеристики спонукають будь-якого клієнта придбати нову модель.

Блок керування металошукача в поєднанні з пошуковим датчиком виконаним за технологією індукційного балансу— це не що інше, як генератор, передавач підсилювача сигналу, приймальний підсилювач сигналу, аналоговий фільтр та процесор. Усі ці компоненти існують всередині смартфонів. Різниця полягає в тому, що більшість металошукачів виготовляються за допомогою компонентів, а схеми не змінюються останні десятиліття, але смартфони, щомісяця оновлюються.

В технічному плані металошукач для смартфона може бути набагато досконалішим, ніж звичайний металошукач із подібним ціновим діапазоном.

На основі використання морфологічного методу оберемо оптимальну ідею продукту.

За допомогою використання морфологічної карт таблиця 4.1 необхідно згенерувати ідею проекту. Металошукач повинен бути зручним в експлуатації, працювати з мінімально можливими часовими затримками та бути стійким до відмов.

Таким чином, до основних функції належать:

- операційна платформа;
- відображення інформації про виявлений предмет;
- зв'язок між котушкою та користувачем.

Таблиця 4.1 Морфологічна карта проекту

Основні параметри	Проміжні рішення			
	1-ше	2-ше	3-ше	4-ше
Операційна платформа	Мобільний додаток ОС Android	Мобільний додаток IOS	Мобільний додаток ОС Windows phone	Мобільний додаток ОС linux
Відображення інформації про виявлений предмет	Звукова індикація	Візуальна індикація	Відображення звукової та візуальної індикації в мобільному додатку	
Зв'язок між котушкою та користувачем	FM трансмітер	WiFi	Bluetooth	NFC

На основі сформованої морфологічної карти сформуємо ідею товару: запропонований додаток буде обробляти та зберігати дані на сервері, використовуючи в якості платформи, як сайт, так і мобільний додаток на різноманітних платформах. В додатку буде реалізована система відображення інформації отриманої від пошукової котушки.

Задум товару:

— товар за задумом: пошукова котушка та мобільний додаток для обробки результату з погляду користувача перевага перед іншими металошукачами - не потрібно купувати сам металошукач достатньо купити тільки котушку;

— товар у реальному виконанні: різноманітні котушки з автономним живленням та різноманітними типами для пошуку того чи іншого металу в поєднанні зі зручною штангою. Мобільний додаток для різних операційних систем який надається разом з котушкою;

— товар з підкріпленням: гарантійний термін 36 місяців, разом з котушкою надаються фірмові bluetooth навушники.

4.2 План оновлення продукту

MVP(Minimum viable product) продукт з мінімальним функціоналом, який можна дати користувачам для використання. Використовується для тестування ідей у розробці програм з мінімальними затратами ресурсів, для обраного продукту зображено на рисунку 4.1



Рисунок 4.1 Мініально життєздатний продукт

Металошукач — аналоговий з простою звуковою дискримінацією. Подальший розвиток призвів до того, що в металошукачах почали використовувати цифрову обробку та з'явилися інформаційні дисплеї. Сучасна доступність технологій дозволяє реалізувати функцію обробки отриманого сигналу від пошукового датчику металошукача за допомогою мобільного додатку.

На першій стадії оновлення продукту генерується ідея та проводиться початковий відбір найдоцільніших ідей. Головне завдання розробників полягає в тому, щоб спочатку висунути множину пропозицій, а потім вибрати серед них саме той єдиний варіант, який принесе успіх підприємству. Ідеї можуть надходити з багатьох джерел — як внутрішніх, так і зовнішніх для підприємства. Традиційні зовнішні джерела — це споживачі, конкуренти, виставки, конференції, публікації, індивідуальні винахідники тощо. Внутрішні джерела ідей охоплюють працівників підприємства, які найчастіше обіймають технічні посади і посади у сфері маркетингу та збуту.

У процесі дослідження ринку вивчають потреби та поведінку споживачів.

В умовах ринкової економіки планування виробничої діяльності підприємства орієнтується на максимальне задоволення попиту потенційних споживачів.

чів у продукції (роботах), послугах. План оновлення продукції наведено в таблиці 4.2

Таблиця 4.2 План оновлення продукту

№ з/п	Запитання	Відповідь
1	2	3
1	Яким цей продукт був у минулому?	Металошукач з окремим блоком для обробки отриманої інформації
2	Частиною яких систем є продукт?	Електронний пристрій, мобільний додаток
3	Які функції надсистеми може виконувати продукт?	Продукт виконує функцію помічника допомагає користувачу на основі його бажань сформувавши продукт, який йому сподобається.
4	Чи можна розділити продукт на частини?	Пошуковий датчик, телескопічна штанга, браслет для телефону, навушники.
5	Чи можна об'єднати (агрегувати) кілька елементів продукту в один?	Можна, зробити металошукач з виводом інформації на смарт браслет.
6	Яким має бути ідеальний продукт?	Має володіти user-friendly інтерфейсом, мати високу стабільність та надійність відображуваної інформації
7	Що відбудеться, якщо вилучити цей продукт? Чим його можна замінити?	Деякі функції аналізу даних може виконувати людина-оператор, але це однак буде пов'язане з падінням ефективності роботи
8	На розвиток яких функцій може бути спрямоване удосконалення продукту?	Насамперед було спрямовано увагу на удосконалення системи і програмної обробки отриманого сигналу від пошукового датчика
9	Які функції можуть залишитися «недорозвиненими»?	Наявність значних часових затримок
10	Як можна натепер розвинути ці функції?	Вдосконаленням програмного забезпечення, аналіз виробничих прототипів

4.3 Розроблення ринкової стратегії продукту

Продукт компанії — це пропозиція, здатна задовольнити які-небудь нестатки покупця. Ця ідея дуже важлива для розуміння принципу задоволеності споживача.

В таблицях 4.3 — 4.6 наведена сукупність маркетингових заходів, за допомогою яких компанія має намір досягнути запланованих обсягів продажу і прибутку.

Таблиця 4.3 Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	- Організації які проводять ремонт тепломереж, каналізацій водовідведення.	Продукт є інноваційним, але і цільова група більш відкрита до інновацій, ніж, в середньому, людство, тож можна припустити, що готовність буде посередньою	Орієнтований попит буде середнім	Основні конкуренти – XR Metal detectors	Простота входу помірно середня, так як лише один конкурент, який працює в даному напрямку
2	- Архелогои				
3	- Люди для яких пошук предметів старини є хобі				
Які цільові групи обрано: Люди для яких пошук з металошукачем є хобі					

Таблиця 4.4 Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1	Взяти вже існуючі алгоритми та додаток	Концентрація на підтримці високого рівня надання послуг	Часові затримки при обробці інформації	Стратегія лідерства по витратах
2	Залучити до розробки додатку приватні підприємства	Концентрація не на функціоналі системи, а на ефективності та точності алгоритмів – саме вони і є основним продуктом	Точність обробки даних Ефективність роботи алгоритму	Диференціація

Таблиця 4.5 Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «піонером» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
	Проект є піонером на ринку але є схожа реалізована ідея	Компанія буде забирати існуючих споживачів у конкурентів	Копіювати не буде, але характеристики схожі	Стратегія наслідування лідера

Таблиця 4.6 Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформулювати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Точність результатів	Диференціація	Простий у використанні	Інноваційність
2	Надійність		Доступність	Працездатність
3	Зручність використання			Простота

Андрієнко І.В. РІ-391 МП 2020

4.4 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

В таблицях 4.7 — 4.9 наведена сукупність маркетингових програм, за допомогою яких компанія може досягнути запланованих обсягів продажу і прибутку.

Таблиця 4.7 Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Точність	Досягнення високої точності шляхом використання новітніх алгоритмів обробки	Алгоритми, що планується використати, відрізняються високою точністю. Вони є результатами власних досліджень, до них не має доступу жоден з конкурентів
2	Швидкість функціонування	Використання перспективного обладнання для досягнення високої швидкодії	Конкуренти використовують доволі продуктивне, але вже дещо застаріле обладнання, тож використання сучасного обладнання призведе до підвищення швидкості роботи власної системи у порівнянні з їхніми

Таблиця 4.8 Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Клієнти схильні до використання сучасних технологій у своїх цілях	Можливість білінгу, тарифікація підписки	продаж посередникам в фірмові магазини	Серійним виробництвом а ПЗ у вигляді додатку

Таблиця 4.9 Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Клієнти трактують функціонал продукту та практичну цінність	Telegram канал, Блог розробників, Call back YouTube канал розробників і т.д.	Простота використання та інтеграції; Точність результатів; Універсальність; Налаштовуваність під конкретні вимоги	Донести потенційним клієнтам інформацію про переваги нашого товару перед іншими	Ви колись уявляли що смартфон може виконувати функцію вашого старенького металошукача тепер не потрібно переплачувати та купувати декілька металошукачів достатньо купити лише пошукову котушку і все готово

4.5 Висновок за розділом

Розглядаючи стартап-проект, можна зробити висновок, що представлений проект здатний зацікавлювати цільову аудиторю, оскільки попит на подібний товар є достатнім щоб скласти конкуренцію лідерам ринку.

Конкуренція на ринку України є не дуже великою. За кордом існує ще більше компанії, які зацікавлені в подібних розробках.

Даний стартап-проект не потребує серйозних затрат, але для залучення інвестицій необхідно зацікавити цільову аудиторю продуктом, що не так просто, тому найкращим способом для залучення інвесторів, є участь на міжнародних виставка та конференціях.

Андрієнко І.В. РІ-391 МП. 2020

ВИСНОВКИ

Найбільш важливі наукові та практичні результати, полягають в наступному:

1. За оглядом аналогічних проектів, на ринку металошукачів було визначено напрямок дослідження для реалізації наукової новизни та задуму в цілому на етапі схеми технічного проектування. Металошукач з бездротовим інтерфейсом передачі даних за задумом поєднує додаток для смартфонів та пошукову котушку, які не лише реалізують металошукач з повноцінним набором функцій і можливостей, здатним забезпечити оптимальні умови пошуку будь-чого, а й зменшує витрати на покупку пошукового обладнання, що в свою чергу.

2. При проведенні аналізу технологій детектування в сучасних металошукачах найбільш практичними є застосування технологій VLF та VFLEX. Технологія VLF найпоширеніша та випробувана часом технологія, яка покладена в основу роботи більшості детекторів металу. Технологія VFLEX доповнює VLF технологію забезпечує підвищену ефективність детектування за допомогою ідеальної передачі синусоїди, завдяки внутрішньому генератору в пошуковій котушці на частотах передачі від блоку керування, що обираються пошуковою котушкою.

3. При порівнянні характеристик різних типів котушок було визначено, що від параметрів пошукового датчика залежить глибина пошуку та площа скануемого ґрунту.

4. Для реалізації інтерфейсу передачі даних між датчиком та смартфоном запропоновано технологію Bluetooth. Модулі Bluetooth забезпечують надійну передачу інформації в умовах високого рівня електромагнітного випромінювання різної природи, мають низьку ціну, невисоке енергоспоживання, прості у використанні.

5. В ході конструкторського дослідження проведеного в магістерській дисертації було запропоновано реалізацію конструкції металошукача з бездротовим інтерфейсом передачі даних.

Рекомендації для подальшого дослідження:

1. Написання додатку для смартфона та проведення аналізу коректності роботи.
2. Доопрацювання представленої конструкції металошукача та оформлення конструкторської документації.
3. Тестова реалізація готового пристрою з подальшим проведенням дослідження.

Андрієнко І.В. РІ-391МП, 2020

ЛІТЕРАТУРА ТА ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

1. Coxworth B. Bluetooth metal detector uses your smartphone to do its thinking / Ben Coxworth. [Електроний ресурс] — Режим доступу: <https://newatlas.com/air-metal-smartphone-metal-detector/59129/>
2. CSP86 Smartphone Based Metal Detector. [Електроний ресурс] — Режим доступу: <https://www.kickstarter.com/projects/898473847/akyor-smartphone-metal-detector>
3. XP Deus. Обзор металлоискателя. [Електроний ресурс] — Режим доступу: <https://миноискатель.рф/xp-deus-obzor-metalloiskatelja.html>
4. Genuine VFLEX Technology precision X-Terra Performance. [Електроний ресурс] — Режим доступу: <https://www.minelab.com/support/product-notices?article=273652>
5. Технологии Minelab. [Електроний ресурс] — Режим доступу: <http://www.minelab.com.ua/documents/Products/Tech/minelab-tech.html>
6. Minelab Technologies. [Електроний ресурс] — Режим доступу: <https://treasurechief.com/info/minelab-technologies/>
7. Грек А. Электронная лихорадка: современные металлоискатели/ Александр Грек. [Електроний ресурс] — Режим доступу: <https://www.popmech.ru/technologies/9146-elektronnaya-likhoradka-sovremennye-metalloiskateli/>
8. Сравнение типов катушек грунтовых металлоискателей. [Електроний ресурс] — Режим доступу: http://www.sledovnet.ru/article_14.html
9. Катушки металлоискателей. [Електроний ресурс] — Режим доступу: <https://миноискатель.рф/katushki-metalloiskatel.html>
10. Johnson D. About Search Coils / David Johnson [Електроний ресурс] — Режим доступу: <https://www.tekneticsdirect.com/blog/the-tek-files/189-about-search-coils>
11. Светлов С. Радиомодули Норе RF/ Сергей Светлов — Беспроводные технологии №2, 2009.

12. Федоров В. Модули Bluetooth в промышленных приложениях и системах сбора информации/ Федоров Владимир — Беспроводные технологии №3, 2007.

13. Подключение Arduino Bluetooth модулей HC05 HC06 [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://arduino-master.ru/datchiki-arduino/arduino-bluetooth-hc05-hc06/>

14. Плата Arduino Nano v 3.0 : распиновка, схемы, драйвер [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://arduino-master.ru/platy-arduino/plata-arduino-nano/>

15. TP4056 — Модуль зарядки/Зарядное устройство с защитой для Li-Ion Li-Po аккумуляторов [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://micro-pi.ru/tp4056-модуль-зарядки-li-ion/>

16. ГОСТ 23751-86 Платы Печатные. Основные параметры конструкции

17. ГОСТ 29137-91 Формовка выводов и установка изделий электронной техники на печатные платы. Общие требования и нормы конструирования

18. ДСТУ 2862-94. Надійність техніки. Методи розрахунку показників надійності. Загальні вимоги

Андрієнко І.В. РІ-391 МП-2020

ДОДАТОК А
Технічне завдання

ПОГОДЖЕНО

Науковий керівник
К.т.н., доцент.
Наталія ЛАЦЕВСЬКА

(дата)

(підпис)

ЗАТВЕРДЖЕНО

В.о.зав.кафедри
д.т.н., проф. Євгеній НЕЛІН

(дата)

(підпис)

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ ДЕСЕРТАЦІЮ
«Металошукач з бездротовим інтерфейсом передачі даних»

1 ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ ДЕСЕРТАЦІЇ

Підставою для виконання є завдання, видане кафедрою радіоконструювання та виробництва радіоапаратури радіотехнічного факультету від «02» вересня 2020 р.

2 МЕТА ТА ПРИЗНАЧЕННЯ РОЗРОБКИ

Метою магістерської дисертації є аналіз поставленої задачі та вибір конструктивних рішень для апаратної реалізації металошукача з бездротовим інтерфейсом передачі даних.

Призначенням розробки є розробка схеми безпроводної передачі від пошукового датчика пристрою до оператора, запропонування конструкторської новизни.

2.1 Об'єкт дослідження

Об'єктом дослідження: металошукач в поєднанні з сучасним алгоритмом обробки отриманого сигналу від пошукового об'єкту.

2.2 Предмет дослідження

Предметом дослідження - схемотехнічні рішення при розробці сучасних металошукачів.

2.3 Методи дослідження

- 1) співставлення можливих варіантів передачі даних між пошуковою катушкою та смартфоном.
- 2) порівняльна характеристика бездротового інтерфейсу передачі даних.
- 3) теоретичний розрахунок.

3 КОНСТРУКТОРСЬКІ ВИМОГИ ДО ПРЕДСТАВЛЕННЯ ПРОТОТИПУ

3.1 Радіотехнічні характеристики функціонального призначення

- 1) принцип дії металошукача передача-прийом;
- 2) робоча частота, 5...25 кГц;
- 3) режим роботи динамічний;
- 4) режим точного виявлення Pin-Point є в статистиці;
- 5) напруга живлення пошукового датчику, 3,7 В;
- 6) струм споживання до 500 мА;
- 7) наявність дискримінації “всі метали” / “кольорові метали”;
- 8) глибина виявлення монети в діапазоні 15...35 см;
- 9) максимальна глибина виявлення 160см;
- 10) наявність системи VDI (Visual Digital Index)

3.2 Класифікаційна характеристика об'єкту розміщення:

- 1) кліматичні вимоги У4.2 згідно ГОСТ 15150-69;
- 2) вплив механічних факторів Н7 (Носима, яка експлуатується на відкритому повітрі або в неопалюваних наземних і підземних спорудах) згідно ГОСТ 16019-2001.

3.3 Склад РЕА та вимоги до конструкції виробу

- 1) пристрій буде складатися з пошукової котушки металошукача, штанги металошукача та програмного забезпечення для смартфона;
- 2) так як прилад відноситься до наземної РЕА, то вимоги щодо габаритних розмірів не критичні, але розміри та параметри не повинні перевищувати оптимальних;
- 3) штанга повинна бути легкою та зручною у використанні;
- 5) живлення від напруги 5В.

3.4 Вимоги до надійності РЕА

Основними показниками надійності є:

- 1) середнє напрацювання на відмову РЕА не менше 15000 год;
- 2) мінімальне значення часу відновлення працездатного стану не більше 15 год;
- 3) імовірність безвідмовної роботи 0.95;

4) середній строк служби не менше двох років.

3.5 Вимоги до ергономіки та технічної естетики.

1) виріб повинен відповідати силовим, швидкісним та рецепторним можливостям користувача;

2) виріб повинен відповідати можливостям споживача до сприйняття, зберігання, переробки інформації і забезпечувати адекватну його дію;

3) корпус повинен бути чорного кольору.

4) експлуатація виробу має забезпечити або передбачити не вище граничного рівня температуру, вологість, тиск, освітлення, шум, вібрації, перенавантаження, випромінювання, напруженість поля, стан повітряної суміші;

3.6 Вимоги до сировини та матеріалів та комплектуючих

При розробці прототипу повинні застосовуватися комплектувальні вироби, ЕРЕ й матеріали за діючими стандартами або ТУ. Допускається застосування комплектувальних імпортного виробництва за стандартами ISO.

3.7 Транспортування та зберігання

Умови транспортування згідно ГОСТ 15150-69 умови 1-Л

Зберігання проводиться в складському приміщенні при температурі від +3°C до +40 С і відносній вологості повітря не більше 80% та відсутності в ньому кислотних парів, які шкідливо діють на матеріали

4 ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ ДЕСЕРТАЦІЇ

Оформлення згідно ДСТУ 3973:2000 та ДСТУ 3008:2015

Розроблювана документація на конструкцію має відповідати діючим нормам ЄСКД.

5 РЕЗУЛЬТАТИ МАГІСТЕРСЬКОЇ ДЕСЕРТАЦІЇ

1) Опис ідеї та концепту металошукача;

- 2) Огляд існуючих аналогів на ринку;
- 3) Вибір схемотехнічних рішень;
- 4) Проектування можливого прототипу;
- 5) Розробка стартап проекту.

Виконавець:
Студент
Ілля АНДРІЄНКО

Науковий керівник:
К.т.н., доцент.
Наталія ЛАЩЕВСЬКА

АНДРІЄНКО І.В. РІ-391 МП, 2020