

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Приладобудівний факультет
Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю**

До захисту допущено:

В.о. завідувача кафедри


_____ Ю.В. Киричук

«__» _____ 2021 р.

**Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра
за освітньо-професійною програмою «Роботизовані та автоматизовані
системи неруйнівного контролю і діагностики»
зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології»
на тему: «Автоматизована система ультразвукової діагностики на базі
смартфону»**

Виконав:

Студент VI курсу, групи ПК-01мп
Лемешенко Владислав Валерійович



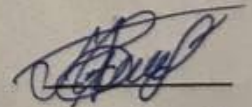
Науковий керівник:

Доцент, к.т.н.,
Петрик В.Ф.



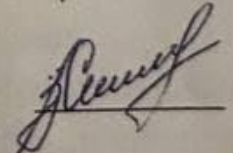
Консультант з розробки стартап-проекту:

Професор, д.е.н.,
Бояринова К.О.



Рецензент:

Доцент, к.т.н.,
Синиця В.І.



Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань. Студент (-ка) _____

Київ – 2021 року

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

Приладобудівний факультет

Кафедра автоматизації і систем неруйнівного контролю
Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Освітньо-професійна програма «Роботизовані та автоматизовані системи
неруйнівного контролю і діагностики»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

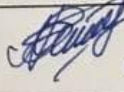
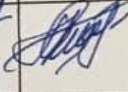
_____Киричук Ю.В.

«__»_____2021р.

ЗАВДАННЯ

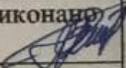
на магістерську дисертацію студенту
Лемешенку Владиславу Валерійовичу

1. Тема проекту «Автоматизована система ультразвукової діагностики на базі смартфона», науковий керівник дисертації Петрик Валентин Федорович, доцент, д.т.н., затверджені наказом по університету від «__»_____2021 р. №
2. Термін подання студентом дисертації _____
3. Об'єкт дослідження: дефектоскоп з віддаленою обробкою даних.
4. Предмет дослідження: методи та засоби передачі та приймання сигналу від датчика за допомогою бездротових каналів зв'язку та подальшої реконструкції сигналу за допомогою смартфона.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити: розширити функції програми: розробити меню на англійській та українській мовах та автоматичний вибір максимумів при визначенні відстані між опорним та ехо імпульсами.
6. Перелік графічного матеріалу: 1. Функціонально принципова схема; 2. Структурна принципова схема.
7. Орієнтовний перелік публікацій. 2 наукові праці, з яких: 1 стаття та 1 теза.
8. Консультанти розділів дисертації:

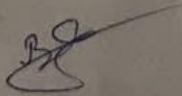
| | | | |
|--------------------------|---|---|---|
| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| Розробка стартап-проекту | Бояринова Катерина Олександрівна |  |  |

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

| № | Назва етапів виконання магістерської дисертації | Термін виконання етапів магістерської дисертації | Примітка |
|---|--|--|--|
| 1 | Формулювання завдання магістерської дисертації | 15.10.2020 | Виконано |
| 2 | Аналітичний огляд методів бездротової передачі даних в неруйнівному контролі | 25.10.2020 | Виконано |
| 3 | Розробка програмного меню на англійській та українській мовах | 05.05.2021 | Виконано |
| 4 | Розробка автоматичного вибору часового інтервалу | 10.08.2021 | Виконано |
| 5 | Розробка стартап-проекту | 20.10.2021 | Виконано  |
| 6 | Оформлення пояснювальної записки | 20.11.2021 | Виконано |
| | | | |
| | | | |

Студент



Владислав ЛЕМЕШЕНКО

Керівник



Валентин ПЕТРИК

Реферат

Пояснювальна записка: 60 с., 18 рисунків, 23 таблиці, 21 джерело.

Актуальність теми

На сьогоднішній день бездротові технології передачі даних стали невід'ємною частиною нашого життя. Вони знайшли широке застосування серед споживачів як звичайної, так і професійної техніки. Винятком не став і неруйнівний контроль.

Якщо розглянути існуючі прилади та системи неруйнівного контролю в яких використовується бездротова передача даних то побачимо, що в абсолютній більшості з них такі технології використовуються в якості допоміжних, та не використовуються для передачі необроблених даних про об'єкт контролю.

В даній роботі бездротові технології використовуються не просто для передачі звітів про стан об'єкта контролю, а за допомогою них організовано «спілкування» сенсору з первинним перетворювачем і блока приймання та обробки інформації. В роботі таким блоком виступає смартфон. Смартфон як комплексний пристрій на сьогоднішній час має високі обчислювальні можливості, повний набір найрозповсюдженіших технологій бездротового підключення, а також гнучку програмну оболонку. Саме ці переваги даного типу пристроїв дозволяє використовувати їх в задачах неруйнівного контролю.

Суть даної роботи полягає в удосконаленні, а саме введення меню на англійській мові та автоматичний вибір максимумів при визначенні відстані між опорним та ехо імпульсами, розробки дефектоскопу з бездротовим каналом передачі даних про стан об'єкту контролю на смартфон. Де ці дані буде оброблено та виведено на головний дисплей для винесення рішення про наявність дефектів в контрольованому об'єкті.

Мета та завдання дослідження

Мета дослідження це – створення можливості використання програми більшою кількістю країн, покращення функцій.

Розширення функцій програми, розробка меню на англійській мові та автоматичний вибір максимумів при визначенні відстані між опорним та ехо імпульсами.

Об'єкт дослідження

Об'єкт дослідження – дефектоскоп з віддаленою обробкою даних.

Предмет дослідження

Предмет дослідження – методи та засоби передачі та приймання сигналу від датчика за допомогою бездротових каналів зв'язку та подальшої реконструкції сигналу за допомогою смартфона.

Ультразвуковий дефектоскоп, дефектоскоп з bluetooth зв'язком, смартфон, бездротова передача даних, неруйнівний контроль, ультразвук, бездротові мережі.

Abstract

Explanatory note: 60 p., 18 figures, 23 tables, 21 source.

Actuality of theme

Today, wireless data technology has become an integral part of our lives. They are widely used among consumers of both conventional and professional equipment. Non-destructive testing is no exception.

If we consider the existing devices and systems of non-destructive testing in which wireless data transmission is used, we will see that in the vast majority of them such technologies are used as auxiliary, and are not used for transmission of raw data about the object of control.

In this work, wireless technologies are used not just to transmit reports on the state of the object of control, but with their help organized "communication" of the sensor with the primary converter and the receiving unit and

information processing. In operation, such a unit is a smartphone. The smartphone as a complex device today has high computing power, a full set of the most common wireless technologies, as well as a flexible software shell. It is these advantages of this type of device allows you to use them in non-destructive testing. The essence of this work is to improve, namely the introduction of menus in English and automatic selection of maxima when determining the distance between the reference and echo pulses, the development of a flaw detector with a wireless channel for transmitting data on the status of the object to the smartphone. Where this data will be processed and displayed on the main display to decide whether there are defects in the inspected object.

The purpose and objectives of the study

The purpose of the study is to make it possible to use the program in more countries, to increase the functions.

Expansion of program functions, development of menus in English and automatic selection of maxima when determining the distance between the reference and echo pulses.

Object of study

The object of research is a flaw detector with remote data processing.

Subject of study

The subject of research is methods and means of transmitting and receiving a signal from a sensor using wireless communication channels and subsequent reconstruction of the signal using a smartphone.

Ultrasound flaw detector, flaw detector with bluetooth connection, smartphone, wireless data transmission, non-destructive testing, ultrasound, wireless networks.

Зміст

| | |
|---|----|
| Перелік умовних позначень..... | 10 |
| ВСТУП..... | 11 |
| Постановка завдання | 12 |
| РОЗДІЛ 1. Аналітичний огляд..... | 13 |
| 1.1 Ультразвуковий контроль..... | 13 |
| 1.1.1 Різновиди УЗК | 13 |
| 1.1.2 Принципи, переваги та недоліки ультразвукового контролю | 14 |
| 1.2 Вихрострумний контроль | 17 |
| 1.3 Висновок до розділу..... | 20 |
| РОЗДІЛ 2. Методи бездротової передачі даних | 21 |
| 2.1 Огляд технологій бездротової передачі даних..... | 21 |
| 2.1.1 Технологія бездротової передачі даних Wi-Fi | 21 |
| 2.1.2 Бездротова технологія Bluetooth..... | 23 |
| 2.1.3 Технологія GSM | 24 |
| 2.2 Обґрунтування вибору Bluetooth технології для сполучення сенсора зі смартфоном..... | 25 |
| РОЗДІЛ 3. Складові дефектоскопу | 27 |
| 3.1 Структурна схема приладу..... | 27 |
| 3.2 Складові ультразвукового сенсору з бездротовим інтерфейсом | 27 |
| 3.3 Розроблений дефектоскоп..... | 30 |
| 3.3 Розширення функцій програми | 39 |
| 3.4 Висновки до розділу | 41 |
| РОЗДІЛ 4. Розроблення стартап-проекту «Автоматизована система ультразвукової діагностики на базі смартфона» | 42 |
| 4.1 Опис та технологічний аудит ідеї стартап-проекту..... | 42 |
| 4.2 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту..... | 44 |
| 4.4 Розроблення ринкової стратегії та маркетингової програми проекту. 52 | |
| 4.4 Організація реалізації стартап-проекту | 55 |
| 4.5 Висновки до розділу | 58 |

| | |
|----------------------------------|----|
| ВИСНОВКИ | 59 |
| Список використаних джерел | 60 |

Перелік умовних позначень

ОК – об'єкт контролю

ЕРС – електрорушійна сила

ВСП – вихрострумний перетворювач

УЗНК – ультразвуковий неруйнівний контроль

УЗ – ультразвук

ПЕП – п'єзо-електричний перетворювач

МВС – метод вихрових струмів

МК – мікроконтролер

АЦП – аналого-цифровий перетворювач

НК – неруйнівний контроль

ВСТУП

Сучасні технології дозволяють нам знаходити нове застосування технологій, які застосовуються для прийому, обробки, передачі даних через канали бездротового зв'язку. У тому числі під час вирішення завдань неруйнівного контролю.

Мета роботи полягає у розробці автоматизованої системи для ультразвукової діагностики на базі смартфона, використовуючи бездротові інтерфейси для передачі результатів контролю на великі відстані, від 1 метра до сотень кілометрів, для подальшої обробки та зберігання результатів контролю.

Існує безліч протоколів і обладнання для передачі даних на великі відстані, але деякі з найбільш поширених використовуються у неруйнівного контролю. Такі як Bluetooth, Wi-Fi та інші протоколи передачі даних, які використовуються операторами стільникового зв'язку. Проблема передачі про результати виконаного контролю дуже актуальна. Не завжди можна проаналізувати дані здійсненого контролю на місці.

Технологія віддаленої обробки інформації наразі широко використовуються у дефектоскопах і товщиномірах, але більша їх частина має малу дальність передачі сигналу, зазвичай до 100 метрів. У роботі показано сучасне вирішення проблеми передачі на значні відстані без використання додаткового обладнання.

Що стосується неруйнівного контролю, при використанні передачі через бездротові інтерфейси існують особливі вимоги до затримок під час передачі даних, оскільки неможливо контролювати затримки за кілька секунд, тому в цій роботі буде розглянуто використання алгоритмів обробки сигналів, в яких затримки мінімальні.

Постановка завдання

З'явилася необхідність у розширенні функцій програми, яка, за допомогою бездротового зв'язку, оброблює отриману інформацію від дефектоскопу. Потрібно розробити меню на англійській мові, для можливості використання даного приладу в багатьох країнах, а також розробити автоматичний вибір максимумів при визначенні відстані між опорним та ехо імпульсами. На рис. 1 представлено типову структурну схему дефектоскопу з каналом бездротової передачі даних.

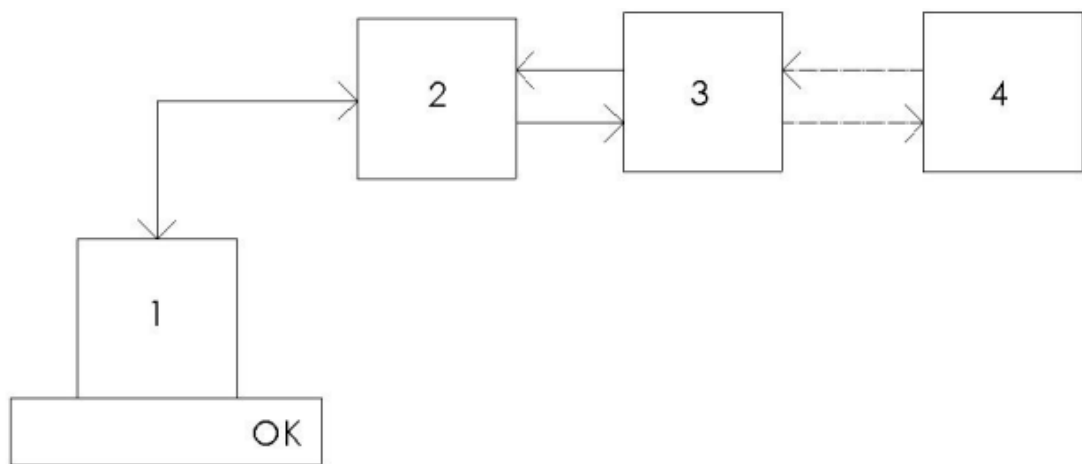


Рисунок 1 – Структурна схема дефектоскопу з бездротовим каналом передачі даних: ОК – об'єкт контролю, 1 – первинний перетворювач, 2 – блок управління, 3 – модуль, що реалізує один або декілька способів передачі даних по бездротовим каналам зв'язку, 4 – блок прийому та обробки інформації від сенсору

РОЗДІЛ 1. Аналітичний огляд

1.1 Ультразвуковий контроль

До одних із найбільш поширених видів неруйнівного контролю відноситься ультразвукова дефектоскопія. Це недорогий та ефективний спосіб перевірки якості, який дозволяє виявити ті чи інші похибки та відхилення матеріалу.

УЗК (ультразвуковий метод контролю) – сучасна діагностична методика, що відрізняється високою точністю в порівнянні з рентгено-дефектоскопією, радіо-дефектоскопією та іншими. УЗК дозволяє виявляти велику кількість різних дефектів, а також отримувати достовірні дані про місцезнаходження, характеристики та розміри дефектів [1].

1.1.1 Різновиди УЗК

Сьогодні у промисловій сфері використовуються чотири основні методики виконання ультразвукового методу НК. Їх відмінності полягають у способах, що застосовуються для отримання та оцінки інформації про дефекти [2]:

1. Імпульсний луна-метод.

У ході діагностики ультразвукову хвилю направляють на область, яка контролюється, а відбитий від дефекту сигнал реєструється. Цей метод передбачає використання одного перетворювача в якості приймача і джерела хвилі.

2. Тіньова методика.

По різні боки від контрольованої зони встановлюють два перетворювачі. Один із них формує УЗ-хвилю, а другий реєструє відбитий сигнал. При використанні тіньового методу про наявність дефекту можна говорити у разі зникнення УЗ-коливачів. У потоці з'являється «глуха зона», яка говорить про те, що у цьому місці сигнал не зміг пройти через дефект.

3. Дзеркальний луна-метод.

В цьому випадку обидва перетворювачі встановлюються на одній стороні. Перший прилад формує ультразвукові коливання, які відбиваються від нерівності,

а другий реєструє їх. Цей метод особливо ефективний, коли необхідно знайти дефекти, розташовані під прямим кутом щодо поверхні досліджуваного виробу (тріщини та ін.).

4. Дзеркально-тіньова методика.

По суті це той самий тіньовий метод. Але прилади розміщуються на одній стороні. У результаті дефектоскопії оператор реєструє не прямий, а відбитий від другої поверхні контрольованої зони потік ультразвукових хвиль. Про наявність дефекту говорять "глухі зони" у відбитих коливаннях.

Конструкція, що не руйнується на перший погляд, може бути пошкоджена дефектами, які виникають у внутрішніх структурах металу. Тому ці методики здатні забезпечити безпечну експлуатацію споруд.

1.1.2 Принципи, переваги та недоліки ультразвукового контролю

Ультразвукова діагностика ґрунтується на тому, що коливання з високою частотою (приблизно 20 тисяч Гц) здатні проникати у метал та відбиватися від дефектів. Вузько направлена хвиля, створена дефектоскопом, проходить крізь виріб, який перевіряють. При наявності дефекту вона поширюється з відхиленнями, які можна зафіксувати на екрані приладу. Результати, отримані під час ультразвукового контролю, дозволяють дізнатися інформацію про характер дефекту, який виявили. Наприклад: за часом проходження ультразвукового сигналу – вимірюється відстань до нерівності; по амплітуді коливання відбитої хвилі – зразкові розміри дефекту.

Ультразвуковий НК також є достатньо безпечним для медичних досліджень тіла людини. Це всім нам відомо ультразвукова діагностика (УЗД). За допомогою цієї діагностики можна перевіряти стан внутрішніх органів, кісток, судин.

Для того, щоб використовувати ультразвуковий неруйнівний контроль повинні забезпечуватися необхідні умови, такі як наявність контактної рідини між первинним перетворювачем та об'єктом контролю, а також підтримка відносно постійної температури ОК. Ця контактна рідина потрібна для передачі

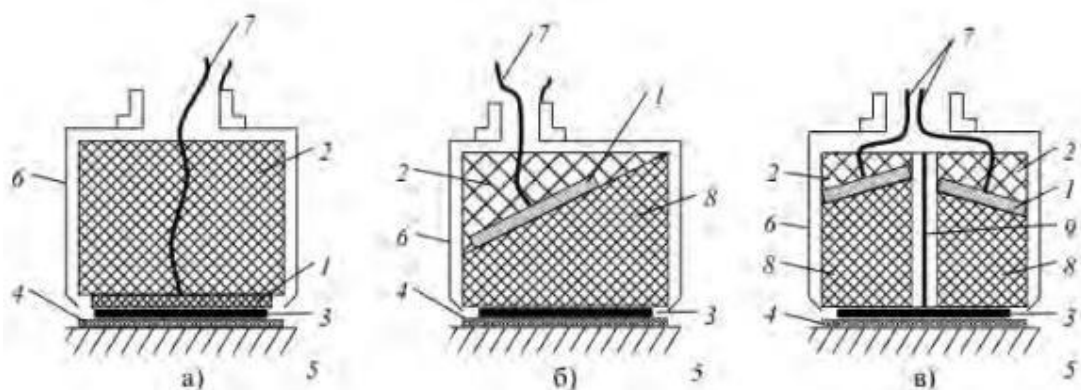
ультразвукових коливань з ПЕП до об'єкту контролю, адже акустичний імпеданс повітря дуже високий і в разі відсутності контактної рідини акустичні хвилі одразу ж згаснуть.

При виконанні контролю вертикальних поверхонь використовуються густі рідини, які швидко не стікають з об'єкту контролю або забезпечують постійне надходження контактної рідини. Забезпечити відносно постійну температуру об'єкту контролю потрібно для того, щоб підтримувати стабільну швидкість ультразвуку в об'єкті контролю. Адже при змінні температури об'єкту контролю, отримані результати можуть бути не достовірними.

Розглянемо найбільш поширені контактні перетворювачі, які використовуються в УЗК [3].

Контактний перетворювач – це п'єзопластина, яка використовується, щоб ввести ультразвук в об'єкт контролю. Ці перетворювачі розрізняються за схемами включення: роздільною, суміщеною, роздільно-суміщеною.

На рисунку 1.1 показано основні типи конструкцій ультразвукових перетворювачів.



а) прямиий;

б) похилиий;

в) роздільно-суміщений

Рисунок 1.1 – Конструкція ультразвукових перетворювачів:

П'єзопластина 1 в контактному перетворювачі, прямому та суміщеному, (рисунок 1.1а) притиснута чи приклеєна до демпфера 2 та до протектору 3. В корпусі 6 розміщуються склеєні елементи. За допомогою виводів 7 датчик приєднується до дефектоскопу. УЗК передаються до об'єкта контролю 5 та навпаки з використанням контактної рідини 4 [4].

Прямими перетворювачами називають ті, що збуджують поздовжні хвилі. Похилий контактний перетворювач (рисунок 1.1б) використовує призму 8 для того, щоб ввести УЗ під кутом до поверхні об'єкта контролю. Перетворювачі, які використовують цей тип конструкції застосовуються для збудження поверхневих та зсувних хвиль [5].

Контактні роздільно-суміщені перетворювачі (рисунок 1.1в) містять у своїй конструкції дві призми 8 з п'єзопластинами 1, які фіксуються на них, що розділені за допомогою електроакустичного екрану 9. Цей екран потрібен для того, аби не допустити безпосередньо прямої передачі сигналів від випромінювача до приймача [6].

Ультразвуковий метод контролю має наступні переваги:

1. Доступна вартість.

Ультразвуковий контроль обходиться значно дешевше, ніж інші методи дефектоскопії.

2. Безпека.

Ультразвукове випромінювання не має негативного впливу на оператора, який проводить дослідження.

3. Мобільність.

Портативні апарати для дефектоскопії дають змогу проводити перевірку на виїзді, що значно розширює сфери використання ультразвукового контролю.

4. Висока точність.

Висока швидкість і точність ультразвукового контролю дає змогу отримувати об'єктивні дані про стан та якість листового металу без значних похибок. Перевірені листи можуть використовуватися для створення міцних

конструкцій, що не руйнуються протягом довгого часу.

5. Неруйнівний вплив.

Вироби зберігаються у своєму початковому вигляді, що дозволяє уникнути додаткових фінансових витрат.

Одним із недоліків ультразвукового контролю є необхідність ретельної підготовки поверхні перед проведенням контролю. Потрібно створити шорсткості п'ятого класу, які потрібні для гарного контакту з рідкою масою, яка наноситься щоб ультразвукові хвилі безперешкодно проникали всередину. Крім цього, ультразвуковий контроль не дозволяє отримати точну інформацію про розмір дефекту, але порівнюючи з іншими способами дефектоскопії ультразвуковий метод контролю є найточніший, ефективніший та надійніший методикою [7].

1.2 Вихрострумний контроль

Вихрострумний неруйнівний контроль заснований на порушенні в контрольованій деталі вихрових струмів і аналізі взаємодії зовнішнього збуджуючого магнітного поля з магнітним полем вихрових струмів, які наводяться в ОК цим полем.

Так як вихрострумні методи контролю засновані на порушенні вихрових струмів, застосовується він для контролю якості електропровідних об'єктів: металів, сплавів, графіту, напівпровідників. Йому властива мала глибина зони контролю, обумовлена глибиною проникнення електромагнітного поля в контрольоване середовище. Вихрострумні методи контролю широко застосовують для дефектоскопії, визначення розмірів і структуроскопії матеріалів виробів [8].

Особливість вихрострумного контролю полягає у тому, що його можна проводити без контакту перетворювача і ОК. Їх взаємодія відбувається зазвичай на відстанях, достатніх для вільного руху перетворювача щодо об'єкта: від часток міліметра до декількох міліметрів. Тому цим методом можна отримувати хороші результати контролю навіть при високих швидкостях руху перетворювачів по

деталі.

Ще одна з особливостей методу полягає в тому, що на сигнали перетворювача практично не впливають тиск, вологість, забрудненість газового середовища, забруднення поверхні об'єкта контролю непровідячими речовинами і радіоактивні випромінювання.

Простота конструкції перетворювача (ВП) – ще одна перевага цього методу.

У більшості випадків котушки поміщають в запобіжний корпус і заливають компаундами. Через це вони стійкі до механічних і атмосферних впливів, а також можуть працювати в агресивних середовищах, в широкому інтервалі тисків і температур.

До переваг цього методу неруйнівного контролю можна віднести простоту та швидкість його проведення. На відміну від ультразвукового неруйнівного контролю вихрострумний метод не має потреби у застосуванні контактних рідин. За допомогою вихрострумного методу контролю є можливість проводити дослідження об'єкту контролю навіть на досить великій швидкості. Під час проведення досліджень датчик може зовсім не контактувати з об'єктом контролю, а бути на певній відстані (приблизно декілька долей міліметра).

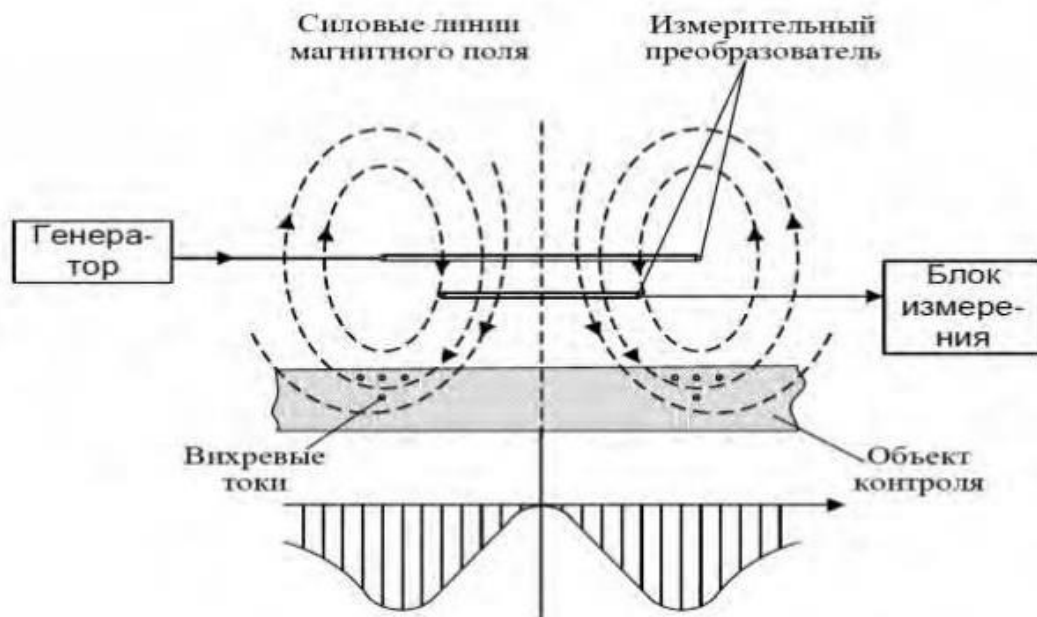


Рисунок 1.2 – Схема роботи вихрострумного перетворювача

Існує декілька методів вихорострумowego контролю (ГОСТ 24289-80):

1. Амплітудний;
2. Спектральний;
3. Частотний;
4. Фазовий;
5. Багаточастотний.

Найбільш поширеними є методи: частотний та амплітудний.

Амплітудний метод контролю застосовується, якщо зміна фактора, що заважає, впливає на фазу сигналу вихорострумowego перетворювача. До складу приладу, що реалізує такий метод входить амплітудний детектор, що дозволяє відстежувати зміну амплітуди сигналу, пов'язаного з контрольованим параметром. Так, при досягненні порогового рівня амплітуди, що відповідає критичному значенню контрольованого параметра, відбудеться спрацювання сигналізації дефекту. При цьому вплив фактора, що заважає, і реакція сигналу в вимірювальній обмотці на нього – зміна фази сигналу. Ця дія не буде впливати на показання приладу. Такий спосіб застосовується тоді, коли вплив корисного фактора (дефекту) і змінного взаємно перпендикулярні. Цей метод найбільш розповсюджений та є одним з найвикористовуваних, адже він досить простий у реалізації.

Частотний метод контролю заснований на вимірі зміни частоти при дослідженні об'єкту контролю. Для реалізації цього методу в найпростішому випадку до складу приладу включають коливальний контур. Принцип роботи такого детектора заснований на збільшенні індуктивного опору перетворювача та зменшенні ємнісного опору конденсатора, включених до коливального контуру, при збільшенні частоти і навпаки. Амплітуда сигналу вихреструмowego перетворювача різко збільшується при досягненні резонансної частоти. Налаштувати резонансну частоту можна змінюючи ємність конденсатора.

Набагато складніше прибрати змінюючий фактор, якщо він одночасно впливає відразу на кілька параметрів сигналу вихреструмowego перетворювача або якщо факторів, що змінюють, кілька і їх вплив різноспрямований.

Для пояснення цього та інших способів незручно використовувати представлення сигналів вихреструмового перетворювача тимчасовими синусоїдальними функціями, тому що важко оперувати ними (виконувати математичні операції). Для зручності синусоїдальні функції представляють у вигляді векторів.

До переваг вихрострумового контролю можна віднести:

1. Можливість легко автоматизувати контроль, завдяки особливості природи сигналу, який.
2. Простота контролю;
3. Відсутність контакту датчика та об'єкту контролю, механічно чи електрично.
4. Велика швидкість проведення контролю, через те, що об'єкт контролю може доволі швидко рухатися.
5. Значна величина шорсткості, що має поверхня об'єкту контролю.
6. Відсутність необхідності застосовувати контактні рідини.

Як первинний перетворювач використовується звичайна котушка індуктивності, одна чи декілька.

1.3 Висновок до розділу

Якщо проаналізувати переваги та недоліки вище розглянутих методів неруйнівного контролю можна зробити висновок, що кожен із методів можна використати для реалізації поставленої задачі. Але при використанні вихреструмового методу, результати експерименту можуть бути спотворені, так як цей метод є досить простим у реалізації і не зможе повністю показати потенціал розроблюваної системи. Тому більш доцільно використати ультразвуковий метод неруйнівного контролю. Однак, при використанні даного методу вимоги до датчика первинним перетворювачем підвищуються. І саме обраний метод зможе показати, що використання смартфона в дефектоскопії є досить перспективним.

РОЗДІЛ 2. Методи бездротової передачі даних

2.1 Огляд технологій бездротової передачі даних

В даний час людство вже не може уявити світ без зв'язку, без виходу в Інтернет, без перегляду фільмів онлайн. Але для того, щоб здійснювати цей зв'язок людству доводиться щодня організовувати нові і нові канали, і відповідно закладати під них кабелі зв'язку. А чи можна здійснювати зв'язок, передачу даних без кабелів, без дротів? Так можна, зараз вже існує безліч технологій, що дозволяють передавати дані на відстань без проводів.

Безпроводний зв'язок, в першу чергу, це можливість передавати інформацію на відстані без кабельної системи. Перевагою бездротового зв'язку є простота установки. Коли не потрібно прокладати фізичні дроти до офісу, процедура установки може бути швидкою і економічно ефективною. Бездротовий зв'язок спрощує також підключення важкодоступних об'єктів, таких як складські та заводські приміщення. Витрати на побудову бездротового зв'язку обходяться дешевше, оскільки при цьому ліквідуються проблеми з організацією прокладки проводів і витрати, пов'язані з цим процесом.

В бездротовому зв'язку найбільш поширеними і відомими на сьогоднішній день є три сімейства технологій передачі інформації, такі як Wi-Fi, GSM, Bluetooth. Ці технології детально розглядаються в плані захищеності від можливих атак. Розглянемо ці технології детальніше.

2.1.1 Технологія бездротової передачі даних Wi-Fi

В даний час однією з найпопулярніших технологій для організації бездротового доступу є технологія Wi-Fi. Вона розроблена ще в 1991 році, і дослівно розшифровується як Wireless Fidelity. Ця технологія застосовується не тільки для побудови домашніх мереж, але й активно використовується на підприємствах.

Більшість Wi-Fi обладнання можна розділити на дві великі групи: точки

доступу та кінцеве обладнання користувачів, оснащене Wi-Fi адаптерами.

Доступ в інтернет за технологією Wi-Fi здійснюється за допомогою спеціальних радіоточок доступу (AP Access Point) [9].

Існують такі різновиди Wi-Fi мереж:

Перша працює на частоті 5 ГГц, інші на частоті 2.4 ГГц. Кожен тип має різну пропускну здатність (максимально теоретично можливу швидкість):

1. для 801.11a це 54 Мбіт/с;
2. для 801.11b це 11 Мбіт/с;
3. для 801.11g це 54 Мбіт/с;
4. для 801.11n це 600 Мбіт/с.

Будь-яка бездротова мережа складається як мінімум з двох базових компонентів – точки бездротового доступу та клієнта бездротової мережі (режим ad-hoc, при якому клієнти бездротової мережі спілкуються один з одним безпосередньо без участі точки доступу). Стандартами бездротових мереж 802.11a/b/g передбачається кілька механізмів забезпечення безпеки, до яких відносяться різні механізми аутентифікації користувачів і реалізація шифрування при передачі даних. Підключитися до мережі Wi-Fi можна за допомогою ноутбуків, кишенькових комп'ютерів, смартфонів, оснащених спеціальним обладнанням. На сьогоднішній день практично всі сучасні портативні і кишенькові комп'ютери є Wi-Fi-сумісними.

Якщо ж ноутбук не оснащений спеціальним обладнанням, то можна легко використовувати цю зручну технологію, необхідно, лише в PCMCIA-слот комп'ютера встановити спеціальну Wi-Fi-картку або через USB-порт підключити зовнішній Wi-Fi-пристрій. Для підключення до Wi-Fi мережі досить просто потрапити в радіус дії (100-300 м) бездротової точки доступу Wi-Fi.

Переваги Wi-Fi:

1. простий і зручний спосіб підключення до послуги;
2. відсутність необхідності підключення додаткових пристроїв – модемів, телефонних ліній, виділених каналів для з'єднання з мережею Інтернет;

3. простий спосіб налаштування комп'ютера;
4. немає залежності від часу користування послугою, оплата тільки за використовуваний Інтернет – трафік;
5. швидкість прийому/передачі даних – до 54 Мбіт/с;
6. захищеність передачі даних;
7. постійно розширюється мережа точок доступу Wi-Fi [3]. Розглянемо недоліки Wi-Fi.

Частотний діапазон і експлуатаційні обмеження в різних країнах неоднакові. У багатьох європейських країнах дозволені два додаткових канали, які заборонені в США. В Японії є ще один канал у верхній частині діапазону, а інші країни, наприклад Іспанія, забороняють використання низькочастотних каналів. Більш того, деякі країни, наприклад Росія, Білорусь і Італія, вимагають реєстрації всіх мереж Wi-Fi, що працюють поза приміщеннями, або вимагають реєстрації Wi-Fi-оператора.

2.1.2 Бездротова технологія Bluetooth

Bluetooth – технологія бездротової передачі даних, яка дозволяє поєднати один з одним будь-які пристрої, в яких є вбудований мікročіп Bluetooth. Найбільш активно технологія застосовується для підключення до мобільних телефонів різних зовнішніх пристроїв: бездротових гарнітур handsfree, бездротових модемів, приймачів супутникової навігації, і власне, для підключення до персонального комп'ютера.

Bluetooth може спілкуватися з декількома (до семи) пристроями Bluetooth: один пристрій при цьому буде активним, а інші знаходяться в режимі очікування. Протокол передачі інформації по бездротовому каналу Bluetooth був розроблений групою компаній: Ericsson, IBM, Intel, Toshiba та Nokia. Групарозробки була створено на початку 1998 року. 20 травня 1998 року відбулося офіційне представлення спеціальної робочої групи (SIG - Special Interest Group), покликаної забезпечити безперешкодне впровадження технології, що отримала

назву Bluetooth.

Bluetooth забезпечує обмін інформацією між такими пристроями, як кишенькові та звичайні персональні комп'ютери, мобільні телефони, ноутбуки, принтери, цифрові фотоапарати, мишки, клавіатури, джойстики, навушники, гарнітури на надійній, недорогій, доступній радіочастоті для ближнього зв'язку. Зв'язок цих пристроїв може здійснюватися в радіусі від 10 до 100 метрів один від одного навіть у різних приміщеннях.

Бездротова Bluetooth технологія була заснована на стандарті IEEE 802.15.1, а також є першою технологією, яка дала можливість здійснити бездротову персональну мережу [10]. З її допомогою та використовуючи антени сигнал можна передавати навіть на відстань до 300 м [11]. Цей стандарт бездротової передачі можна використовувати в компактних системах зв'язку, а також працює він на невеликій відстані. Зазвичай ноутбуки, нетбуки, електронні планшети, смартфони, медіа плеєри, тощо, обладнуються модулем з такою технологією.

Bluetooth технологія – є радіо інтерфейсом, який має низьке енергоспоживання та передачу даних в реальному часі. Радіо інтерфейс достатньо довгий час мав маленький радіус дії, близько 10 метрів, але зараз Bluetooth вже має і другу зону дії, яка становить близько 100 метрів. Для роботи цієї бездротової технології використовується нижній (2.45 ГГц) діапазон ISM. Частотний діапазон, який призначений для роботи приладів: наукових, промислових та медичних. Радіоканал, який використовує бездротова технологія Bluetooth 2.0, має пропускну здатність 1 Мб/с. З урахуванням таких умов можна розробити асиметричний канал передачі даних, який має швидкість 723.3/57.6 Кб/с або ж створити, так званий дуплексний канал, який має швидкість 433.9 Кб/с, що здійснює однакову швидкість на прийом та передачу даних [21].

2.1.3 Технологія GSM

GSM (від назви групи Groupe Special Mobile, пізніше перейменований на Global System for Mobile Communications) — глобальний цифровий стандарт для

мобільного стільникового зв'язку з поділом частотного каналу за принципом TDMA та високим ступенем захисту, який забезпечується шифруванням з відкритим ключем. Розроблено під керівництвом Європейського інституту стандартизації електровз'язку (ETSI) наприкінці 1980-х років.

Комерційне використання стандарту почалося в середині 1991 року, а до 1993 року було організовано 36 мереж GSM у 22 країнах світу. Разом із європейськими державами стандарт GSM обрали багато країн Південної Африки, Близького та Далекого Сходу, а також Австралія. На початку 1994 року число абонентів GSM досягло 1.3 мільйона. Термін GSM є скороченням від Global System for Mobile telecommunications – глобальна система мобільних телекомунікацій GSM належить до мереж другого покоління (2 Generation), хоча на 2010 рік умовно знаходиться у фазі 2.75G завдяки численним розширенням (1G – аналоговий стільниковий зв'язок, 2G – цифровий стільниковий зв'язок, 3G – широкопasmовий цифровий стільниковий зв'язок, комутований багатоцільовими комп'ютерними мережами, також включаючи Інтернет). Мобільні телефони випускаються для 3 діапазонів частот: 850 МГц, 900 МГц, 1800 МГц [13].

Зараз по всій нашій країні є доступним покриття UMTS, на відміну від покриття LTE, тому, саме UMTS є більш стабільним. Серед багатьох технологій найкращою є – UMTS, адже завдяки їй забезпечується найшвидша передача даних. А також воно забезпечує хорошу швидкість передачі даних.

2.2 Обґрунтування вибору Bluetooth технології для сполучення сенсора зі смартфоном

Організація каналів передачі інформації в НК має високу актуальність, зокрема при створенні автоматизованих систем збору і передачі даних. Бездротова передача даних, як один з варіантів, дозволяє скоротити витрати часу на здійснення контролю об'єкта, зменшити кількість обслуговуючого персоналу при спостереженні за значно віддаленими об'єктами, які можуть мати як велику протяжність в разі трубопроводів, так і просто знаходитись далеко від центру

контролю.

В цьому розділі зроблено аналіз можливих бездротових технологій передачі даних у дефектоскопії. Так як бездротова Bluetooth технологія є більш енергоефективною, а також присутня у кожному смартфоні, для з'єднання сенсора із смартфоном було вирішено використовувати саме її.

РОЗДІЛ 3. Складові дефектоскопу

3.1 Структурна схема приладу

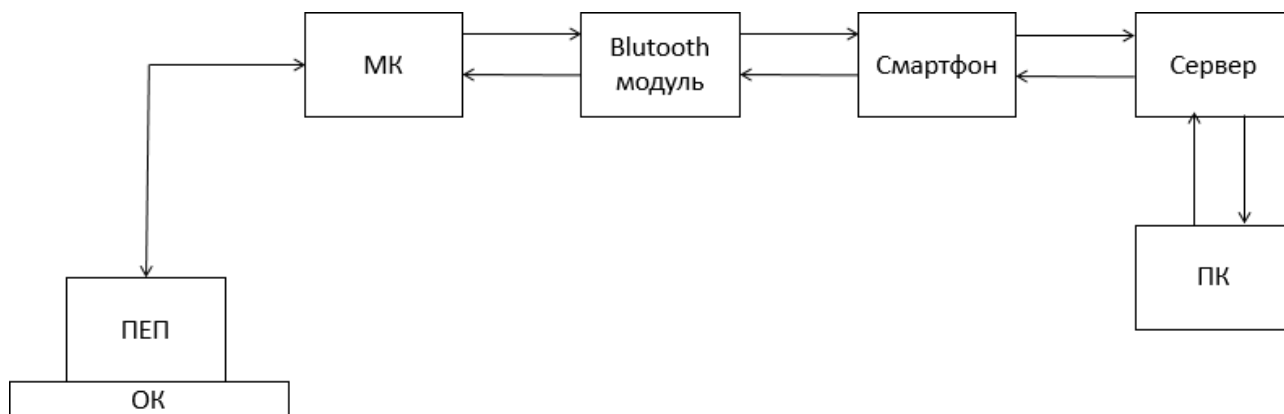


Рисунок 3.1 – Структурна схема приладу

Суть запропонованої розробки полягає у тому, що використовуючи примітивний датчик, що складається із первинного перетворювача (ПЕП), мікроконтролера (МК), в якості блоку управління модуля передачі даних, який реалізує бездротову bluetooth технологію та сенсором, ми можемо отримати функціонал повноцінного дефектоскопу, в якого є можливість обробити отримуваний сигнал, сформувати звіти за налаштуваннями користувача, а також синхронізуватися із хмаринковими сервісами для безпосередньої передачі даних. Це можливо реалізувати за допомогою використання смартфона у системі. Сигнал з ПЕП надходить до АЦП, де він оцифровується, та через usart інтерфейс МК поступає до bluetooth модуля. Цей модуль формує пакет даних, який в свою чергу відправляється на смартфон, щоб далі його можна було обробити. Так само смартфон може бути як ретранслятор, для того, щоб обробити дані на великій відстані [14-17].

3.2 Складові ультразвукового сенсору з бездротовим інтерфейсом



Рисунок 3.2 – УЗ сенсор з бездротовим Bluetooth інтерфейсом

На рисунку 3.2 зображено бездротовий сенсор який складається із мікроконтролера, аналого-цифрового перетворювача, генератора ударного збудження, мікросхеми Bluetooth та її антени. Далі розглянемо кожен частину окремо. На рисунку 3.3 показано мікроконтролер.



Рисунок 3.3 – Мікроконтролер STM32F407GT6

Для правильної роботи сенсору, щоб забезпечити роботу в режимі реального часу, у контролера має бути можливість працювати з АЦП за допомогою технології DMA. Підключення до АЦП, використовуючи таку технологію, відбувається в

peripheral-to-memory режимі. Використання цієї технології дає АЦП змогу спілкуватися з пам'ятю 32 напряму, уникаючи центральний процесор, який дає змогу дуже підвищити швидкість обміну даними. Під час проектування сенсору до АЦП було поставлені певні вимоги: можливість працювати з частотою дискретизації від 30МГц, а також робота при низькій напрузі. А отже як АЦП використовуємо модель від Texas Instruments ADC08060 (рис.3.4) [18].



Рисунок 3.4 – Аналого-цифровий перетворювач ADC08060

В якості модуля bluetooth використовуємо модель від компанії Microchip – RN4771U (рис.3.5).



Рисунок 3.5 – Bluetooth модуль RN4771U 33

Цей модуль обладнаний bluetooth 5.0. Як і АЦП контролер bluetooth

повинен бути досить компактним, і обрана модель повністю задовольняє вимогам, оскільки її повний розмір разом із антенною становить всього 6x8 мм. Плюс до усього, цей модуль може працювати на досить низьких напругах і обладнаний інтерфейсом `uart`. Розібравши основні складові приладу приступимо до дослідження його роботи, а також порівняємо із вже існуючими рішеннями [19].

3.3 Розроблений дефектоскоп

На рисунку 3.6 показана система дефектоскоп [20].

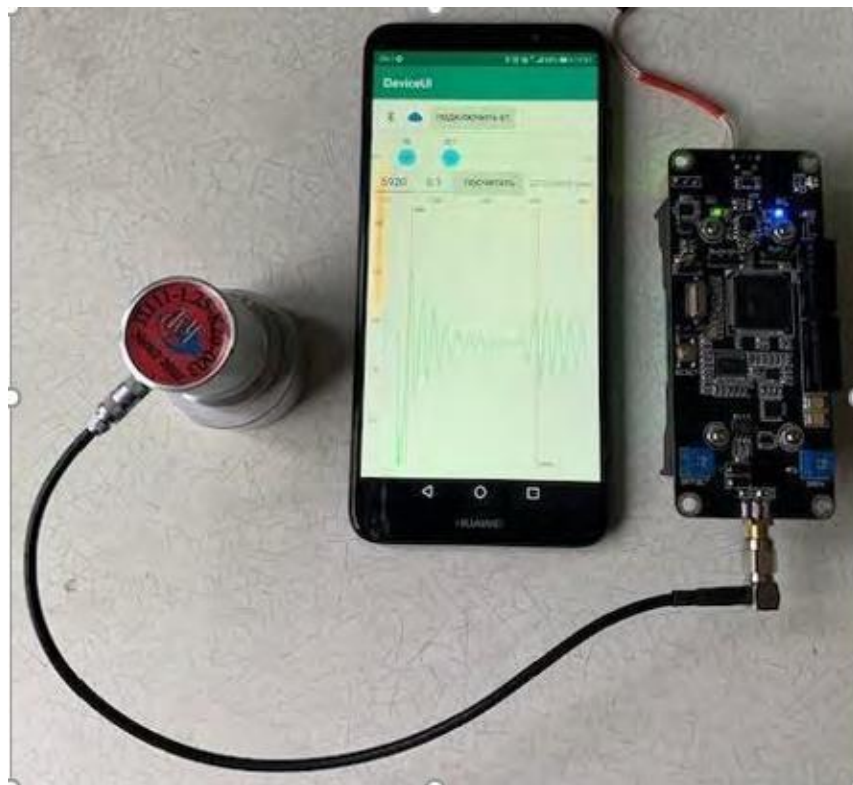


Рисунок 3.6 – Ультразвуковий дефектоскоп з обробкою даних на смартфоні

Для початку потрібно ознайомитися з принципами та можливостями програми, щоб можна було почати проводити експерименти. Щоб це зробити встановимо програму на будь-який смартфон з операційною системою Android, версії не менше 8.0, це є однією з вимог для того, щоб програма працювала коректно. Також смартфон, щоб повноцінно працювати повинен мати: Bluetooth, Wi-Fi, HSDPA+ (3G), LTE (4G). Після того, як встановили запускаємо програму.

На рисунку 3.7 показано стартове меню програми, яке висвічується зразу після запуску додатку. В цьому меню додаток перевіряє чи готовий смартфон до прийому даних із сенсора і якщо на пристрої не увімкнено bluetooth запропонує активувати його.

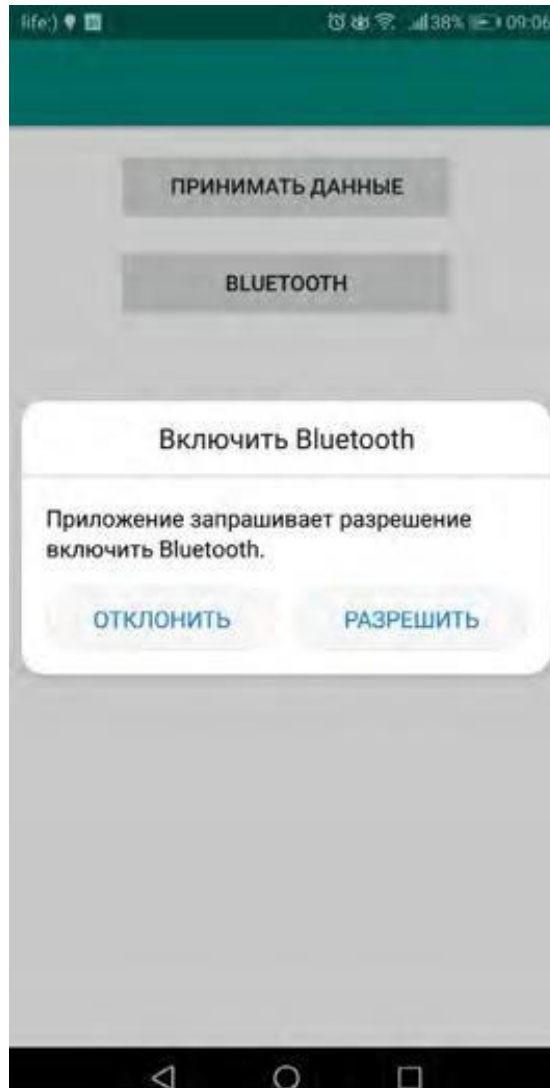


Рисунок 3.7 – Экран проверки на готовность смартфона до роботи

Після проведення попередніх маніпуляцій і додатку можна буде увімкнути bluetooth переходимо до меню вибору підключення (рисунок 3.8). Навіть якщо на цьому етапі не дати додатку увімкнути bluetooth, то програма запитає дозволу ще раз, коли ми вже переключимося на сторінку роботи з самим сенсором.

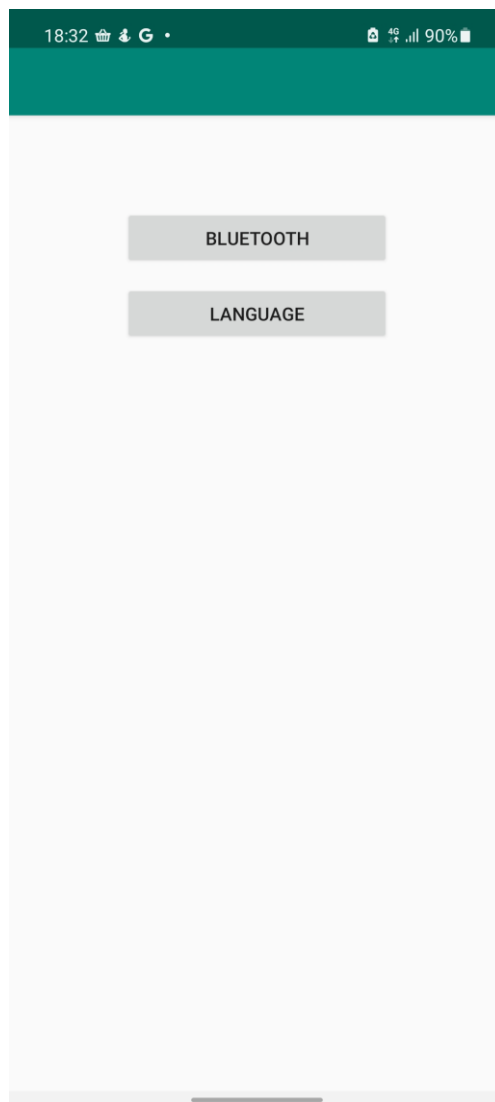


Рисунок 3.8 – Основне меню програми

На цьому етапі у нас є можливість вибрати, яке саме з підключень нам потрібно у даний момент. Тобто, чи буде безпосередньо прийом даних із Bluetooth сенсору або ж з серверу. Другий спосіб підключення потрібний, якщо ми слідкуємо за ситуацією не на «місці», а знаходимося на деякій досить значній відстані [19].

Проаналізуємо обидва сценарії роботи. Спочатку підключимося до сенсору.

Для цього потрібно обрати пункт Bluetooth (рисунок 3.9).

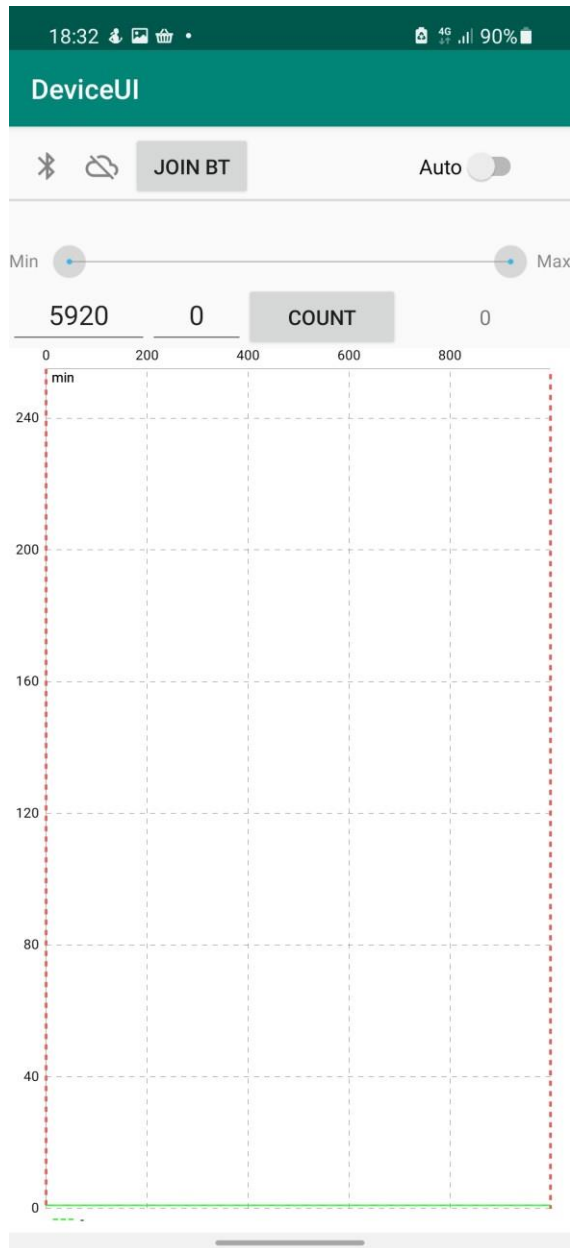


Рисунок 3.9 – Екран роботи з Bluetooth сенсором

На цьому екрані з'явилась область представлення даних, які надходять із сенсору у вигляді графіку. Сам сенсор відправляє пакет даних на смартфон два рази в секунду. Для більш комфортного відображення інформації, кожний наступний пакет даних змінює попередній. Для того, щоб підключити сенсор потрібно натиснути кнопку «Join BT» (рисунок 3.10).

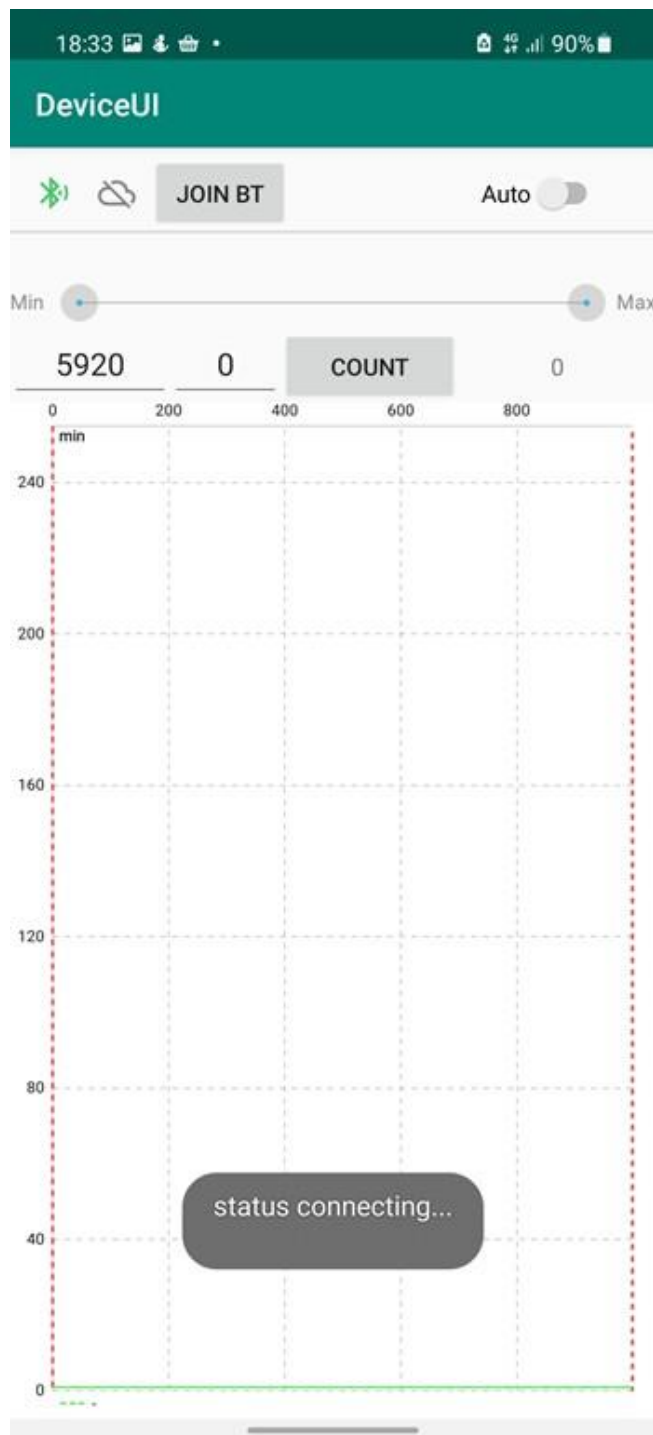


Рисунок 3.10 – Підключення Bluetooth сенсору до смартфона

При успішному з'єднанні будуть показані дані, у вигляді графіка, які надсилає сенсор (рисунок 3.11).

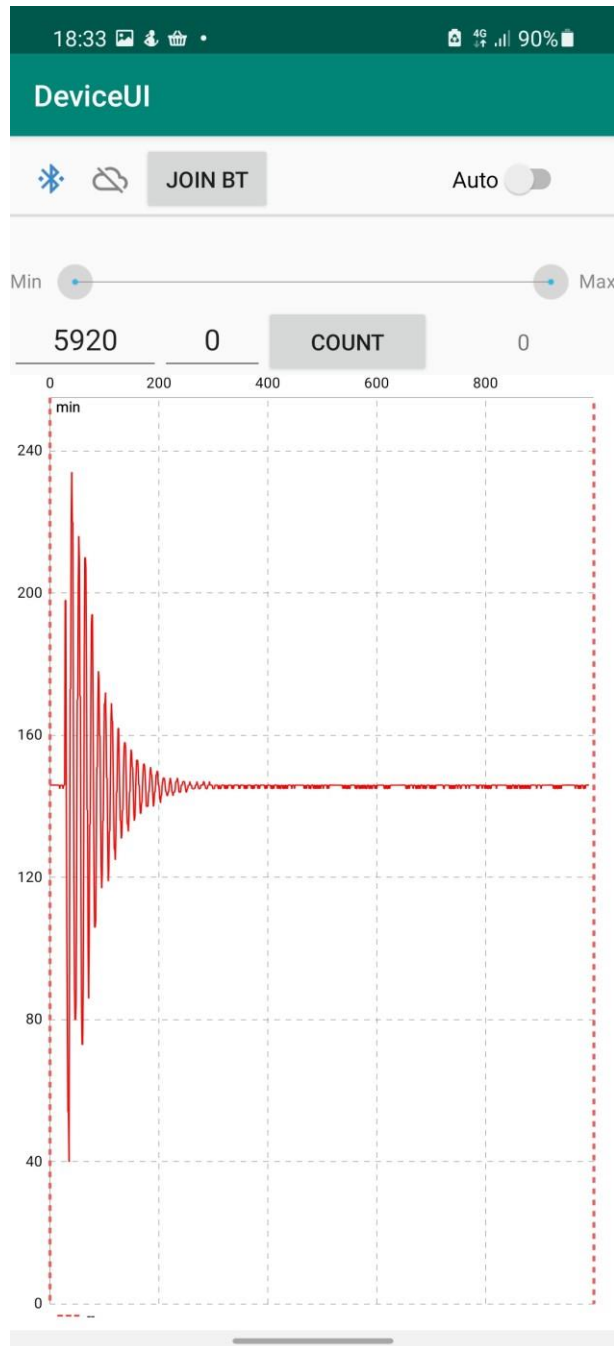


Рисунок 3.11 – Сигнал, що отримує смартфон з Bluetooth сенсору

Пакет даних, який в результаті отримаємо з сенсору складається із тисячі точок. Точки, які відкладені по горизонталі, характеризують часову складову сигналу, а ті, що відкладені по вертикалі, амплітудну складову. Де 0 – 0 В, а 255 – 2.5 В.

Також можемо бачити шкалу з min та max, на ній за допомогою пересування повзунків можемо обирати потрібні опорні точки для виконання вимірів. Зразу над графіком (рисунок 3.12) видно поля для задання швидкості ультразвуку (у

червоному прямокутнику) в метрах на секунду (за замовчуванням визначена швидкість ультразвуку в сталі 5920 м/с), поле для введення величини протекторув первинний перетворювач (у зеленому прямокутнику), визначається в міліметрах, поле, в якому виводиться обчислений результат (у синьому прямокутнику). Результат розрахунків виводиться у міліметрах.

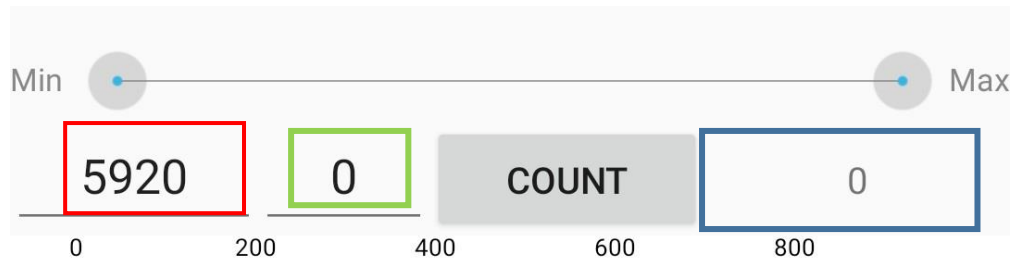


Рисунок 3.12 – Розташування елементів керування

Вибираючи потрібні для подальших вимірів точки є можливість проводити розрахунок товщини об'єкта контролю або визначати відстань до дефекти необхідні (рисунок 3.13). Перед початком вимірів потрібно виконати такі дії:

1. Перевіряємо чи підключений сенсор до смартфона (при правильному підключенні значок Bluetooth, який знаходиться в лівій верхній частині програми, буде синього кольору);
2. Наносимо на об'єкт контролю контактну рідину;
3. Притискаємо перетворювач до об'єкту контролю;
4. Обираємо точки, використовуючи повзунки, між якими будемо проводити виміри;
5. В необхідні поля вводимо значення швидкості УЗ, який поширюється у об'єкті контролю (визначається у м/с), значення товщини протектору на первинний перетворювач, здебільшого 0.1 (визначається у мм);
6. Натискаємо кнопку «Count».

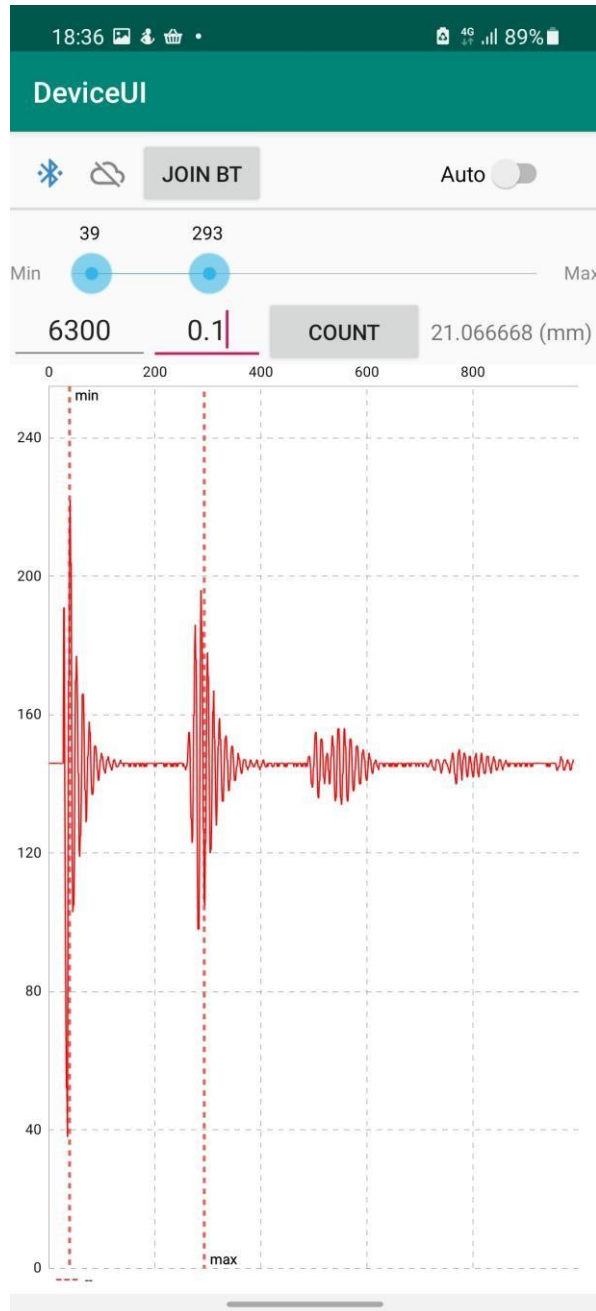


Рисунок 3.13 – Розрахунок товщини об'єкта контролю

На рисунку 3.13 показано результати розрахунків на деталі, яка досліджується. Після закінчення розрахунків та роботи із приладом, програму просто можна закрити. Якщо контроль проводиться на досить великій відстані, то на екрані вибору підключення до сенсору потрібно обрати пункт «receive data». В цьому випадку смартфон підключається до сервера та приймає дані від самого сенсора, що були направлені в хмаринне сховище. В цьому випадку роботи смартфон, який підключений до Bluetooth сенсору, є ретранслятором даних, а безпосередньо обробка виконується на

іншому пристрої.

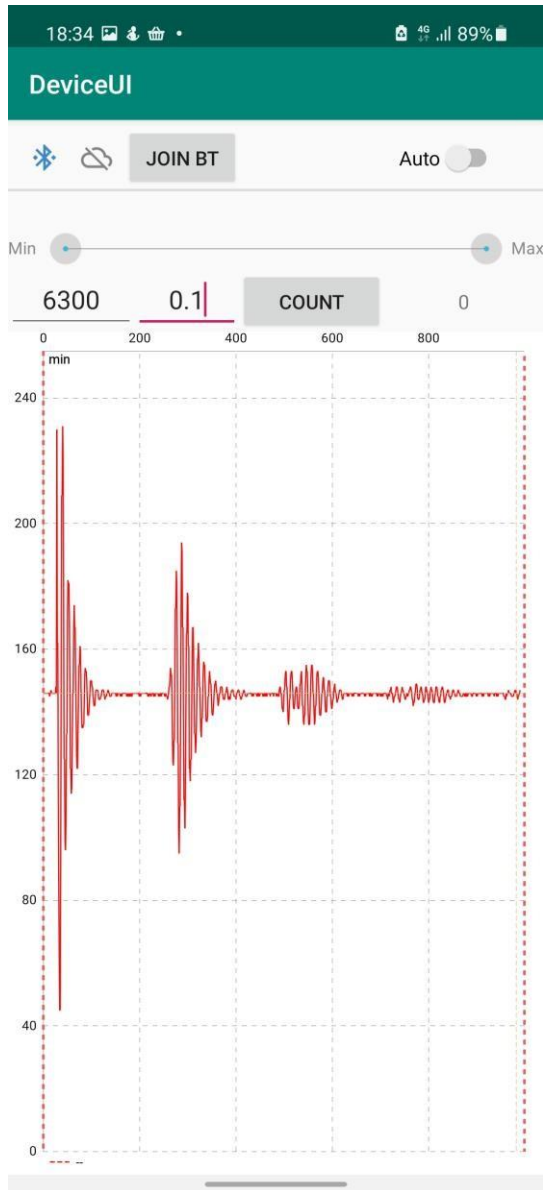


Рисунок 3.14 – Прийом та робота з даними від сервера

Коли натискаємо кнопку «stop» прийом даних з сервера призупиняється, а замість хмарки зі стрілочкою буде чашка, яка означає перерву. Роботу з сигналом, який отримали можна продовжити навіть в тому випадку, якщо нові дані не надходять з сенсору. В хмаринному сховищі залишається останній прийнятий сигнал.

3.3 Розширення функцій програми

До функціоналу програми додано автоматичний вибір максимумів при визначенні відстані між опорним та ехо-імпульсами.

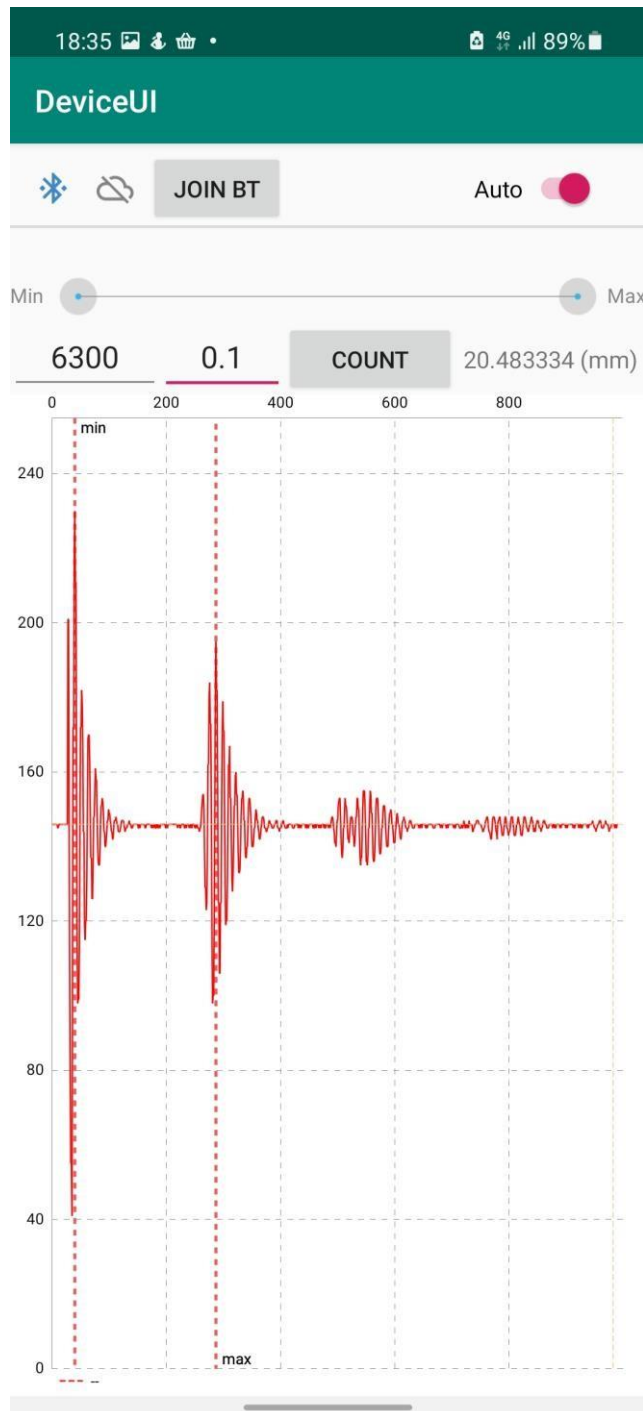


Рисунок 3.15 – Автоматичний вибір максимумів

На рисунку 3.15 показано, що при натисканні кнопки «Auto» програма сама автоматично вираховувала максимуми для подальшого визначення відстані між опорним та ехо-імпульсами, що є товщиною зразка або відстанню до дефекту.

Програма знаходить перший максимум сигналу, а далі сигнал йде на спад. Потім перевіряємо циклом до тих пір, поки наступне значення не буде меншим за попереднє, тоді ця точка (попередня) і буде другим максимумом.

Також до програми інтегрована англійська мова. Тому можна обрати більш зручну мову для роботи з програмою.

Процес контролю був проведений на стандартних зразках з алюмінію та сталі. В таблиці 3.1 показані результати контролю товщини розробленого дефектоскопу.

Таблиця 3.1 – Результати контролю товщини алюмінієвих зразків

| Товщина зразка, номінальна (мм) | Розроблений дефектоскоп (мм) | Розроблений дефектоскоп, абсолютна похибка вимірювання (мм) | Розроблений дефектоскоп, відносна похибка вимірювання (%) |
|---------------------------------|------------------------------|---|---|
| 40 | 39.6 | 0.1 | 0.25 |
| 20 | 20.15 | 0.15 | 0.75 |
| 9 | 9.16 | 0.16 | 1.7 |
| 5 | 5.65 | 0.65 | 13 |

При аналізі результатів видно, що коли відбувається контроль великих товщин, то похибка контролю незначна, але при зменшенні товщини похибка зростає. Це пов'язано із не досконалістю самого сенсора, яку можливо просто усунути у його наступній доробітці. За рахунок відносно невисокої частоти зондувального імпульсу контроль дефектів значного розміру та контроль деталей досить великих товщин достатньо точний, однак при цій перевазі роздільна здатність і контроль деталей малої товщини страждають.

3.4 Висновки до розділу

З результатів експериментів видно, що конструкція сенсору і використання смартфона як блоку приймання та обробки сигналів, які надходять по бездротовому каналу повністю задовольняють бажаний результату. А ще, якщо вдосконалити програмне забезпечення та покращити конструкцію самого датчика, то можна отримати автоматизовану систему, яка буде набагато краща дорожчих та складніших аналогів. Використовуючи штучний інтелект можна, як значно підвищити швидкість контролю, так і додати автоматичне розпізнавання дефектів за формою та величиною. Але ринок цих рішень поки лише розвивається, а тому ступінь використання цього обладнання в задачах НК можна вважати майже обмеженим.

РОЗДІЛ 4. Розроблення стартап-проекту «Автоматизована система ультразвукової діагностики на базі смартфона»

4.1 Опис та технологічний аудит ідеї стартап-проекту

Ідея стартап-проекту [21] полягає у розробці автоматизованої системи ультразвукової діагностики на базі смартфона, яка відрізняється від наявних на ринку можливістю автоматичного вибору максимумів при визначенні відстані між опорним та ехо імпульсами, що значно підвищує ефективність приладу та легкість його використання, а ще надає можливість для подальшого покращення обробки результатів контролю.

Ця система може використовуватися як для контролю під поверхневих дефектів в металевих виробах, так і для контролю товщини лакофарбових покриттів. У користувача з'являється можливість контролювати результати вимірювань в будь-якому місці, де б він не знаходився. Також ця система включаєв себе компактність вихрострумове товщиноміра, а також багатofункціональність і потужність ультразвукового дефектоскопу.

Результати аналізу ідеї стартап-проекту показані в таблиці 4.1.

Таблиця. 4.1 – Опис ідеї стартап-проекту [21]

| Зміст ідеї | Напрямки застосування | Вигоди для користувача |
|--|---|---|
| Автоматизована система ультразвукової діагностики на базі смартфона. | Контроль неметалевих та металевих виробів, пошук наявності дефектів у сталевих виробах. | Можливість проведення НК на значній відстані. Автоматичний вибір часоного інтервалу, а також можливість вибору мови меню. |

Основним напрямком застосування даного проекту є контроль металевих та неметалевих виробів, а саме пошук наявності в них дефектів.

Так як прямих конкурентів у системи немає, то для того, щоб проаналізувати, які система контролю має переваги та недоліки порівняємо її характеристики з наближеним аналогом.

Конкурент (аналог) – Ультразвуковий багатоканальний дефектоскоп ОКО - 22М –

УТ. В таблиці 4.2 наведена порівняльна характеристика.

Таблиця 4.2 – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту [21]

| № | Техніко-економічні характеристики ідеї | Товари/концепції конкурентів | | W (слабка сторона) | N (нейтральна сторона) | S (сильна сторона) |
|----|--|------------------------------|------------------|--------------------|------------------------|--------------------|
| | | <i>Мій проект</i> | <i>Конкурент</i> | | | |
| 1. | Вартість, грн | 20000 | 105000 | | | + |
| 2. | Габарити | + | - | | + | |
| 3. | Застосування до широкого діапазону ОК | + | + | | + | |
| 4. | Мінімальний розмір дефекту | 0,2 мм. | 0,6 мм. | | + | |

З таблиці 4.2 видно, що даний проект по основним своїм техніко-економічним характеристикам не поступається конкуренту-аналогу. Визначивши сильні та слабкі сторони, можна зробити висновок, що продукт не має слабких сторін, а сильною стороною є вартість.

Далі проведемо аудит ідеї стартап-проекту. Проведено аналіз технологічної здійсненості стартап-проекту. В таблиці 4.3 наведені характеристики технологічної здійсненності ідеї цього проекту.

Таблиця 4.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту [21]

| № | Ідея проекту | Технології її реалізації | Наявність технологій | Доступність технологій |
|--|--|---|----------------------|------------------------|
| 1 | Автоматизована система ультразвукової діагностики на базі смартфона. | Виготовлення на підприємстві на замовлення. | Наявна. | Доступна. |
| 2 | | Виготовлення своїми силами. | Наявна. | Доступна. |
| Обрана технологія реалізації ідеї проекту: комплектуючі будуть виготовлятися на замовлення у інших підприємств, а програмне забезпечення та апаратну модифікацію будемо виконувати самостійно. | | | | |

Проаналізувавши технології реалізації проекту видно, що вони є вільному

доступі, для їх отримання не потрібні додаткові дозволи, а щоб реалізувати програмне забезпечення потрібна лише обізнаність у даному напрямку. Але якщо потрібне масове виготовлення партії приладу, виникають деякі проблеми, а саме необхідність налаштування системи на апаратному рівні. Але цей недолік можливо усунути при калібровці приладу програмним шляхом вже безпосередньо користувачем.

В наступних використаннях системи буде досліджено можливість виконувати як самостійну розробку бездротового сенсору і програмного забезпечення, так і часткову розробку апаратної частини смартфона. Це буде зроблено для того, щоб покращити якісні можливості смартфона в обробці сигналу, який надходить з сенсору. Також цей підхід дозволить розширити можливості в підключенні сенсору до смартфона.

З результатів технологічного аудиту видно, що цю ідею можна реалізувати шляхом використання вже наявних на ринку технологій, які є доступними автору проекту.

4.2 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Виконаємо аналіз ринку для оцінки потенційних загроз, а також можливих умов виведення товару на ринок, урахувавши потреби потенційних споживачів і пропозицій конкурентів. В таблиці 4.4 наведена характеристика потенційного ринку.

Таблиця 4.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту [21]

| № | Показники стану ринку (найменування) | Характеристика |
|---|--|----------------|
| 1 | Кількість головних гравців, од | 2 |
| 2 | Загальний обсяг продажу, грн/ум.од | 4000000 грн. |
| 3 | Динаміка ринку (якісна оцінка) | Зростає |
| 4 | Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень) | Відсутні |

Продовження таблиці 4.4.

| | | |
|---|---|---|
| 5 | Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації | Перевірка на стандартних зразках з метою підтвердження ймовірності контролю/похибок вимірювання |
| 6 | Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), % | 60% |

Проведений аналіз дозволяє зробити висновок про те, що ринок зростає, не має обмежень та має достатньо високу норму рентабельності, а отже він є достатньо привабливим для виходу на нього. Хоча є деякі недоліки, пов'язані із сертифікацією.

Далі визначимо цільову аудиторію, потенційних споживачів даного товару, їх основні вимоги та характеристики до продукту. Характеристики наведені в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту [21]

| № | Потреба, що формує ринок | Цільова аудиторія | Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів | Вимоги споживачів до товару |
|---|---|---|--|---|
| 1 | Товар задовольняє потреби ринку в автоматизованій системі ультразвукової діагностики на базі смартфона, яку можна використати для контролю великої кількості різних металевих та неметалевих виробів. | Невеликі підприємства, ФОПи, які проводять контроль виробів складної форми або на виїзді. А також іноземні фірми. | Відносно недорогі системи НК із зменшеними габаритами та підвищеною мобільністю. | Універсальність, зручність, надійність, компактність. |

Ринок, на який є бажання вийти, є достатньо специфічним, а тому його особливості можуть мати певні перепони, для нових гравців на ринку. Але переваги які є у проекту, а саме ціна та досить висока якість програмної підтримки, безперечно сприятимуть поширенню цього товару на даному ринку.

Після того, як були визначені основні групи потенційних споживачів, робимо аналіз факторів загроз, які можуть завадити виведенню цього товару на

ринок (таблиці 4.6).

Таблиця 4.6 – Фактори загроз [21]

| № | Фактор | Зміст загрози | Можлива реакція компанії |
|---|--------------------------------|---|---|
| 1 | Технологічний | В нашій країні є деякі проблеми зі швидкістю бездротового зв'язку мобільних операторів. | Оптимізувати алгоритми передачі даних, щоб переглядати результатів у реальному часі. |
| 2 | Конкуренція | Досить велика кількість серйозних конкурентів. | Велика рекламна кампанія на спеціалізованих виставках, можливо реклама на спеціалізованих сайтах. |
| 3 | Інфляція | Підвищення вартості на складові виробу та послуги інших виробників. | Можливість реалізація товару та послуг в більш стабільній іноземній валюті. |
| 4 | Необхідність сертифікації | Засоби НК повинні проходити обов'язкову сертифікацію, щоб була можливість ввести їх в експлуатацію. | Вчасне подання зразка приладу для проходження сертифікації. |
| 5 | Вміння працювати з обладнанням | Для використання систем НК та визначення правильності результатів недостатньо звичайної інструкції. | Проведення навчальних курсів, що вміти працювати з обладнанням. |

В таблиці 4.6 були визначені фактори основних загроз, які мають перешкоди для успішного введення товару на ринок. Також були визначені необхідні дії, реакції компанії, для того, щоб звести до мінімуму загрози, які перешкоджають проекту.

В таблиці 4.7 наведені фактори можливостей для даного стартап-проектку та можливі реакції компанії на них. ці можливості є основними характеристиками для виходу стартапу на ринок.

Таблиця 4.7 – Фактори можливостей [21]

| № | Фактор | Зміст можливості | Можлива реакція компанії |
|---|--|--|---|
| 1 | Відсутність аналогічних пропозицій | Наразі на ринку немає систем, які б використовували такий самий підхід до обробки даних. | Зосередити увагу споживачів на інновації цього підходу. |
| 2 | Впровадження нових стандартів бездротового зв'язку | Багаторазове збільшення швидкості з'єднання між споживачем та сервером, що достатньо зменшить затримки в передачі даних та підвищить комфорт використання системи. | Оптимізація алгоритму роботи та стиснення даних під нові стандарти. |

Продовження таблиці 4.7.

| | | | |
|---|-----------------------|--|---|
| 3 | Ціна | Споживач бажає отримати якість, яка його б задовольняла, поєднуючи це разом з низькою ціною. | Зосередити увагу споживачів на не високій ціні та постійному покращенню програмного забезпечення. |
| 4 | Універсальність | Завдяки тому, що смартфон використовується для обробки даних, з'являється можливість використовувати різноманітні типи датчиків. | Звернути увагу покупців на дану перевагу перед конкурентами. |
| 5 | Мале енергоспоживання | Так як на апаратному рівні в конструкції датчика є енергоефективна схема роботи та через використання батареї з досить великою ємністю цей датчик може працювати безперервно до декількох діб. | Використання цієї системи, щоб контролювати точки напруження в навантажених металевих конструкціях. |

Таблиця 4.7 показує, що запропонований товар задовольняє всі сучасні напрямки технічного розвитку, такі як енергоефективність, універсальність та мінімальна ціна. Якщо компанія буде вмiло використовувати ці переваги то швидко знайде свою нішу на даному ринку.

На ринку НК, так як і на будь-якому іншому є своя конкуренція, тому проаналізуємо пропозиції ринку для того, щоб визначити загальні риси конкуренції на ринку (таблиця 4.8).

Таблиця 4.8 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку [21]

| Особливості конкурентного середовища | В чому проявляється дана характеристика | Вплив на діяльність підприємства |
|--|--|---|
| 1. Вказати тип конкуренції – вільна | Жоден з гравців, які присутні на ринку не може серйозно впливати на утворення цін продукції. | Проведення великої кампанії, для залучення нових споживачів за рахунок низьких цін. |
| 2. За рівнем конкурентної боротьби – національна | Конкуренція між компаніями виробниками зосереджена на всій території держави. | Зосередити найбільшу увагу на технічно розвинених областях країни. |
| 3. За галузевою ознакою – внутрішньогалузева | Конкуренція лише між представниками однієї галузі. | Звернути увагу клієнтів на універсальності системи. |

Продовження таблиці 4.8.

| | | |
|---|--|--|
| 4. Конкуренція за видами товарів – товарно-родова | Конкуренція, яка відбувається між товарами, що використовують певний метод НК. | Можливість підключити до одного смартфона одразу декількох датчиків, які працюють з використанням різних методів НК. |
| 5. За характером конкурентних переваг – нецінова | Достовірність контролю є головним критерієм оцінки систем НК. | Покращити елементну базу, щоб досягти більш точних результатів контролю. |
| 6. За інтенсивністю – не марочна | Споживач звертає увагу не на марку виробника, а на характеристики товару. | Покращити характеристики та надійності виробу з одночасною рекламою бренду. |

З таблиці 4.8 можна зробити висновок, що конкуренція на ринку є вільною в національних масштабах, і не визначається маркою виробника. Тому не знайдено факторів, які б однозначно обмежували вихід товару на ринок.

В таблиці 4.9 наведено аналіз умов конкуренції в галузі за М. Портером.

Таблиця 4.9 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером [21]

| | Прямі конкуренти в галузі | Потенційні конкуренти | Постачальники | Клієнти | Товари-замінники |
|------------------|---|--|---|---|------------------|
| Складові аналізу | ТОВ НВФ «Діагностичні прилади», ДП «Тест», ООО «Ультракон». | Потенційними конкурентами можна вважати іноземні компанії, які через наближення країни до ЄС можуть вийти на наш ринок. | Так як постачальниками друкованих плат є Китай, то час поставок є достатньо великим. | Основні клієнти це ФОПи та невеликі підприємства для яких є важливим питанням ціна товару, незважаючи на якість товару. | Немає. |
| Висновки | Так як прямих конкурентів не велика кількість, то потрібно слідкувати за їх пропозиціями та розробками. | Так як є високий ризик виходу на національний ринок нових гравців, потрібно, до появи іноземних компаній, закріпитися на даному ринку. | Постачальники мають великий вплив на швидкість і своєчасність виконання роботи, тому краще знайти в Україні постачальників друкованих плат. | Потрібно підвищувати якість товару, але при цьому тримати не високу ціну. | Немає. |

Використовуючи правильний підхід до формування цін товару, конкуренція з боку головних гравців не буде перешкоджати виходу на ринок нової компанії. Лише несвочасне надходження комплектуючих товару від постачальників, може стати причиною ускладнення роботи компанії.

Взявши до уваги аналіз конкуренції, визначивши групи потенційних споживачів, врахувавши фактори можливостей та загроз проведемо аналіз факторів конкурентоспроможності.

В таблиці 4.10 наведено перелік факторів конкурентоспроможності.

Таблиця 4.10 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності [21]

| № | Фактор конкурентоспроможності | Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим) |
|---|---|--|
| 1 | Низька ціна на продукт при достатній точності | Є достатньо не дорогим, але при цьому забезпечує високу точність вимірів. |
| 2 | Новизна продукції | Прявих аналогів на ринку не має. |
| 3 | Технічна підтримка | Технічна підтримка здійснюється протягом всього терміну експлуатації, що включає в себе оновлення програмного забезпечення, щоб покращити точність та швидкодію. |
| 4 | Універсальність | Через новий підхід до конструювання дефектоскопу є можливості змінювати методи НК, шляхом простої заміни сенсора. |
| 5 | Надійність | Система має високу надійність, тому що сенсор є досить простим та виготовлений якісних та надійних комплектуючих. |
| 6 | Енергоефективність | Завдяки великій ємності акумулятора та досить малій споживаній потужності датчик може працювати декілька діб. |

Провівши аналіз конкурентоспроможності можна зробити висновок, що в даного продукту є певна кількість переваг перед конкурентами, що робить товар достатньо конкурентоспроможним на ринку.

Зробивши дослідження факторів конкурентоспроможності проведемо аналіз сильних та слабких сторін проекту.

В таблиці 4.11 наведено порівняльний аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту.

Таблиця 4.11 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін стартапу «Автоматизована система ультразвукової діагностики на базі смартфона» [21]

| № n/n | Фактор конкурентоспроможності | Бали 1-20 | Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з «Ультразвукова система контролю з обробкою даних на смартфоні» | | | | | | |
|----------|---|-----------|---|----|----|---|----|----|----|
| | | | -3 | -2 | -1 | 0 | +1 | +2 | +3 |
| 1 | Низька ціна на продукт при достатній точності | 18 | | | | | | | + |
| 2 | Новизна продукції | 19 | | | | | | | + |
| 3 | Технічна підтримка | 17 | | | | | | + | |
| 4 | Універсальність | 19 | | | | + | | | |
| 5 | Надійність | 18 | | | | | + | | |
| 6 | Енергоефективність | 19 | | | | | | | + |

Провівши аналіз переваг та недоліків можна зробити висновок, що продукт є достатньо привабливим для потенційних споживачів, адже з результатів видно, що стартап має в основному одні переваги.

Виконаємо SWOT-аналіз стартапу (матриці аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) (таблиця 4.12) на основі визначених факторів загроз та можливостей.

Таблиця 4.12 – SWOT-аналіз стартап-проекту [21]

| | |
|---|--|
| <p>Сильні сторони:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Низька ціна. 2. Новизна продукції. 3. Технічна підтримка. 4. Енергоефективність. 5. Універсальність. 6. Мобільність. 7. Надійність. | <p>Слабкі сторони:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Нова компанія на ринку. 2. Точність вимірів. |
| <p>Можливості:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Відсутність аналогів на ринку. 2. Запровадження нових стандартів бездротового зв'язку. | <p>Загрози:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Поява нових конкурентів з закордону на нашому ринку. 2. Зміна курсу гривні, яка призведе до зменшення кількості продажів продукту. |

SWOT-аналіз показує нам, що сильні сторони стартап-проекту переважають над слабкими, які є лише тимчасовими та при подальшому розвитку компанії

будуть ліквідовані. В свою чергу, цей аналіз показує те, що загрози та можливості не є реалізованими та мають невелику ймовірність здійснитися.

На основі цього та попередніх аналізів можна визначити альтернативи впровадження стартап-проекту на ринок, урахувавши потреби потенційних споживачів (таблиця 4.13).

Таблиця 4.13 – Альтернативи ринкового впровадження стартапу [21]

| № | Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки | Ймовірність ресурсів отримання | Строки реалізації |
|---|--|--------------------------------|-------------------|
| 1 | Удосконалити програмне забезпечення стартап-проекту. | Висока | 6-13 місяців |
| 2 | Усунути недоліки апаратної частини стартапу. | Висока | 1-1.5 роки |
| 3 | Вихід з ринку. | Низька | |

Зробивши аналіз альтернативного впровадження на ринок стартап-проекту оберемо той, для якого ймовірність отримання ресурсів є найбільш високою та строки реалізації – більш низькими, а саме – удосконалення програмного забезпечення стартап-проекту.

4.4 Розроблення ринкової стратегії та маркетингової програми проекту

Для того, щоб почати розробку ринкової стратегії стартап-проекту, спочатку потрібно описати цільові групи потенційних споживачів, які наведені у таблиці 4.14.

Таблиця 4.14 – Вибір цільових груп потенційних споживачів [21]

| № | Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів | Готовність споживачів прийняти продукт | Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту) | Інтенсивність конкуренції в сегменті | Простота входу у сегмент |
|---|--|--|---|--------------------------------------|--------------------------|
| 1 | Невеликі підприємства | Висока | Середній | Середня | Середня |

Продовження таблиці 4.14.

| | | | | | |
|--|----------------|--------|----------|----------|--------|
| 2 | ФОП | Висока | Високий | Середня | Висока |
| 3 | Приватні особи | Низька | Середній | Відсутня | Висока |
| Які цільові групи обрано: невеликі підприємства та ФОП | | | | | |

Отже, проаналізувавши потенційні групи споживачів було обрано дві з них, яким буде запропоновано розроблену систему, а саме невеликі підприємства, які виготовляють продукцію з металу та неметалу, та ФОПи.

Згідно до результатів аналізу потенційних груп споживачів оберемо стратегію охоплення ринку.

Визначимо базову стратегію розвитку стартап-проекту (таблиця 4.15).

Таблиця 4.15 – Визначення базової стратегії розвитку [21]

| № п/п | Обрана альтернатива розвитку проекту | Стратегія охоплення ринку | Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи | Базова стратегія розвитку |
|-------|---|-------------------------------|--|---------------------------|
| 1 | Удосконалити програмне забезпечення стартапу. | Диференційованого маркетингу. | Можливість запропонувати клієнту нові методи обробки отриманих даних. | Стратегія диференціації. |

Стратегією охоплення ринку було обрано – стратегію диференціації, адже вона є найбільш підходящою для запропонованого стартап-проекту. Саме ця стратегія допоможе задовольнити потреби споживачів, за рахунок удосконалення програмного забезпечення.

Далі визначимо базову стратегію конкурентної поведінки, інформація про яку наведена у таблиці 4.16.

Таблиця 4.16 – Базова стратегія конкурентної поведінки [21]

| № | Чи є проект «першопрохідцем» 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* |
|---|--|--|---|-----------------------------------|
| | | | | |

Продовження таблиці 4.16.

| | | | | |
|---|----|---|----|---------------------------|
| 1 | Ні | Шукати нових споживачів та забирати у конкурентів існуючих. | Ні | Стратегія виклику лідера. |
|---|----|---|----|---------------------------|

Як основну стратегію було обрано стратегію виклику лідера, адже компанія планує в перспективі зайняти лідируючу позицію на ринку. Це є найкращою стратегією взявши до уваги специфіку стартап-проекту та кількість конкурентів на ринку.

Основною частиною стратегії розвитку проекту є визначення стратегії позиціонування (таблиця 4.17). Так як вона формує основні ринкові позиції, за допомогою яких споживачі мають визначити стартап-проект.

Таблиця 4.17 – Визначення стратегії позиціонування [21]

| № | <i>Вимоги до товару цільової аудиторії</i> | <i>Базова стратегія розвитку</i> | <i>Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту</i> | <i>Вибір асоціацій, які мають сформувавши комплексну позицію власного проекту (три)</i> |
|---|--|----------------------------------|---|---|
| 1 | Універсальність | Стратегія диференціації. | Універсальність | Простота, надійність, універсальність. |
| 2 | Надійність | | Проста апаратна платформа. | |

Визначена стратегія позиціонування полягає у формуванні асоціацій, за якими споживач зможе ідентифікувати даний проект.

Після того, як були проведені дослідження ринку, аналіз сильних та слабких сторін товару, розробимо концепцію товару, згідно до якої товар буде виводитись на ринок. Для того, щоб це зробити підсумуємо всі результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару (таблиця 4.18).

Таблиця 4.18 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару [21]

| № | Потреба | Вигода, яку пропонує товар | Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити) |
|---|---------|----------------------------|--|
|---|---------|----------------------------|--|

Продовження 4.18.

| | | | |
|---|------------------------------|--|--|
| 1 | Мобільність | За рахунок використання бездротового зв'язку між смартфоном та сенсором, підвищується мобільність системи. | Наразі на ринку немає повноцінних систем НК, які б могли скласти конкуренцію даним виробом по габаритам. |
| 2 | Енерго-ефективність | Система є досить енергоефективною завдяки використанню енергоефективних комплектуючих та оптимізації алгоритмів роботи. | Наразі ні один з конкурентів не може забезпечити таку ж енергоефективність системи. |
| 3 | Віддалена обробка інформації | З'являється можливість використовувати всі наявні в смартфоні бездротові інтерфейси, через використання його як обробника даних. | У конкурентів немає можливості у використанні одразу декількох бездротових інтерфейсів в одній системі. |

Зробивши аналіз ключових переваг нашого товару перед аналогами конкурентів, видно, що продукт є дуже конкурентоспроможним і може витіснити з ринку існуючі товари.

Далі потрібно сформуванню хорошу систему збуду товару, яка б відповідала поставленим задачам. В таблиці 4.19 проведемо формування системи збуту даного стартап-проекту.

Таблиця 4.19 – Формування системи збуту [21]

| № п/п | Специфіка закупівельної Поведінки цільових клієнтів | Функції збуту, які має виконувати постачальник товару | Глибина каналу збуту | Оптимальна система збуту |
|-------|---|---|----------------------|-----------------------------|
| 1 | Одиночні замовлення. | Оформлення заявки на купівлю та доставку товару. | Висока. | Поштучний продаж продукції. |

Найкращим рішенням для збуту товару даного виду є поштучний продаж продукції в інтернет-магазинах, в стаціонарних магазинах, також на замовлення спеціалізованих підприємств.

Останнім етапом у формуванні маркетингової частини є формування концепції маркетингових комунікації. Аналіз наведено в таблиці 4.20.

Таблиця 4.20 – Концепція маркетингових комунікацій [21]

| | | | | |
|---|--|--|--|--|
| Специфіка поведінки цільових клієнтів | Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти | Ключові позиції, обрані для позиціонування | Завдання рекламного повідомлення | Концепція рекламного звернення |
| Попередні домовленості про замовлення товару. | Особисті бесіди при замовленні товару. | Ціна; Надійність; Універсальність. | Донести до потенційних споживачів переваги товару. | Особисті зустрічі із потенційними споживачами та пропонувати їм товар. |

В підсумку можна сказати, що визначена концепція маркетингових комунікацій сформує оптимальний результат та запропоновано систему збуту продукції.

4.4 Організація реалізації стартап-проекту

Важливим є визначення ключових функцій, необхідних знань та навичок для наявних та потенційних працівників. З цією метою складемо профіль посади стартап-пректу (таблиця 4.21).

Таблиця 4.21 – Профіль працівників стартап-проекту [21]

| Критерій | Зміст |
|-------------------------------------|--|
| Основна освіта | Бажано вища технічна освіта, але розглядається і незакінчена технічна освіта (студент) |
| Додаткова освіта, спеціалізована | Програмування |
| Необхідний досвід роботи | Досвід роботи з неруйнівним контролем, але це також не є обов'язковим |
| Завдання | Розробка автоматизованої системи для діагностування на базі смартфона |
| Знання | Вміння програмувати на Java в Android studio |
| Навички, вміння, ділові якості | Швидко орієнтуватися в ситуації |
| Особисті якості | Відповідальність, чіткість, розуміння |
| Мотивація (що можемо запропонувати) | Можливість кар'єрного зростання, участь у нових розробках, висока заробітна плата та можливість її підвищувати |

З визначення профіля працівника видно, що якихось особливих вимог до потенційних працівників немає. Потрібні люди, які хочуть і можуть працювати. Головною вимогою є вміння працювати з технікою, швидке реагування на зроблену помилку та вміння її вчасно виправити.

Важливою та необхідною складовою організації реалізації стартап-проекту є формування календарного плану-графіка (таблиця 4.22).

Таблиця 4.22 – Календарний план-графік стартапу [21]

| Зміст етапу | Період запуску (за місяцями з початку підготовки проекту) | | | | Вартість стадії, грн |
|--|---|------|------|-------|----------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Формування ідеї | 0 | | | | 0 |
| Сформувані технологічне завдання, визначити перспективні напрямки та створити пропозицію, запустити та проаналізувати результат | | 5000 | | | 5000 |
| Розробити маркетингову стратегію. Оцінити ринок споживачів. Аналіз смаків цільової аудиторії. Створити скетч для опису продукту. Перевірити продукт та дати feedback. Описати досвід використання, всі недоліки та можливі покращення. | | | 5000 | | 5000 |
| Пошук постачальників комплектуючих | | | | 0 | 0 |
| Розробка остаточного варіанта приладу | | | | 45000 | 45000 |
| Разом | | | | | 55000 |

Із сформованого календарного плану-графіка видно, що даний стартап-проект можна реалізувати за 4 місяці з невеликою кількістю витрат.

Далі співставивши всі складові витрат, які будуть на початковій стадії стартап-проекту, сформуємо таблицю 4.23, де продемонструємо, які ж початкові витрати матиме розроблюваний стартап-проект.

Таблиця 4.21 – Початкові витрати проекту [21]

| № | Стаття витрат | Обсяги витрат в 0-й рік, тис. грн. |
|-------|---|------------------------------------|
| 1 | Розробка проектних матеріалів | 1 |
| 2 | Робоче проектування і прив'язка проекту | 3 |
| 3 | Витрати на придбання обладнання, устаткування та пристроїв | 20 |
| 4 | Витрати на приймально-здавальні випробування | 3 |
| 5 | Витрати на придбання нематеріальних активів | 6 |
| 6 | Оплата юридичних послуг | 4 |
| 7 | Витрати на перед виробничі маркетингові дослідження і створення збутової мережі | 5 |
| 8 | Витрати, пов'язані з формуванням команди | 3 |
| Разом | | 45 |

Як видно з визначення початкових витрат, вони не є досить великими, адже в основному витрати йдуть на придбання обладнання, устаткування та необхідних пристроїв. Витрати повністю покриває розробник і проект не потребує додаткових інвестицій.

Далі потрібно визначити межі цін, які будуть використовуватися при формуванні цін на розроблюваний товар. Для цього потрібно проаналізувати доходи цільової аудиторії, а також ціни на товари замітники.

В таблиці 4.22 визначимо межі цін.

Таблиця 4.22 – Визначення меж встановлення ціни [21]

| № | Рівень цін на товари-замінники | Рівень цін на товари-аналоги | Рівень доходів цільової групи споживачів | Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу |
|---|--------------------------------|------------------------------|--|---|
| 1 | ~43000 грн. | ~95000 грн. | ~1000000 грн/рік | 40000/18000 грн. |

В таблиці були наведені рівні цін на товари-замінники та аналоги, а також рівень доходів потенційних споживачів. З цих даних обрано верхню та нижню межю ціна на розроблюваний продукт.

4.5 Висновки до розділу

Узагальнюючи проведений аналіз стартап-проекту можна зробити висновок, що стартап-проект має можливість комерційного успіху, що обумовлено наявністю попиту на такі автоматизовані системи неруйнівного контролю. Також під час аналізу було підтверджено, що проект є рентабельним через високу окупність.

Хоча і при аналізі витрат на розробку проекту вони виявилися більшими ніж очікувалося, успішний запуск стартап-проекту поверне дані витрати сповна. Не беручи до уваги деяку конкуренцію, продукт можливо вивести на ринок через високу зацікавленість споживачів, а також є можливість стати лідером у даній сфері.

У проекту є можливість подолати наявні труднощі такі, як обов'язкова сертифікація продукту та не можливість встановити фіксовану ціну через нестабільність гривні, для виходу на ринок.

Під час досліджень було обрано альтернативну ринкову поведінку: удосконалити програмне забезпечення для існуючого стартап-проекту, а також визначено оптимальну систему збуту продукту: поштучний продаж товару.

Крім того, є можливість підняти зацікавленість клієнтів підвищенням функціоналу розробки, завдяки використанню сучасних розробок апаратної частини проекту.

Серед можливих перспектив стартап-проекту є підвищення вірогідності контролю за рахунок покращення апаратної бази, а також розширення функціональності самої системи за рахунок модернізації програмного забезпечення системи.

ВИСНОВКИ

Використання смартфонів у якості повноцінних міні-комп'ютерів дає можливість зробити розмір сенсора мінімальним, забезпечити максимальну підтримку типів сенсорів, отримати інтерфейс, що постійно оновлюється, і додавати нові функції на програмному рівні без зміни обладнання. Всі ці переваги може надати такий продукт, тому що частина, що відповідає за обробку інформації з датчика є досить гнучкою. Використання таких систем спрощує та прискорює процедуру НК, а також дає можливість автоматизувати формування звітів з контролю не лише з одного датчика та не лише одним методом неруйнівного контролю. Окрім того, цей підхід має великі перспективи розвитку, тому що все більше і більше компаній, що виробляють мобільні чіпсети, додають до своїх продуктів апаратні блоки для прискорення роботи нейронних мереж. Таким чином, використання штучного інтелекту для виявлення, розпізнавання типу та розміру дефекту – це найближче майбутнє в неруйнівному контролі. Також цей підхід до реалізації дефектоскопії дає можливість використовувати для контролю не лише один метод, а кілька. Заодно порахувати результати на одному пристрої і дивитися як вони співвідносяться один з одним. Тому цей дефектоскоп є унікальною та досить перспективною розробкою в цьому напрямку.

Список використаних джерел

1. Ермолов И. Н. Теория и практика ультразвукового контроля / И. Н. Ермолов. – М. : Машиностроение, 1981. – 240 с.
2. Петрик, В. Ф. Метрологія, стандартизація та сертифікація в неруйнівному контролі [Електронний ресурс]: навчальний посібник з дисциплін «Метрологія» та «Сертифікація і стандартизація» / В. Ф. Петрик, А. Г. Протасов; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,04 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2015. – 266 с.
3. Галаган Р. М. Теоретичні основи ультразвукового неруйнівного контролю: підручник / Р. М. Галаган. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 263 с.
4. Вайншток И. С. Ультразвук и его применение в машиностроении / И. С. Вайншток. – М. : ГНТИМЛ, 1958. – 140 с.
5. Гурвич А. К., Ермолов И. Н. Ультразвуковая дефектоскопия сварных швов — Киев: Техника, 1972, 460 с.
6. Грінченко В. Т. Основи акустики: навч. посіб. / В. Т. Грінченко, І. В. Вовк, В. Т. Маципура. – Київ : Наук. думка, 2007. – 640 с.
7. Ультразвуковой контроль сварных соединений / В.А. Троицкий, В.Ю. Попов. — К.: Феникс, 2010. — 224 с. ISBN 978-966-651-804-3.
8. S. Maievskiy, I. Lysenko, Y. Kuts, A. Protasov, and O. Dugin, “Study of Parametric Transducer Operation in Pulsed Eddy Current Non-Destructive Testing”, in Proc. 2018 IEEE Int. Conf. on Electronics and Nanotechnology, Kyiv, 2018, pp.594 – 597.
9. Бездротові мережі передачі даних [Електронний ресурс] // 2019 – Режим доступу до ресурсу: <https://androidas.ru/wireless-data-networks/>.
10. Петрик, В.Ф. Використання серійних мобільних пристроїв при проектуванні портативних дефектоскопів / Петрик В.Ф., Протасов А.Г., Серый К.Н., Повшенко А.А. // Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки. – 2019. - Том 30 (69), Ч. 2, № 6. - С.12-16.

11. Куц, Ю.В. Исследование импульсной вихретоковой системы контроля диэлектрических покрытий / Ю. В. Куц, В. Ф. Петрик, О. Л. Дугин, Ю. Ю. Лисенко // Журнал «Научни Известия НТСМ»: материалы международной конференции «Дни НК 2014», 09-18 червня, 2014 р. – Созополь, 2014. – № 150 – С. 28–30.

12. Кустовський, О. Л. Бездротовий акустичний дефектоскоп / О. Л. Кустовський, В. Ф. Петрик, Р. С. Савченко // Методи та засоби неруйнівного контролю промислового обладнання: матеріали II науково-практичної конференції, м. Івано-Франківськ, 25–26 листопада 2009 року. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2009. – С. 79.

13. А. И. Колыбельников. Московский физико-технический институт (государственный университет) Микротест Обзор технологий беспроводных сетей. ТРУДЫ МФТИ. — 2012. — Том 4, № 2

14. Petrik, V. Using wireless data transmission in eddy current nondestructive testing / Valentin Petrik, Anatoliy Protasov, Kostiantyn Syeryu, Iuliia Lysenko // Приборостроение - 2017 : материалы 10-й Международной научно - технической конференции, 1-3 ноября 2017 года, Минск, Республика Беларусь / Белорусский национальный технический университет; редкол.: О. К. Гусев [и др.]. - Минск : БИТУ, 2017. - С. 74-76.

15. Petryk, V. Ultrasound Flaw Detector Based on a Mobile Phone / Valentyn Petryk, Anatolii Protasov // CUTTING-EDGE SCIENCE – 2019 : materials of the International XV scientific and practical conference, Sheffield, April 30–May 7, 2019. – Sheffield : «Science and aducation» LTD, 2019. – Volume 14. – P. 64–66.

16. Povshenko, O. Portable Ultrasound Flaw Detector / O. Povshenko, V. Petryk, A. Protasov // Неруйнівний контроль в контексті асоційованого членства України в Європейському Союзі: матеріали 2-гої науково-технічної конференції, Польща, м. Люблін, 15-19 жовтня 2018 року. - Люблін, Польща, 2018.- С. 34-36.

17. Дугін, О. Л. Мобільний вихрострумний дефектоскоп / О. Л. Дугін, О. Л. Кустовський, В. Ф. Петрик // XX-та Міжнародна конференція та виставка

«Сучасні методи та засоби неруйнівного контролю та технічної діагностики», м. Гурзуф, 01 - 05 жовтня 2012 р. – Гурзуф : УІЦ «Наука. Техніка. Технологія», 2012.

18. ГОСТ 26266-90 «Преобразователи ультразвуковые. Общие технические требования». – Взамен ГОСТ 26266-84; введ. 01.01.91. – М.: Стандартиформ, 2010. – 18 с.

19. Горелик Г. С. Колебания и волны. Введение в акустику, радиофизику и оптику / Г. С. Горелик; под ред. С. М. Рытова. – 3-е изд. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 656 с.

20. V. F. Petryk, A. G. Protasov, R. M. Galagan, A. V. Muraviov, I. I. Lysenko, “SmartphoneBased Automated Non-Destructive Testing Devices”, *Devices and Methods of Measurements*, 11(4), pp. 272-278, 2020. doi:10.21122/2220-9506-2020-11-4-272-278.

21. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс]: Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.