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

Радіотехнічний факультет
(повна назва інституту/факультету)

Кафедра радіоконструювання та виробництва радіоапаратури
(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»
УДК 616.12-073

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
(підпис) Є.А. Мелін (ініціали, прізвище)
"17" грудня 2018 р.

Магістерська дисертація

за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка
(код і назва спеціальності)
за спеціалізацією Інтелектуальні технології мікросистемної радіоелектронної техніки

на тему: Ультразвукова діагностика щитовидної залози

Виконав (-ла): студент (-ка) 6_ курсу, групи РІ-71мп
(шифр групи)

Шмігіровська Крістіна Валерійна (підпис)
(прізвище, ім'я, по батькові)

Науковий керівник доцент к.т.н. Адаменко Ю.Ф. (підпис)
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Консультант з охорони праці к.т.н., доцент Каштанов С.Ф. (підпис)
(назва розділу) (посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Рецензент асистент PhD Сушко О.Ю. (підпис)
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

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

Київ – 2018 року

Шмігіровська, К. В. РІ-71мп, 2018

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

Факультет радіотехнічний

Кафедра радіоконструювання та виробництва радіоапаратури

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність 172 – телекомунікації та радіотехніка

Спеціалізація інтелектуальні технології мікросистемної радіоелектронної техніки

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ Є.А. Нелін
(підпис) (ініціали, прізвище)
«30» 09 2017 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту

Шмігровській Крістіні Валеріївні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Ультразвукова діагностика щитовидної залози,

науковий керівник дисертації Адаменюк Юлія Федорівна к.т.н. доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «06» листопада 2018 р. № 4093-с

2. Термін подання студентом дисертації 30 листопада 2018 року

3. Об'єкт дослідження є випромінювач і приймач ультразвукових полів для діагностики щитовидної залози

4. Предмет дослідження є параметри та характеристики випромінювачів

5. Перелік завдань, які потрібно розробити аналітичний огляд джерел інформації. Аналіз математичної моделі п'єзоперетворювача для пристрою ультразвукової діагностики. Комп'ютерне моделювання акустичних параметрів п'єзоперетворювача. Аналіз результатів комп'ютерного моделювання

Шмігровська К.В. РІ-71мп, 2018

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу

презентація

7. Орієнтовний перелік публікацій Ультразвукова діагностика щитовидної залози.

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
З охорони праці	Канатаков С.Р., доцент	[signature]	[signature]

9. Дата видачі завдання

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1.	Пошук джерел інформації	10.9.17 - 15.11.17	Аналіз
2.	Виконання аналітичного огляду	16.7.18 - 15.8.18	Розділ 1
3.	Аналіз акустичних даних для ультразвукової діагностики	16.10.18 - 31.10.18	Розділ 2
4.	Розробка комп'ютерного моделювання акустичних параметрів п'єзоперетворювача	1.10.18 - 31.10.18	Розділ 3
5.	Розробка ПЗ і презентація	01.10.18 - 01.12.18	ПЗ, презентація

Студент [signature] (підпис) Шмігіровська К.В. (ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації _____ (підпис) Адаменко Ю.Ф. (ініціали, прізвище)

Шмігіровська К.В. РІ-71мп, 2018

РЕФЕРАТ

Обсяг пояснювальної записки магістерської дисертації становить сторінки, які включають в себе 5 розділів, 22 ілюстрацій, 32 таблиць, 2 додатки і 20 бібліографічних найменувань за переліком джерел посилань.

Ключові слова: ультразвукова діагностика, ультразвук, акустичні датчики, п'єзоперетоврювач.

Актуальність теми: ультразвукова діагностика щитовидної залози застосовується для визначення порушення функцій та визначення новоутворень в тканині. Підвищення якості діагностики можна досягти за рахунок використання оптимальних параметрів роботи ультразвукового давача.

Зв'язок роботи з науковими програмами: магістерська дисертація виконана в рамках планових тем кафедри КіВРА.

Мета дослідження: вдосконалити якість діагностики захворювань щитовидної залози за допомогою двовимірного звукового дослідження.

Об'єкт дослідження: випромінювач і давач ультразвукових коливань (п'єзопередавач) для діагностики щитовидної залози.

Предмет дослідження: параметри та характеристики.п'єзодавачів.

Методи дослідження:. математичне та комп'ютерне моделювання.

Наукова новизна одержаних результатів: покращення акустичних параметрів давача для підвищення якості ультразвукової діагностики.

Шмігіровська, К. В. РІ-71мп, 2018

ABSTRACT

The volume of the explanatory note of the master's thesis consists of pages that include 5 sections, 22 illustrations, 32 tables, 2 annexes and 20 bibliographic titles in the list of references sources.

Key words: ultrasound diagnostics, ultrasound, acoustic sensors, piezoelectric transducer.

Topicality of the topic: ultrasound diagnosis of the thyroid gland is used to determine the abnormal function and the definition of tumors in the tissue. Improving the quality of diagnostics can be achieved by using the optimal parameters of the ultrasound sensor.

Relationship of work with scientific programs: the master's dissertation was performed within the framework of the planned topics of the Chair of KIVRA.

The purpose of the study: to improve the quality of diagnosis of thyroid diseases with the help of two-dimensional sound research.

The object of research: an emitter and a sensor of ultrasonic oscillations (a piezoelectric transducer) for the diagnosis of the thyroid gland.

Subject of research: parameters and characteristics of the transducers.

Research methods:. mathematical and computer simulation.

Scientific novelty of the obtained results: improvement of the acoustic parameters of the sensor for improving the quality of ultrasound diagnostics.

Шмігіровська, К. В. РІ-71мп, 2018

ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ 8

ВСТУП 9

1 УЛЬТРАЗВУКОВА АПАРАТУРИ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ЩИТОВИДНОЇ ЗАЛОЗИ 11

1.1 Опис та хвороби щитовидної залози 11

1.2 Режими дослідження біологічних тканин 14

1.3 Огляд приладів ультразвукової діагностики на ринку 15

1.4 Датчики для ультразвукової діагностики 18

1.5 Фізичні основи ультразвукової діагностики 21

2 АКУСТИЧНІ ДАТЧИКИ 30

2.1 Фізична модель акустичного тракту при дослідженні щитовидної залози 30

2.2 Структура фазової антенної гратки 32

2.3 Основні елементи ультразвукового перетворювача 33

2.4 Режими роботи датчиків 36

3 Дослідження акустичних параметрів перетворювача 43

3.1 Вибір та обґрунтування робочої частоти 43

3.2 Розрахунок геометричних розмірів фазової антенної гратки 44

3.3 Розрахуноки акустичний параметрів 45

4 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП ПРОЕКТУ 59

4.1 Обґрунтування сутності стартап проекту 61

4.2 Технологічний аудит ідеї проекту 64

4.3 Анвліз ринкових можливостей запуску стартап проекту 65

Шмігіровська К. В. РІ-71мп, 2018

4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту 81

4.5 Розроблення маркетингової програми стартап проекту 85

5 ОХОРОНА ПРАЦІ 93

5.1 Визначення основних потенційно небезпечних та шкідливих виробничих чинників при виконанні науково – дослідницької роботи 93

5.2 Технічні рішення та організаційні заходи з безпеки і гігієни праці та виробничої санітарії 94

5.2.1 Захист персоналу від негативного впливу електромагнітного 94

5.2.2 Розрахунок штучного освітлення на робочих місцях 97

5.2.3 Організації робочих місць користувачів ВДТ ПЕОМ 99

5.2.4 Мікроклімат робочої зони 100

5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях 102

5.3.1 Вимоги щодо організації ефективної роботи системи оповіщення персоналу при надзвичайних ситуаціях 103

5.3.2 Обов’язки та дії персоналу у разі виникнення надзвичайних ситуацій (НС) 105

5.3.3 Пожежна безпека 106

ВИСНОВКИ 108

ДОДАТОК А 111

ДОДАТОК Б 112

Шмігіровська, К. В. РІ-71мп, 2018

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

БТ — біологічна тканина

ППІ — просторова протяжність імпульсу

СУЗД — сканер ультразвукової діагностики

УЗ — ультразвук

УЗД — ультразвукова діагностика

ФАГ — фазова антенна решітка

ЩЗ — щитовидна залоза

SWOT — strength eak opportunities troubles

Шмігіровська, К. В. РІ-71мп, 2018

ВСТУП

Ультразвукова діагностика (ультразвукове сканування або ультразвукова сканограмма) — процедура, передбачає вплив на ділянку тіла високочастотних звукових хвиль з наступним отриманням зображення внутрішніх органів. Ультразвукова діагностика, на відміну від рентгена, не припускає іонізуючого випромінювання. Оскільки зображення, отримане за допомогою ультразвуку, відображається в реальному часі, така діагностика дозволяє визначити структуру і руху внутрішніх органів і крові, що надходить у кровоносні судини.

Ультразвукова діагностика щитовидної залози дозволяє визначити розташування і стан щитовидної залози — однієї з дев'яти ендокринних залоз, що виробляють необхідні для нормальної роботи систем організму гормони.

Ультразвукова діагностика щитовидної залози зазвичай застосовується для визначення новоутворень в тканини щитовидної залози або ж для визначення порушення функцій щитовидної залози. Оскільки такий вид діагностики дозволяє отримати зображення в режимі реального часу, ультразвукове сканування часто використовується в поєднанні з тонкоголкової аспіраційної біопсією для забору зразків тканин точно з аномального утворення. Крім того, ця процедура збільшує точність введення катетера або пристрою дренажу для зовнішнього дренування кісти щитовидної залози.

Апаратура для ультразвукової діагностики — комп'ютер, електронне обладнання, екран, на який виводиться зображення, і чутливий датчик для сканування тіла і кровоносних судин. Датчик являє собою невеликий пристрій, що нагадує мікрофон, яке з'єднане зі сканером шнуром — він посилає високочастотні звукові хвилі, аналізуючи відображення їх від тканин тіла. Принцип дії пристрою схожий з принципом дії ехолокатора.

Шмігровська, К. В. РІ-71мп, 2018

Зображення, отримане ультразвуковим датчиком, передається на екран, який виглядає в точності як дисплей комп’ютера або екран телевізора. Зображення будується на показниках амплітуди, частоти та часу повернення звукового сигналу.

Метою магістерської дисертації є вдосконалення якості діагностики захворювань щитовидної залози за допомогою двовимірного звукового дослідження. Для цього необхідно провести аналітичний огляд літературних джерел інформації, проаналізувати режими роботи акустичних давачів, виконати компютерне моделювання акустичних параметрів п’єзоперетворювача.

Результати досліджень було оприлюднено в наступних конференціях:

1. Шмігіровська К. В. Ультразвукова діагностика щитовидної залози / К. В. Шмігіровська. // Фізичі процеси та поля технічних і біологічних об’єктів. — 2018. — №17. — С. 128 — 129.

Шмігіровська, К. В. РІ-71мп, 2018

1 УЛЬТРАЗВУКОВА АПАРАТУРИ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ЩИТОВИДНОЇ ЗАЛОЗИ

1.1 Опис та хвороби щитовидної залози

Щитовидна залоза — важливий ендокринний орган, джерело потрібних для людського організму йодомістких гормонів. Виробляються ці гормони з такою швидкістю і в такій кількості, які забезпечують організму здоров'я. Для нормальної роботи щитовидної залози потрібен йод, так як він приймає участь в утворенні гормонів залози. При нестачі йоду в їжі, воді, зовнішньому середовищі, а також при підвищеному поступленні його в організм функція щитовидної залози порушується і виникає захворювання, яке називається зоб. До згаданих причин, що сприяють виникненню зобу, додається одноманітне харчування з дефіцитом білку і вітамінів та нестача одних і надлишок інших мікроелементів. Не можна забувати про те, що додаткові умови для розвитку захворювань щитовидної залози склалися під впливом іонізуючої радіації, що пригнічує функцію щитовидної залози. [1]

У нашій місцевості, яка, на жаль, належить до регіонів, де кількість йоду в ґрунті і воді дійсно значно менша від потреби, зоб супроводжується як зниженням функції щитовидної залози, так і її підвищенням.

- Гіпетеріоз

Одним з серйозних і частих ускладнень, які виникають на фоні зобної ендемії, є гіпотеріоз, який найчастіше зустрічається в жінок. Хворих турбує млявість, сонливість, мерзлякуватість, осиплість голосу, запори. При вираженій формі захворювання відбуваються характерні зміни зовнішнього вигляду: обличчя набрякле, жовтувато-бліде, з дуже бідною мімікою, очні щілини вузькі, на язиці – відбитки зубів. Волосся стає ламким, сухим, посилено випадає. Шкіра потовщується, на ній при натисканні не залишається ямок; мова стає не зрозумілою і повільною. У більшості хворих відмічається рідкий пульс, схильність до простудних захворювань, які

Шмігровська К. В. РІ-71мп, 2018

пробігають без температури. Нерідко розвивається анемія, в жінок порушується менструальний цикл, що може стати причиною безпліддя.

- Гіпертиреоз

Гіпертиреоз — це захворювання, яке розвивається з посиленням впливу на обмін речовин і підвищенням функції щитовидної залози. Причини виникнення гіпертиреозу: передозування тиреоїдних гормонів при лікуванні гіпотиреозу і зобу; післяпологовий тиреоїдит (зустрічається досить рідко); спадковість; аутоімунні процеси; нервово-психічні розлади; стреси; інтоксикація. Симптоми захворювання: слабкість, схуднення, стомлюваність, плаксивість, підвищена подразливість; головні болі, порушення сну; тремтіння рук, пітливість; витрішкуватість; миготлива аритмія; порушення статевої функції; м'язова слабкість.

- Тиреотоксикоз

Тиреотоксикоз — це стійке збільшення рівня тиреоїдних гормонів щитовидної залози. Відмінність тиреотоксикозу від гіпертиреозу в тому, що тиреотоксикоз – отруєння гормонами, гіпертиреоз може проявлятися навіть без наявності захворювання, наприклад, при вагітності. Симптоми захворювання: відчуття жару, підвищена пітливість; шкіра стає гарячою і вологою; волосся — ламкими, тонкими; частий приплив до обличчю, голові, верхній половині тіла; надмірна метушливість, плаксивість, агресивність, підвищена збудливість; часті перепади настрою; постійне відчуття голоду; постійна спрага; задишка; ураження кісткової та м'язової систем; порушення зовнішнього вигляду очей. Причини тиреотоксикозу: виникнення аутоімунного захворювання; дефект імунної системи; надмірне або обмежене вживання йоду; після пологів; передозування при лікуванні зоба; гіперфункція гіпофіза.

- Аутоімунний тиреоїдит

Аутоімунний тиреоїдит — це запалення щитовидної залози, яке викликане утворенням антитіл в організмі. Виходить, що організм повинен боротися з власної щитовидної залозою. Часто це причина таких

Шмігровська, К. В. РІ-71мп, 2018

захворювань у жінок, як ендометріоз і безпліддя. Причини: уражені карієсом зуби; хронічні гайморити, тонзиліти, риніти, синусити; радіаційне випромінювання; використання отрутохімікатів у сільському господарстві та наявність їх в вирощуваних продуктах харчування; тривалий безконтрольний прийом йодовмісних препаратів; забруднення навколишнього середовища відходами промислового виробництва; може виникнути після пологів; спадковість. Симптоми: больові відчуття в області щелепи і шиї; поява злегка помітного зоба; швидка стомлюваність; неприємні відчуття тиску в щитовидній залозі; часте ковтання; збільшення розмірів щитовидної залози; підвищення температури.

Ультразвукова діагностика є одним з базових методів у розпізнаванні захворювань щитовидної залози у дітей.

УЗД щитовидної залози показано при наступних станах: дифузне чи локальне збільшення щитовидної залози; підозра на порушення функції щитовидної залози; підозра на об'ємний процес у щитовидній залозі; контроль за ефективністю проведеного лікування при захворюваннях залози; підозра на гіпоплазію, аплазію, чи атипове розташування; підозра на запальні зміни щитовидної залози будь-якої природи; наявність об'ємного утворення в передніх відділах шиї; стан після струмектомії будь-якого обсягу та ін. [7]

Сучасна ехографія дозволяє не тільки точно оцінити об'єм щитовидної залози, але й одержати цінну інформацію про зміни паренхіми щитовидної залози, про наявність і розміри вузлових утворень. При цьому необхідно використовувати високочастотні ультразвукові датчики частотою від 5 МГц та вище. Для дослідження не потрібно спеціальної підготовки, однак, у дітей для запобігання регургітації харчових мас краще проводити дослідження натще. Стандартним є дослідження в положенні лежачи на спині із закинутою головою, з підкладеним під плечовий пояс валиком чи подушкою.

У нормі щитовидна залоза добре візуалізується як орган середньої ехогенності і досить однорідної структури. У людей молодого і середнього

Шмігровська К. В. РІ-71мп, 2018

віку за акустичною щільністю залоза трохи перевищує ехощільність селезінки (у чоловіків виглядає більш щільною, ніж у жінок). У дітей ехогенність залози нижче, ніж у дорослих і підвищується в міру росту. Ехоструктура залози в нормі однорідна з незначно вираженою зернистістю. У ряді випадків визначаються гідрофільні ділянки до 2–3 мм діаметром, які представляють собою фолікули, що заповнені колоїдом. Можуть також визначатися звиті гідрофільні структури діаметром 1–2 мм і довжиною 5–6 мм, що є судинами.

1.2 Режими дослідження біологічних тканин

При роботі на ультразвукових діагностичних апаратах використовуються різні режими сканування.

- **А-режим** — режим сканування, який дозволяє реєструвати ехо-сигнали у вигляді піків, амплітуда яких пропорційна інтенсивності сигналу, а відстань між піками відповідає відстані між об'єктом дослідження та датчиком в масштабі приладу.

- **В-режим** — режим, при якому на екрані отримують двомірне зображення серця або судин, що частіше досягається шляхом швидкої зміни напряму УЗ променя в межах певного сектора (від 60° до 90°).

- **М-режим** — режим дослідження, при якому на екрані дисплея зображується часова розгортка положення по відношенню до датчика ехокардіографії всіх рухомих структур серця і судин, які пересікає УЗ промінь.

У цьому режимі по вертикальній осі відкладається відстань від структури серця до датчика ехокардіографії, а по горизонтальній осі — час. Головний недолік методу — одновимірність.

Режим двовимірного зображення серця називається режимом зображення в реальному масштабі часу і є розвитком В-модального режиму.

В нашому випадку, ультразвукова діагностика щитовидної залози досліджується у В – режимі.

Шмігіровська К. В. РІ-71мп, 2018

1.3 Огляд приладів ультразвукової діагностики на ринку

Розвиток приладобудування у галузі медичної техніки призвів до значного збільшення кількості ультразвукових діагностичних приладів.[2] Повірка цих приладів має велике значення для забезпечення якісного діагностування людини, підвищення вірогідності виявлення захворювань, оцінки їх потенційної небезпеки. Незважаючи на розмаїтість типів приладів, вони мають схожі основні метрологічні характеристики. Цей стандарт призначено для визначення основних метрологічних характеристик під час проведення повірки ультразвукових діагностичних приладів.

Існуючі види ультразвукових приладів можна систематизувати залежно від різних ознак.

За функціональними можливостями приладами бувають універсальні (ультразвукові сканери, з спектральним доплером) та спеціалізовані (ехоофтальмометри, фетальні монітори, прилади ля внутрішньосудинних досліджень, ехоенцефалоскопи, синускопи, прилади для ветеринарії). Більшість відомих приладів відносяться до універсального типу і призначені для застосування в самих різних областях медицини

За технічним рівнем, поділяються на прості, середнього класу, підвищеного класу, високого класу.

За видом ультразвукового сканування бувають прилади секторного сканування, лінійного, фазованого, конвехсного, векторного сканування.

За видм керування ультразвукового сканування є такі пристрої: механічного та електронного сканування.

Спосіб сканування датчика як класифікаційний ознака УЗ-приладів заснований на тому, що зона сканування лінійних датчиків має форму прямокутника.

Відповідно до способу реєстрації ехосигнала УЗ - прилади групуються на апарати з одновимірної реєстрацією сигналу, двомірної індикацією і з ефектом Допплера, причому більшість сучасних УЗ - приладів універсальні,

Шмігіровська, К. В. РІ-711мп, 2018

тобто можуть працювати в декількох режимах: одновимірному, двомірному, доплерівському.

В останні роки УЗ медична техніка зазнала значних вдосконалення — це колірне кодування УЗ - доплеровской інформації і картування, швидкісні процеси. За прогнозами західних експертів продажу УЗ - апаратури будуть в найближчі роки випереджати темпи зростання іншої апаратури. [2]

Ультразвукові сканери — прилади, які роблять двомірне чорно – біле акустичне зображення (рис. 1.1). Має В – двомірне зображення (2D).

Рисунок 1.1 — Ультразвукові сканери

Ультразвукові сканери із спектральним доплером — ці прилади в медичному середовищі іноді носять назву дуплексні прилади. На відміну від простих УЗД сканерів, дані апарати мають додатковими функціями — за допомогою допплерівського методу можуть оцінити швидкість кровотоку. Мають В - двомірне зображення (або (2D)).

УЗД апарати з кольоровим допплерівським картуванням — дана група приладів відрізняється наявністю максимальної кількості функцій. Маючи всі режими УЗД сканера зі спектральним доплером (рис. 1.2), ці прилади мають можливість відображати двомірний розподіл швидкості кровотоку, виділяти їх кольором на сірому двомірному зображенні тканин. Мають В – двомірне зображення (або (2D)).

Шмігровська, К. В. РІ-71мп, 2018

Рисунок 1.2 — УЗД апарати з кольоровим допплерівським картуванням

Ехоофтальмометр — ці прилади використовуються в офтальмології. Використовується для візуалізації всіх структур і тканин ока. Прилад дає результат у вигляді одновимірного або двовимірного зображення. Мають В – двовимірне зображення (або (2D)), А - ехограму в одновимірному режимі, що відображає амплітуди сигналів на різній глибині в тканинах ока.

Фетальний монітор — ці УЗД апарат (рис. 1.3), який має можливість вимірювати частоту скорочень серця плоду (ЧСС) за допомогою допплерівського методу.

Рисунок 1.3 — Фетальний монітор

Шмігіровська, К. В. РІ-71мп, 2018

УЗД апарат ехоенцефалоскопію — УЗД апарат для обстеження мозку транскраніальної методом, (рис. 1.4). Найчастіше таке обстеження виконують через область скроні на черепі.

Рисунок 1.4 —УЗД апарат ехоенцефалоскопію

Має А – амплітуду ехограму (одномірна).

УЗД апарат синускоп — даний апарат (рис. 1.5) використовується для діагностичного обстеження пазух - лобових і носових. Має А – амплітуду ехограму (одномірна).

Рисунок 1.5 — УЗД апарат синускоп

1.4 Датчики для ультразвукової діагностики

Всі ультразвукові датчики поділяються на механічні та електронні. У механічних сканування здійснюється за рахунок руху випромінювача (він чи

Шмігіровська, К. В. РІ-71мп, 2018

обертається або гойдається). В електронних розгортка здійснюється електронним шляхом. Недоліками механічних датчиків є шум, вібрація, вироблені при русі випромінювача, а також низький дозвіл. Механічні датчики морально застаріли і в сучасних сканерах не використовуються. Використовуються три типи ультразвукового сканування: лінійне (паралельне), конвексний і секторний. Відповідно датчики або трансдюсори ультразвукових апаратів називаються лінійні, конвексний і секторні. Вибір датчика для кожного дослідження проводиться з урахуванням глибини і характеру положення органу.

В залежності від закону зміни просторового напрямку ультразвукового променя, розрізняють кілька видів сканування.

Лінійні датчики використовують частоту 5 Мгц - 15 Мгц. Перевагою лінійного датчика є повна відповідність досліджуваного органу положенню самого трансдюсора на поверхні тіла (рис. 1.6). Недоліком лінійних датчиків є складність забезпечення в усіх випадках рівномірного прилягання поверхні трансдюсора до шкіри пацієнта, що призводить до спотворень одержуваного зображення по краям.

Рисунок 1.6 — Лінійний датчик

Также лінійні датчики за рахунок більшої частоти дозволяють одержувати зображення досліджуваної зони з високою роздільною

Шмігіровська, К. В. РІ-71мп, 2018

здатністю, проте глибина сканування досить мала (не більше 11 см). Використовуються в основному для дослідження поверхнево розташованих структур - щитовидної залози, молочних залоз, невеликих суглобів і м'язів, а також для дослідження судин

Як правило лінійне сканування застосовують для досліджень щитовидної залози і гланд, черевної порожнини, післяопераційних обстежень, акушерських обстежень.

Конвексний датчик використовує частоту 2,5 МГц - 7,5 МГц (рис. 1.7). Має меншу довжину, тому домогтися рівномірності його прилягання до шкіри пацієнта більш просто. Однак при використанні конвексних датчиків отримується зображення по ширині на кілька сантиметрів більше розмірів самого датчика. Для уточнення анатомічних орієнтирів лікар зобов'язаний враховувати цю невідповідність. За рахунок меншої частоти глибина сканування сягає 20 см - 25 см. Зазвичай використовується для дослідження глибоко розташованих органів, органи черевної порожнини і заочеревинного простору, сечостатевої системи, тазостегнові суглоби.

Рисунок 1.7 — Конвексний датчик

Секторний датчик працює на частоті 1,5 Мгц - 5 Мгц (рис. 1.8). Має ще більше невідповідність між розмірами трансдюсора і одержуваним зображенням, тому використовується переважно в тих випадках, коли необхідно з маленької ділянки тіла отримати великий огляд на глибині.

Шмігіровська, К. В. РІ-71мп, 2018

Рисунок 1.8 — Секторний датчик

Найбільш доцільне використання секторного сканування при дослідженні, наприклад, через міжреберні проміжки. Типовим застосуванням секторного датчика є ехокардіоскопія - дослідження серця.

1.5 Фізичні основи ультразвукової діагностики

Ультразвукові хвилі (частота більше 20 кГц) мають певні властивості, які дозволяють їх використовувати для діагностики, а саме: поширюються прямолінійно — тому є можливість отримувати зображення досліджуваних органів практично без спотворень, при збереженні їх лінійних розмірів і форми; здатні фокусуватися; проникають всередину органів; по-різному відбиваються від межі різної щільності як зовнішніх контурів біологічних тканин, так їх внутрішньої структури – здатні нести певну інформацію про внутрішню будову і функції органів. [3] Ультразвукова хвиля має ряд параметрів: частота, довжина хвилі, швидкість поширення в середовищі, період, амплітуда і інтенсивність. Частота, період, амплітуда і інтенсивність визначаються джерелом звуку, швидкість поширення — середовищем, а довжина хвилі — і джерелом звуку, і середовищем. Наприклад ультразвукові локатори летючих мишей працюють в діапазоні 25 ÷ 500 кГц. В сучасних

Шмігровська К. В. РІ-71мп, 2018

ультразвукових приладах для отримання зображення використовується ультразвук частотою від 2 МГц і вище.

Швидкість поширення ультразвуку визначається щільністю і пружністю середовища. Швидкість поширення ультразвуку збільшується при збільшенні пружності і зменшенні щільності середовища. У таблиці 1.1 представлені швидкості поширення ультразвуку в деяких тканинах тіла людини.

Таблиця 1.1 — Швидкість поширення ультразвуку в м'яких тканинах

Тканина	Швидкість поширення ультразвуку в мм / мкс
Мозок	1,51
Печінка	1,55
Нирки	1,56
М’язи	1,58
Жирова тканина	1,45
Кістки	4,08
Кров	1,57
М’які тканини	1,54
Вода	1,48
Повітря	0,33

Швидкість поширення ультразвуку в тканинах тіла людини становить 1540 м/с. На цій швидкості працюють більшість ультразвукових діагностичних приладів. Швидкість поширення ультразвуку *(C)*, частота (*f*) і довжина хвилі (λ) пов'язані між собою таким рівнянням:

$$C=f\lambda. \quad (1.1)$$

Так як в нашому випадку швидкість вважається постійною (1540 м / с), то дві інші змінні f і λ пов'язані між собою обернено пропорційною залежністю. Чим вище частота, тим менше довжина хвилі і тим менше розміри об'єктів, які ми можемо побачити.

Шмігровська, К. В. РІ-71мп, 2018

Для отримання зображення в ультразвукової діагностики використовується не ультразвук, який випромінюється трансд'юсером безперервно (постійної хвилею), а ультразвук, що випромінюється у вигляді коротких імпульсів (імпульсний). Він генерується на п'єзоелементах короткими електричними імпульсами. Для характеристики імпульсного ультразвуку використовуються додаткові параметри. Частота повторення імпульсів, тривалість імпульсу, фактор зайнятості та просторова протяжність імпульсу (ППІ).

Для м'яких тканин просторова протяжність імпульсу (мм) дорівнює добутку 1,54 (швидкість поширення ультразвуку в мм / мкс) і числа коливань (циклів) в імпульсі (n), віднесеній до частоти в МГц. Або ППІ = 1,54 × n / f. Зменшення просторової протяжності імпульсу можна досягти (а це дуже важливо для поліпшення осьової роздільної здатності) за рахунок зменшення числа коливань в імпульсі або збільшення частоти. Амплітуда ультразвукової хвилі — це максимальне відхилення спостерігається фізичної змінної від середнього значення.

Інтенсивність ультразвуку — це відношення потужності хвилі до площі, по якій розподіляється ультразвукової потік. Вимірюється в ватах на квадратний сантиметр (Вт / кв.см). При рівній потужності випромінювання чим менше площа потоку, тим вище інтенсивність. Інтенсивність також пропорційна квадрату амплітуди. Інтенсивність неоднорідна як за площею потоку, так і, в разі імпульсного ультразвуку, в часі.

При проходженні через будь-яке середовище буде спостерігатися зменшення амплітуди і інтенсивності ультразвукового сигналу, яке називається загасанням. Загасання ультразвукового сигналу викликається поглинанням, відбиттям і розсіюванням. Одиницею загасання є децибел (дБ). Коефіцієнт загасання — це ослаблення ультразвукового сигналу на одиниці довжини шляху цього сигналу (дБ / см). Коефіцієнт загасання зростає зі збільшенням частоти. Усереднені коефіцієнти загасання в м'яких тканинах і зменшення інтенсивності ехосигналу в залежності від частоти.

Шмігровська К. В. РІ-71мп, 2018

При проходженні ультразвуку через тканини на межі середовищ з різним акустичним опором і швидкістю проходження ультразвуку виникають явища відбиття, заломлення, розсіювання і поглинання. Залежно від кута розрізняють перпендикулярне і похиле (під кутом) падіння ультразвукового променя. При перпендикулярному падінні ультразвукового променя він може бути повністю відбитий або частково відбитий, частково пройти через межу двох середовищ; при цьому напрямок ультразвуку, який перейшов з одного середовища в інше середовище, не змінюється.

Інтенсивність відбитого ультразвуку, що пройшов межу середовищ, залежить від вихідної інтенсивності і різниці акустичних опорів середовищ. Відношення інтенсивності відбитої хвилі до інтенсивності падаючої хвилі називається коефіцієнтом відбиття. Відношення інтенсивності ультразвукової хвилі, що пройшла через межу середовищ, до інтенсивності падаючої хвилі називається коефіцієнтом проходження ультразвуку. Таким чином, якщо тканини мають різні щільності, але однаковий акустичний опір — відбиття ультразвуку не буде. З іншого боку, при великій різниці акустичних опорів інтенсивність відбиття досягає 100%. Прикладом цього служить межа повітря / м'які тканини. На межі цих середовищ відбувається практично повне відбиття ультразвуку. Щоб поліпшити проходження ультразвуку в тканини тіла людини, використовують сполучні середовища (гель). При похилому падінні ультразвукового променя визначають кут падіння, кут відбиття і кут заломлення.

Кут падіння дорівнює куту відбиття. Заломлення — це зміна напрямку поширення ультразвукового променя при перетині ним межі середовищ з різними швидкостями проходження ультразвуку. Кут заломлення тим більший, чим більша різниця швидкостей поширення ультразвуку в двох середовищах. Заломлення не спостерігається, якщо швидкості поширення ультразвуку в двох середовищах рівні або кут падіння дорівнює 0. Говорячи про відбиття, слід мати на увазі, що коли довжина хвилі набагато більша за розміри нерівностей поверхні, що відбиває, має місце дзеркальне відбиття. У

Шмігровська, К. В. РІ-71мп, 2018

разі, якщо довжина хвилі одного порядку з нерівностями поверхні, що відбиває, або є неоднорідність самого середовища, відбувається розсіювання ультразвуку.

При зворотному розсіюванні ультразвук відбивається в тому напрямку, звідки прийшов вихідний промінь. Інтенсивність розсіяних сигналів збільшується зі збільшенням неоднорідності середовища і збільшенням частоти (тобто зменшенням довжини хвилі) ультразвуку. Розсіювання мало залежить від напрямку падаючого променя і отже, від поверхні відбиття. Для того, щоб відбитий сигнал був правильно розташований на екрані, необхідно знати не тільки напрямок випроміненого сигналу, але і відстань до відбивача. Це відстань дорівнює 1/2 добутку швидкості ультразвуку в середовищі на час між випромінюванням і прийомом відбитого сигналу.

Акустичний опір (характеристичний імпеданс) Z є характеристикою речовини, яка аналогічна електричному опору. Згідно визначенню, Z — це опір розповсюдженню УЗ хвиль в речовині. У конкретному матеріалі воно залежить від його фізичних властивостей і не пов’язане з характеристиками хвилі і частотою.

Хвильовий опір речовини задається формулою:

$$Z = \rho C, \qquad (1.2)$$

де ρ — щільність речовини; C — швидкість ультразвуку.

Ця величина називається ще звуковим опором, питомим звуковим імпедансом, нормальним імпедансом.

Матеріали з високим хвилевим опором називаються акустично жорсткими. Матеріали з малим хвилевим опором називаються акустично м'якими.

Акустичні властивості середовища характеризуються швидкістю звуку, хвилевим опором і коефіцієнтом загасання. При поглинанні звукова енергія перетвориться в теплову, при розсіянні вона залишається звуковою, але йде в напрямах, що відрізняються від напряму розповсюдження хвилі.

Питомий акустичний опір вимірюється в Па с/м (СІ).

Шмігровська, К. В. РІ-71мп, 2018

Максимальне значення змінного акустичного тиску (амплітуда тиску) може бути розраховано через амплітуду коливання частинок:

$$P = 2\pi f \rho c A, \tag{1.3}$$

де P — максимальний акустичний тиск (амплітуда тиску), Па с/м;

f — частота, кГц; c — швидкість розповсюдження ультразвуку, м/с;

ρ — густина середовища, кг/м^3.

В результаті дії пружних і інерційних сил виникає прискорення, що змінює напрямок протягом періоду. Амплітудне значення прискорення a визначається виразом:

$$a = (2\pi f)2A. \tag{1.4}$$

Біофізична дія ультразвуку тісно пов'язана зі змінним акустичним тиском, а особливо з силами, що розвиваються внаслідок великих прискорень частинок в досліджуваних тканинах.

Якість і точність формування ехозображень визначаються роздільною здатністю по глибині і поперечною роздільною здатністю, що залежить від характеристик полів випромінювання і прийому перетворювача. Поле випромінювання визначається тиском або інтенсивністю, що створюються перетворювачем у режимі випромінювання в довільній точці простору. Просторовий розподіл поля у відносних одиницях називається діаграмою випромінювання. Діаграма випромінювання за тиском являє собою залежність тиску випромінювання від координат точки, у якій визначається цей тиск. Як правило, розглядаються перерізи діаграми випромінювання площиною, що проходить через вісь випромінювача. При цьому будується залежність тиску від лінійної координати, вісь якої перпендикулярна до осі випромінювання. Слід зазначити, що в загальному випадку характер перерізу діаграми випромінювання залежить від глибини, тобто відстані від випромінювача до осі координат, вздовж якої розглядається зміна інтенсивності.

Іноді будується залежність тиску від кутової координати, і відлік починається від осі випромінювання. У цьому випадку прийнято говорити

Шмігровська, К. В. РІ-71мп, 2018

про діаграму спрямованості випромінювача. При досить великих глибинах, у так званій "далекій зоні" випромінювання, нормована діаграма спрямованості не залежить від глибини.

Центральна частина діаграми випромінювання, в межах якої зосереджена основна енергія випромінювання, називається головним променем чи основною пелюсткою. На практиці за нижнє значення тиску випромінювання, що визначає ширину діаграми, беруть рівень (–10) дБ чи (–20) дБ від максимального значення. Іноді говорять про ширину діаграми за рівнем половинної потужності (–6) дБ. У ряді випадків, коли має місце зменшення рівня до 0, як оцінки ширини основної пелюстки використовують відстань між найближчими до максимуму нулями.

Крім основної пелюстки діаграма може мати бічні пелюстки, відносний рівень яких визначає небажане бічне випромінювання.

В тому випадку, коли випромінювання є неперервним, діаграма випромінювання постійна в часі. При імпульсному випромінюванні діаграма є функцією часу, досягаючи максимального значення в даній точці простору до часу приходу в цю точку максимуму імпульсу випромінювання.

Поле прийому визначається тиском чи інтенсивністю, що виникають на поверхні приймального перетворювача в результаті впливу на нього ультразвукового випромінювання, зокрема, розсіяного випромінювання, створюваного сукупністю відбивачів внаслідок опромінення зондувальним сигналом. Природно характеризувати приймальні можливості перетворювача за допомогою діаграми на прийом, яка визначається як результат впливу на приймальний перетворювач точкового випромінювача, що переміщується в просторі. Так само, як у випадку діаграми випромінювання, звичайно розглядаються перерізи приймальної діаграми площиною, що проходить через вісь (напрямок) прийому. Усе вищесказане про діаграми випромінювання поширюється і на приймальні діаграми.

В режимі випромінювання - прийому просторова вибірковість системи характеризується добутком діаграм випромінювання і прийому.

Шмігровська. К. В. РІ-71мп, 2018

Основними перевагами перетворювачів у виді фазованої гратки є значне збільшення продуктивності контролю в порівнянні з механічним скануванням, можливості оперативної зміни форми діаграми направленості, фокусування ультразвукової (УЗ) енергії.

Як було сказано вище, у залежності від способу реалізації зміни напрямку УЗ променя, скануючі пристрої поділяються на дві основні групи: з механічним і електричним керуванням.

1) У скануючих пристроях з механічним керуванням напрямом УЗ променів застосовується механічний чи електромеханічний привід зміни положення електроакустичного перетворювача щодо досліджуваного об'єкта. При цьому для надійного введення-висновку акустичної енергії в процесі сканування ОК постійний контакт із ним підтримується шляхом використання спеціального гелю мінеральних олій, котрим змочується робоча поверхня електроакустичного перетворювача і поверхня ОК.

Часто з таким типом керування використовується проміжна середовище-рідина. Тут, як правило, використовуються одномірні перетво-рювачі.

2) Пристрої з електричним скануванням. Загальною характеристикою цих пристроїв є відсутність яких-небудь механізмів у конструкції пристрою.

У даному випадку формування УЗ-променя і зміна його спрямованості в просторі, так само як і формування координатних сигналів здійснюється електричним шляхом. З цією метою в електричних скануючих пристроях застосовуються малогабаритні п'єзоелектричні елементи, погруповані в лінійні ґрати чи матриці. Побудовані в такий спосіб багатоелементні п'єзоперетворювачі дозволяють керувати УЗ-променем двома способами: фазуванням багатоканальної системи і прийому комутацією каналів. Хоча, вони мають ряд обмежень, через які потенційні можливості УЗ-систем зображення не цілком реалізуються:

а) Системи з використанням ґраток на великих глибинах не забезпечують досягнення дифракційної межі роздільної здатнсті. Тому

Шмігровська, К. В. РІ-71мп, 2018

поперечний дозвіл у будь-якій площині обмежується областю ближнього поля чи глибиною фокусування.

б) Системи зображення не дозволяють досить просто здійснювати відхилення пучка з метою забезпечення секторного сканування. Керування пучком при дослідженні великої площі можна одержати з використанням решіток щодо малих розмірів.

Ультразвукові скануючі пристрої в загальному випадку включають сукупність електроакустичних, електромеханічних і електронних елементів, що виконують одночасно функції електроакустичних перетворювачів і акустичних антен, що концентрують випромінювану акустичну енергію у вузькому промені уздовж заданого напрямку. Крім того, за допомогою скануючих пристроїв здійснюється акустичний контакт між електроакустичним перетворювачем і досліджуваним об'єктом у процесі введення і висновку ультразвукової енергії. До ультразвукових скануючих пристроях звичайно пред'являються високі вимоги в плані забезпечення просторової спрямованості і швидкості сканування при мінімальних енергетичних витратах, малогабаритних параметрах і складності керування. Важливими показниками також є розміри області ультразвукового огляду, частота сканування, можливість динамічного керування параметрами ультразвукового променя.

Шмігіровська, К. В. РІ-71мп, 2018

2 АКУСТИЧНІ ДАТЧИКИ

Акустика коливань, що рухаються зі швидкістю 344 м/с в повітряному середовищі, така ж сама, як і звукових. Оцінюючи швидкість звуку і його робочий цикл, можна визначити точну відстань до предмета. Ультразвукові (УЗ) датчики працюють з п'єзоелектричним перетворювачем, який є як звуковим випромінювачем, так і приймачем. Перетворювач посилає пакет звукових імпульсів і перетворює імпульс відлуння в напругу. Інтегрований контролер обчислює відстань за часом відлуння та швидкості звуку. [15]

Тривалість випромінюваного імпульсу Δt і час загасання tзат звукового перетворювача є причиною для формування сліпої зони, в якій УЗ датчик не може виявити предмет. УЗ частота для датчиків випромінювання (терапія) знаходиться між 22 кГц і 400 кГц, залежно від типу датчика; частота проходження імпульсів між 14 Гц і 140 Гц.

Активний діапазон УЗ датчика позначається як робочий діапазон 54 виявлення. Діапазон виявлення – відстань, у межах якої УЗ датчик виявляє об'єкт, незалежно від того, наближаються об'єкти до чутливого елемента в осьовому напрямку або рухаються через звуковий конус в поперечному напрямку.

Принип дії ультразвукового датчика обчислює час, що потрібний звуку для руху від датчика до об'єкта і назад до датчика (дифузійний режим роботи) або перевіряє, чи був отриманий посланий сигнал окремим приймачем (опозитний режим роботи).

2.1 Фізична модель акустичного тракту при дослідженні щитовидної залози

Одним із основних параметрів при скануванні є характер акустичного тракту, тобто як буде себе вести ультразвукова хвиля при проходженні через різні біологічні шари. В нашому випадку мова йде про дослідження

Шмігіровська, К. В. РІ-71мп, 2018

щитовидної залози тому для розрахунку акустичного тракту вибрано фізичну модель, що складається з 4 основних шарів:[18]

- шкіра;
- жировий прошарок;
- м’язова тканина;
- щитовидна залоза.

На рис. 1.9 зображена еквівалентна фізична модель акустичного тракту щитовидної залози.

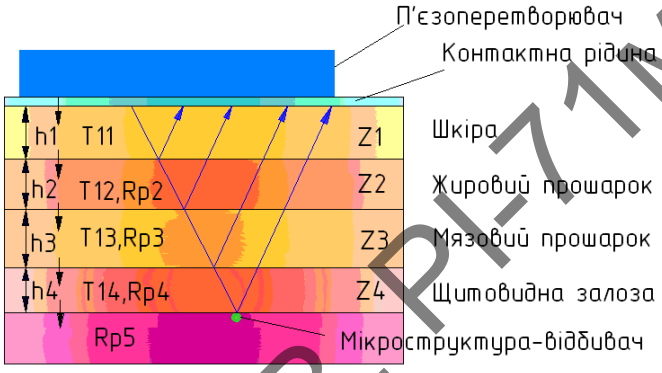

Рисунок 1.9 — Еквівалентна фізична модель

h_i – товщина шарів; Z_i – імпеданси шарів; T_{li} – коефіцієнти проходження по інтенсивності; R_{pi} – коефіцієнти відбиття по тиску.

Щитовидна залоза розташована на передній поверхні шиї і формою нагадує метелика. Вона охоплює спереду трахею і хрящі гортані, розташовуючись трохи нижче за щитовидний хрящ, який як щит закриває гортань. Із-за цього сусідства залоза і отримала свою назву щитовидна. У нормі щитовидна залоза у жінок має об'єм від 9 до 18 мл, а у чоловіків до 25 мл. Середня вага щитовидної залози дорослої людини складає (15-30) гр. Об'єм органу можна досить легко зміряти за допомогою сканера ультразвукового діагностичного (СУЗД).

Шмігровська К. В. РІ-71мп, 2018

2.2 Структура фазової антенної гратки

Форми, розміри і конструкції сучасних структурних фазових антенних граток (ФАҐ) вельми різноманітні; їх різноманітність визначається як типом використовуваних випромінювачів, так і характером їх розташування.

Залежно від необхідної форми і необхідного просторового сектора сканування в ФАҐ застосовують різне взаємне розташування елементів:

−вздовж лінії (прямої або дуги);

−по поверхні

− в заданому обсязі (об'ємні ФАҐ).

Іноді форма випромінюючої поверхні ФАҐ визначається конфігурацією об'єкта, на якому встановлюється ФАҐ. Широко поширені плоскі ФАҐ; в них промінь може сканувати від напрямку нормалі до розкриву (як у синфазної антени) до направлення вздовж розкриву (як в антені біжучої хвилі).

В ультразвуковому пристрої із лінійним скануванням фазована матриця перетворювачів являє собою лінійні антенні гратки п’єзоелементів. До складу фазованої матриці входить декілька десятків первинних п`езоелементів, розташованих еквідестантно в одній площині з кроком меншим довжини робочої УЗ-хвилі. Окремий електроакустичний перетворювач чи елемент УЗ-антенних решіток складаються з:

−електроакустичного активного елемента, що перетворить електричні коливання в акустичні і навпаки;

−перехідних шарів, через які здійснюється акустичний контакт із досліджуваним об'єктом, і акустичного демпфера, досліджуваного з метою розширення смуги пропущення перетворювача.

Між електроакустичним активним елементом і демпфером, іноді також є перехідні шари. У реальних конструкціях найчастіше використовується один перехідний шар між електроакустичним активним елементом і досліджуваним об'єктом, а демпфер безпосередньо контактує з іншою поверхнею цього елемента.

Шмігровська, К. В. РІ-71мп, 2018

2.3 Основні елементи ультразвукового перетворювача

Ультразвуковий перетворювач – це один з основних вузлів будь-якого УЗ приладу. Він входить до складу датчика і від нього суттєво залежить якість інформації (рис. 1.10).

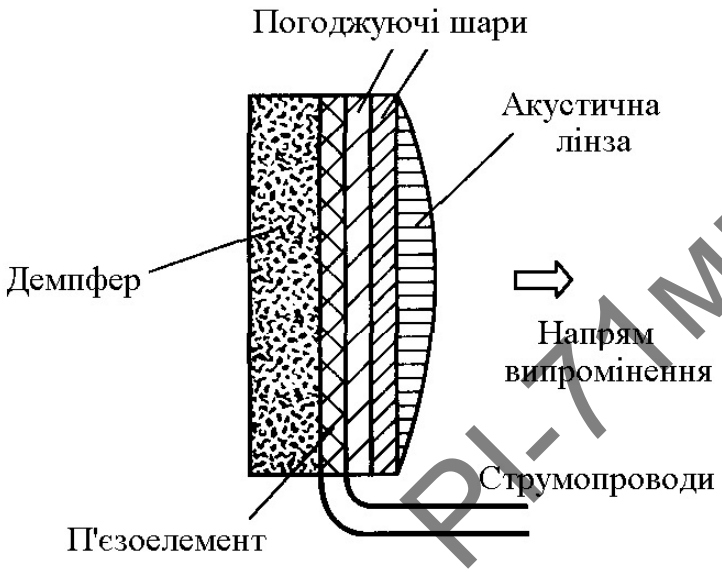

Рисунок 1.10 — Структурна схема ультразвукового перетворювача

УЗ перетворювач виконує такі функції:

−перетворювання електричних сигналів в механічні коливання з послідуючим випромінюванням їх в БТ;

−приймає УЗ ехосигнали, що відбиті неоднорідностями в БТ, та перетворює сигнали в електричні для подальшого підсилення та обробки;

−забезпечує формування УЗ променя потрібної форми, як в режимі випромінювання, так і в режимі прийому.

П’єзоелемент виготовляється зі спеціального матеріалу (часто п’єзокераміки), що володіє властивістю п’єзоефекта. Здатність перетворювати механічні (в тому числі УЗ) коливання в електричну напругу називається прямим п'єзоефектом. Зміна розмірів елементу під дією електричної напруги і пов'язана з цим здатність перетворювати коливання електричної напруги в механічні (УЗ) коливання називається зворотним п'єзоефектом. П’єзоелементи перетворюють електричні 74 сигнали, що

Шмігіровська, К. В. РІ-71мп, 2018

поступають з електронного блоку приладу, в УЗ сигнали (зворотний п’єзоефект). Це відбувається при випромінюванні сигналів. В процесі прийому ехо-сигналів п’єзоелементи перетворюють УЗ сигнали, що приходять до датчика, в електричні сигнали (прямий п'єзоефект). На випромінювану поверхню п’єзоелемента і на протилежну (тильну) поверхню наносяться електроди – тонкі шари струмопровідного метала (як правило, мідь, срібло), а до них припаюються провідники – струмопроводи. По ним поступають електричні сигнали збудження в режимі випромінювання, і з них в режимі прийому знімаються ехосигнали, що перетворені в електричні. Від матеріала і якісті виготовлення п’єзоелемента залежить така характеристика приладу, як чутливість. П’єзокераміка, з якої виготовляються п’єзоелементи, дуже крихкий матеріал, тому датчики вимагають дбайливого ставлення до себе. У сучасних приладах все частіше знаходять застосування п’єзоелементи, що виготовлені з п’єзокомпозитів – матеріалів, окрім п’єзокераміки, що включають в свій склад органічні наповнювачі. Ці матеріали дозволяють досягти більш високих характеристик чутливості і роздільної здатності. Крім того, вони більш технологічні у виготовленні.

Демпфер. Основне призначення демпфера відповідає його назві – це часткове пом'якшення (демпферування) механічних коливань п’єзоелемента. Робиться це для того, щоб максимально розширити смугу УЗ частот, що випромінюються і приймаються датчиком, що підвищує роздільну здатність приладу. Інший обов'язок демпфера – поглинання випромінювання тильної сторони п’єзоелемента (зворотна робочій сторона, що контактує з тілом пацієнта).

Погоджуючі шари. Наносяться на робочу (випромінюючу і приймаючу сигнали) поверхню п’єзоелемента поверх електроду. Служать для узгодження акустичних опорів матеріалу п’єзоелемента і БТ, що абсолютно необхідне для того, щоб забезпечити передачу з мінімальними втратами акустичних сигналів від п’єзоелемента в біологічне середовище і навпаки, а отже, підвищити чутливість датчика.

Шмігровська К.В. РІ-71мп, 2018

Акустична лінза виготовлена з матеріалу із спеціально підібраними властивостями, фокусує УЗ промінь, тобто забезпечує мінімальну ширину променя в певному діапазоні глибини і покращує роздільну здатність. Одночасно акустична лінза виконує роль протектора – захисного шару, що захищає п’єзоперетворювач від пошкоджень в процесі роботи. Для виготовлення УЗ перетворювача використовуються високоякісні матеріали і складне сучасне технологічне устаткування. Через це УЗ перетворювачі - це достатньо дорогі вироби, і в світі можна буквально перерахувати фірми, які уміють їх робити на необхідному рівні. Тому багато виробників УЗ приладів застосовують в своїх приладах датчики з УЗ перетворювачами, що виготовлені спеціалізованими фірмами. Абсолютна більшість виробників УЗ діагностичної техніки використовує у своїх приладах датчики, які можуть застосовуватися в приладах тільки цієї фірми, хоча по основним характеристикам датчики різних фірм дуже близькі або просто однакові, але відрізняються конструкцією, формою, електричним роз'ємом і т.п. Не дивлячись на загальні принципи побудови УЗ перетворювачів, існує велика кількість різних конфігурацій п’єзоелементів, які застосовуються у відповідних типах датчиків.

Можна виділити наступні основні типи п’єзоелементов: - одноелементний;

- багатоелементна кільцева решітка;
- багатоелементні одновимірні решітки: лінійна, конвексна, або опукла;
- мікроконвексна, або опукла з малим радіусом кривизни;
- багатоелементна плоска двомірна решітка;
- багатоелементна конвексна двомірна решітка.

Перераховані вище конфігурації використовуються у датчиках, що відрізняються між собою видами сканування, режимами та роздільною здатністю.

Шмігіровська К. В. РІ-71мп, 2018

2.4 Режими роботи датчиків

Опозитний режим роботи. На рисунку 2.1 зображена схема опозитного режима роботи ультразвукового датчика.

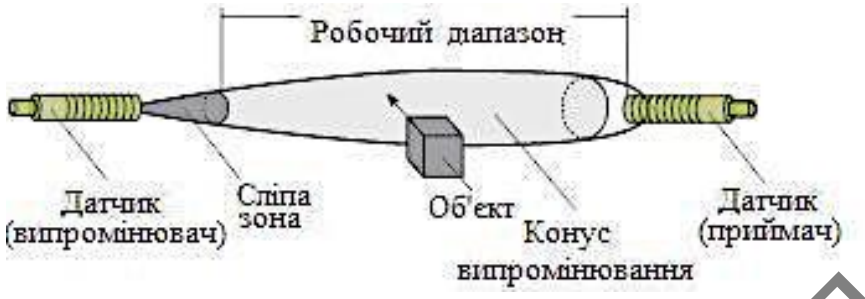

Рисунок 2.1 — Схема опозитного режима роботи УЗ датчика

Передавач і приймач є окремими пристроями і монтуються один напроти одного. Вихід вимикача активізується, якщо УЗ пучок 55 переривається об'єктом.

Особоивості:

− широкий діапазон, так як УЗ пучок проходить сигнальну відстань один раз;

− менш сприйнятливий до інтерференції, підходить для роботи у важких умовах;

− уже швидкі перемикання;

− підвищена вартість монтажу, так як повинні бути підключені два датчики (випромінювач і приймач).

Дифузійний режим роботи. На рисунку 2.2 зображена схема датчика дифузійного режима роботи.

Шмігровська, К. В. РІ-71мп, 2018

Рисунок 2.2 — Схема дифузійного режима роботи УЗ датчика

Передавач і приймач знаходяться в одному корпусі. Це мінімізує вартість монтажу, так як необхідно монтувати і підключити тільки один прилад. Час спрацювання більший, ніж у датчиків в опозитному режимі.

У датчиків з двома незалежними точками перемикання кожен вихід стає активним, коли об'єкт знаходиться в діапазоні перемикання 1 і 2. Ці точки перемикання можуть бути довільно налаштованими в робочому діапазоні.

Робочий цикл звукових імпульсів визначає відстань до об'єкта. Точка перемикання або вікно переключення визначається з точністю до міліметра позиціонування за допомогою попереднього навчального налаштування або програмування. Відстань до об'єкту від датчика, порівнюється з точкою перемикання або вікном перемикання, вихідні перемикачі включаються або вимикаються в залежності від результату цього порівняння зображено на рисунку 2.3.

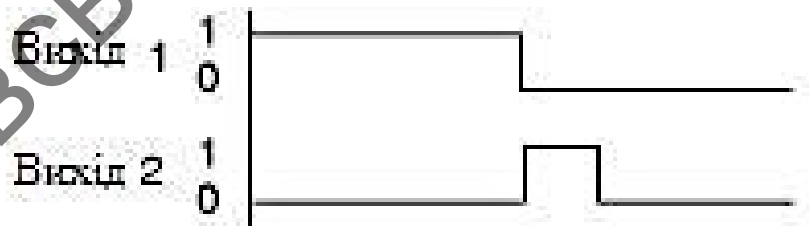

Рисунок 2.3 — Схема двійкового виявлення предмета

При навчальному налаштуванні датчика за допомогою двох потенціометрів, кнопок або програматора (залежно від моделі датчика) встановлюються початок першого діапазону перемикання 1 і кінець другого

Шмігіровська, К. В. РІ-71мп, 2018

діапазону перемикання 2. Кінець діапазону перемикання 1 одночасно є початком діапазону перемикання 2.

Рефлекторний режим роботи. На рисунку 2.4 зображений рефлекторний режим роботи ультразвукового датчика.

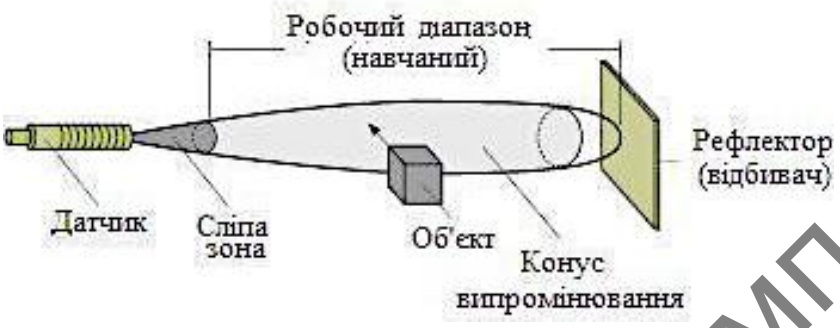

Рисунок 2.4 — Рефлекторний режим роботи УЗ датчика

Датчик виробляє та приймає УЗ, тому в його схему включено передавач та приймач.

Схема УЗ передавача зображена на рисунку 2.5 (значення розмірності конденсаторів в мкФ) і використовується для передачі УЗ коливань, що були спеціально підібрані відповідно до динамічного і частотного діапазонів УЗ приймача.

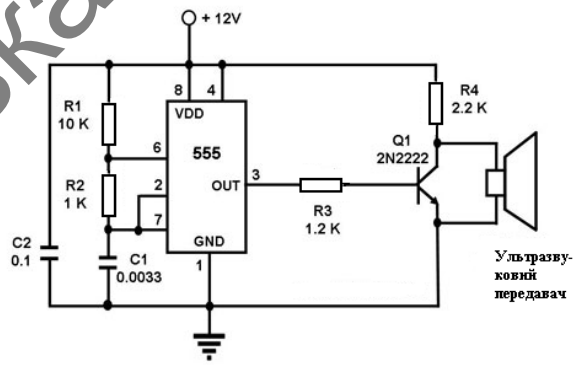

Рисунок 2.5 — Схема ультразвукового передавача коливань

Схема використовує мікросхеми 555 серії Таймер IC, що налаштований як нестабільний мультівібратор, тобто він генерує безперервний сигнал певної частоти.

Шмігіровська, К. В. РІ-71мп, 2018

УЗ датчик, що використовується в цій схемі, виготовлений у вигляді динамічної котушки і розроблений для випромінювання коливань на певній частоті, тому резистор і значення конденсатору схеми були підібрані таким чином, щоб мікросхема 555 серії генерувала сигнал, частота якого буде відповідати динамічній котушці УЗ передавача.

Вихідний сигнал з мікросхеми підсилюється транзистором Q1, який керує УЗ перетворювачем. Датчик, вібрація якого створює коливання з необхідною частотою, генерує хвилі цієї ж частоти.

Частота УЗ, який генерується, може змінюватися регулюванням R1. Його треба налаштувати на максимальну продуктивність. Оскільки УЗ хвилі високонаправлені, то під час роботи УЗ перетворювач передавача повинен бути розміщений в напрямку УЗ перетворювача приймача для правильного функціонування.

Приймач може живитися від випрямляча і завжди знаходиться у включеному положенні.

УЗ хвилі випромінюються багатьма природними джерелами. Тому схема може помилково спрацювати, коли в схемі використовується триггер 59 і відсутні засоби захисту.

Схема на рисунку 2.6 використовується для отримання УЗ хвиль, які передані відповідним УЗ передавачем, що знаходиться в іншому місці.

У схемі УЗ приймача використовується УЗ датчик приймача, щоб приймати УЗ сигнали.

Так як УЗ приймач, що використовується в цій схемі, розроблений сприймати коливання на певних частотах, передавач у парі з цим приймачем повинен також передавати хвилі цієї частоти. Коли відбиті хвилі (ехо - сигнали) доходять до приймача, приймач сприймає ці коливання і виробляє електричні імпульси відповідної частоти.

Ці електричні сигнали підсилюються двома операційними підсилювачами в ланцюзі, підсилюючий вихід яких подається у мікросхему

Шмігровська К.В. РІ-71мп, 2018

567NE серії. Декодер тонів виводить сигнал, якщо виявляє вхідні сигнали, які були налаштовані на свій набір частот.

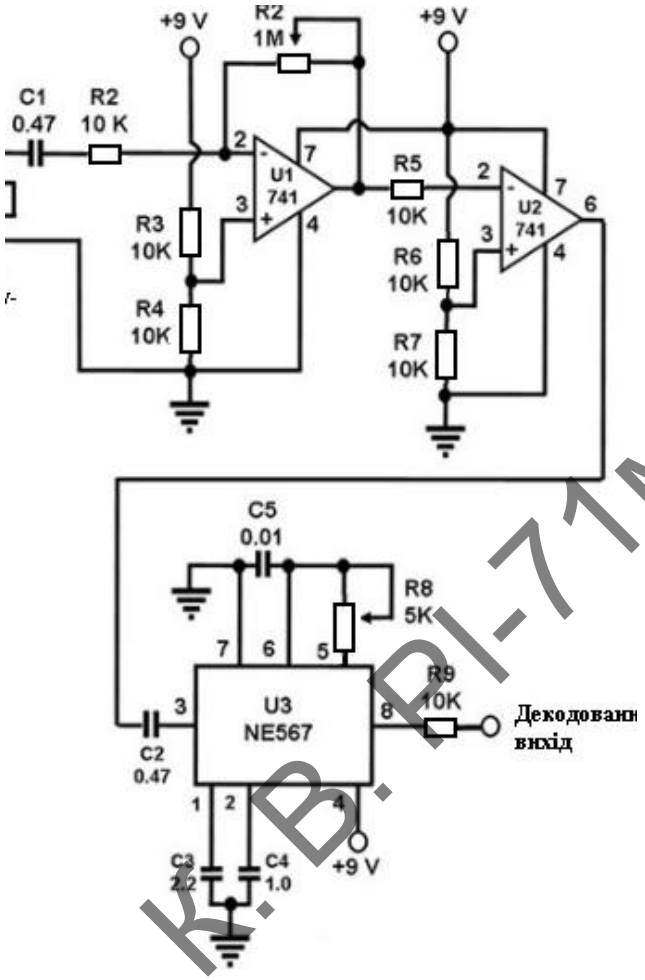

Рисунок 2.6 — Схема ультразвукового приймача коливань

Електричні еквівалентні схеми передатчика і приймача ультразвукових коливань приведена на рисунку 2.7.

На рис. 2.7 (а) представлена електрична еквівалентна схема передатчика УЗ коливань. Сигнал напруги (>10,0 В) згенерований зліва джерелом з опором (5-50) Ом, передається через (0,1-2) – метровий мікрокоаксіальний кабель до перетворювача. Конденсатор і резистор представляють спрощену модель для п’єзоелектричного перетворювача. Резистор є електричним еквівалентом перетворювача з опором тіла людини. В УЗ системі присутні шуми, які резистор за ідеальних умов повинен усунути. Елементи

Шмігіровська, К.В. РІ-71мп, 2018

п’єзоелектричного передатчика перетворюють електричну енергію в акустичний тиск коливань, які випромінюються.

На рис. 2.7 (б) представлена електрична еквівалентна схема приймача УЗ коливань. Акустичний тиск перетворюється на електричний сигнал перетворювачем. Кабель у вигляді елекричної емності заряджає перетворювач і зазвичай намагається налаштувати його на вхідну котушку індуктивності.

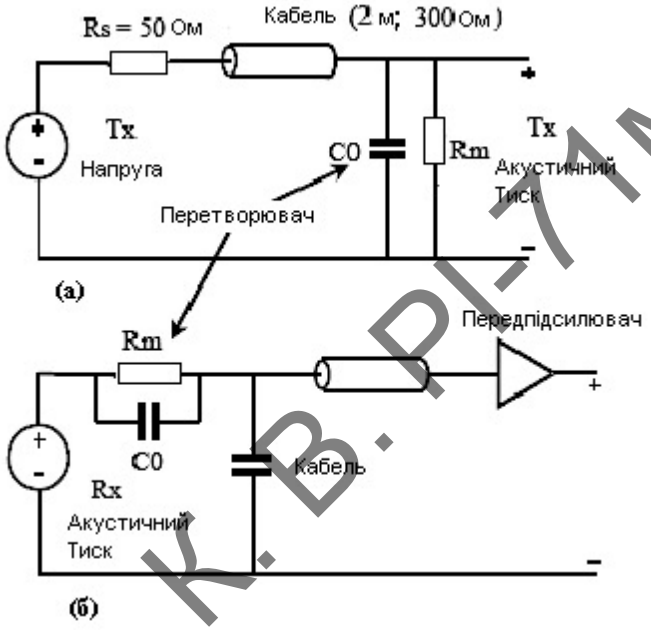

Рисунок 2.7 — Електричні еквівалентні схеми передатчика (а), приймача (б) ультразвукових коливань

Але оскільки це вузька зона, а УЗ сигнали широкополосні, необхідно встановити резистор – резонатор, що налаштовується та складається з кабеля і котушки індуктивності.

Найкраще це працює з вхідним попереднім підсилювачем, щоб мінімізувати вплив шумів в приймачі коливань. Однак, якщо ємність кабелю не може бути налаштована, то краще не встановлювати вхідний опір низькочастотного підсилювача, бо це створює додаткові шуми.

Випромінювачі (датчики) УЗ відіграють дуже важливу роль в роботі ультразвукової медичної апаратури в цілому.

Шмігровська, К. В. РІ-71мп, 2018

Ультразвукові хвилі, які випромінюються звичайним датчиком, розповсюджуються на певній відстані у вигляді вузького паралельного пучка променів (рис. 2.8). На відстані УЗ-промені починають відхилятись на деякий кут θ із-за акустичного опору середовища.

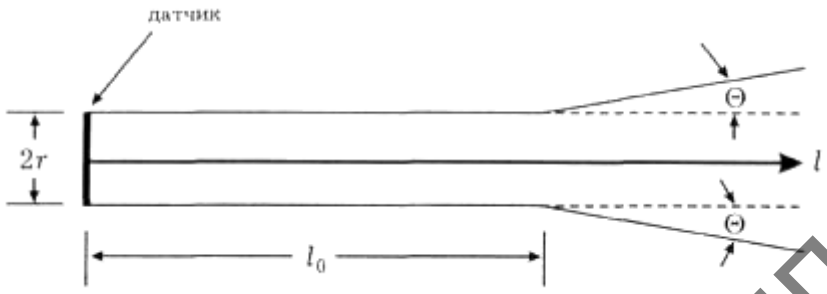

Рисунок 2.8 — Розповсюдження УЗ пучка

Відстань l_0 залежить від радіуса датчика і довжини хвилі:

$$l_0 = \frac{r}{\lambda}. \quad (2.1)$$

Так, наприклад, при використанні звичайного датчика діаметром 12 мм і частоти ультразвуку 2,22 МГц промені залишаються паралельними на відстані 6 см.

Отже, проаналізувавши різні режими роботи ультразвукових датчиків, а саме опозитний, дифузійний, рефлекторний. Визначено, що для діагностики патологічних станів щитовидної залози найкраще підходить рефлекторний режим роботи давача, оскільки дозволяє виявити розміщення патологічної зміни структури щитовидної залози відносно як її самої, так і відносно інших оточуючих тканин.

В подальшому дослідженні будемо опиратися саме на цей режим роботи УЗ давача.

Шмігіровська, К. В. РІ-71мп, 2018

3 ДОСЛІДЖЕННЯ АКУСТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПЕРЕТВОРЮВАЧА

3.1 Вибір та обґрунтування робочої частоти

Для медичної діагностики використовують діапазон частот від 0,3 МГц до 10 МГц. Чим більша частота, тим довжина хвилі менша, тим менший за розміром відбивач можна виявити.

Швидкість розповсюдження акустичної хвилі в тілі людини майже дорівнює швидкості розповсюдження у воді, тобто $C_{ОК}$=1500 м/с.

Відбиття ультразвукового сигналу від відбивача відбувається при умові, що середня довжина хвилі випромінювання менша або дорівнює лінійному розміру відбивача: *C*

$$d_{мін} \geq \lambda_{ок} = \frac{C_{ок}}{f}, \quad (3.1)$$

де $d_{мін}$ — розмір відбивача; λ — довжина хвилі; $C_{ок}$ — швидкість розповсюдження у воді; *f* — робоча частота.

Розгянемо допустимі значення розмірів відбивача та робочої частоти (таб. 3.1).

Таблиця 3.1 — Значення розмірів відбивача та робочої частоти

$d_{мін}$, мкм	1000	800	700	500	300	100
f, МГц	5	10	15	20	25	30

За формулою (3.1) знайдемо довжину хвилі, використовуючи допустимі значення частоти.

Отримані результати внесемо а таблицю 3.2

Таблиця 3.2 — Значення довжини хвилі

λ, мкм	300	150	100	75	60	50

Виходячи із формули (3.1) можемо зробити висновок, що нам підходе мінімальний розмір відбивача $d_{мін} = 5 * 10^{-4}$ (м)

Шмігровська К. В. РІ-71мп, 2018

Виберемо робочу частоту приладу *f=7.5* МГц. Тоді довжина хвилі в об'єкті контролю дорівнює:

$$\lambda = \frac{c}{f}, \tag{3.2}$$

де *c* — швидкість розповсюдження у воді;

f — робоча частота.

Отже, за формулою (3.2) довжина хвилі дорівнює $2 * 10^{-4}$ м. Вибрана частота нам підходить.

3.2 Розрахунок геометричних розмірів фазової антенної гратки

Матеріал для виготовлення геометричних розмірів фазової антенної гратки (ФАГ) вибираємо ЦТС-19, у якого:

$C_{ЦТС}$ =3.3·10 ^{3} м/с — швидкість розповсюдження ультразвукової хвилі;

$\rho_{ЦТС}$ =7.2·10 ^{3} кг/м^3 — питома густина ЦТС-19;

$Z_{ЦТС} = C_{ЦТС} \cdot \rho_{ЦТС} = 3.3 \cdot 10^3 \cdot 7.2 \cdot 10^3 = 23.76 \cdot 10^6$ (кг/м^2·с) — акустичний імпеданс.

Період гратки розраховується (щоб не було побічних максимумів) за формулою:

$$d = \frac{\lambda}{2} \tag{3.3}$$

Виходячи із формули (3.3) $d = 1 * 10^{-4}$ м.

Довжина ФАГ:

Глибина знаходження переважно < 20 мм, отже ближню зону перетворювача можна задати рівною приблизно 2 мм і виходячи з цієї умови можемо знайти довжину ФАГ:

$$L = \sqrt{4\lambda r_Б} \tag{3.4}$$

Виходячи із формули (3.4), довжина ФАГ дорівнює $6{,}5*10^{-3}$ м.

Ширина ФАГ:

$$l = \frac{L}{2} \tag{3.5}$$

Розраховуючи із формули (3.5), ширина ФАГ дорівнює $3{,}25 * 10^{-3}$ м.

Кількість елементів у гратці:

Шмігровська, К. В. РІ-71мп, 2018

$$n = \frac{L}{d} = 65. \quad (3.6)$$

Для більш зручної реалізації цифрової електричної схеми приймаємо кількість елементів гратки n =64.

Висота елементів гратки:

Висота елементів гратки визначається із розрахунку резонансного розміру цих елементів на першій гармоніці робочої частоти:

$$h = \frac{C_{ЦТС}}{2f} \quad (3.7)$$

Виходячи із формули (3.7), висота елементів гратки дорівнює $2{,}22 * 10^{-4}$ м.

Ширина пропилу ФАГ:

$$k = 0{,}2d. \quad (3.8)$$

Із формули (3.8), ширина пропилу ФАГ дорівнює $2 * 10^{-5}$ м.

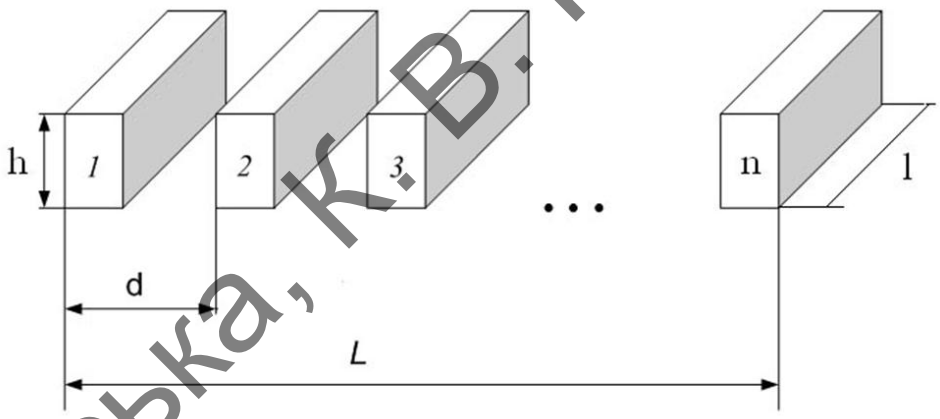

Рисунок 2.1 — Загальна схема фазованої антенної гратки

3.3 Розрахуноки акустичний параметрів

Акустичний тракт – шлях УЗ хвилі від випромінювача до приймача. Аналіз акустичного тракту полягає в складанні схеми, розрахунку звукових полів випромінювання - прийому з урахуванням характеристик акустичного тракту. Основним результатом розрахунку акустичного тракту є коефіцієнт послаблення акустичного тракту:

Шмігіровська, К. В. РІ-71мп, 2018

$$K_{\text{А.Т.}} = \frac{P_{\text{П}}}{P_{\text{В}}}, \qquad (3.3)$$

де $P_{\text{П}}$ і $P_{\text{В}}$ – акустичний тиск в приймальному та випромінюючому перетворювачах, який виникає в ході випромінювання – прийому.

Коефіцієнт акустичного тракту – числова величина. Формула акустичного тракту враховує променеву картинку, характеристики спрямованості випромінювання–прийому та структурну схему акустичного тракту (акустичні характеристики та розміри середовищ, через які проходить акустичний промінь).

Оптимізація акустичного тракту полягає в отриманні такого співвідношення між сигналом, що випромінюється (частота, характеристика спрямованості, довжина зондуючого імпульса та ін.) і характеристиками акустичного тракту (загасання звуку в об'єкті контролю, матеріал перетворювача, узгоджуючі шари, характеристики акустичного контакту, границі розподілу, розміри і характер дефектів та ін.), при якому коефіцієнт акустичного тракту досягає максимального значення, при цьому не погіршуються похибка вимірювання та вірогідність контролю.

Акустичний тракт є головним. Розрахунку акустичного тракту передує розробка його оптимальної схеми, в яку входить розробка променевої картини, тобто хода променів в об'єкті контролю від випромінювача до приймача з урахуванням типу хвиль, усіх границь розподілу, характеристик граничних середовищ та відбивача (дефекта). Схема акустичного тракту залежить від методу контроля, типу хвиль, характеристик середовищ проходження та від самого відбивача, від заданої похибки вимірювання та вірогідності контролю.

Методи відбиття (ехо-методи) — найбільш використовуються в ультразвуковому контролі. Всі акустичні тракти, притаманні ехо-методам, можна звести до кількох моделей для нормального і нахильного вводу.

Вхід ультразвуку в об'єкт як при прямому, так и при кутовому вводі може здійснюватися через акустичну лінію затримки. Розрахунок

Шмігровська, К. В. РІ-71мп, 2018

акустичного тракту зводиться до наступної моделі. В результаті електричного збудження випромінювача в ньому виникає внутрішня механічна напруженість, яка розглядається як акустичний тиск P_B в перетворювачі. Хвиля акустичного тиску, що виникла в перетворювачі, через границі розподілу розповсюджується в об'єкті контролю відповідно до характеристики спрямованості випромінювача. Дефект (відбивач), що знаходиться в акустичному полі випромінювача, стає вторинним випромінювачем зі своїм акустичним тиском характеристикою спрямованості. Тепер роль приймача виконує первинний випромінювач. Знаходження $P_П$ або $K_{A.T.}$ є головною метою розрахунку акустичного тракту. Остаточні розрахункові співвідношення коефіцієнта послаблення акустичного тракту залежать від розміру дефекту та його положення в характеристиці спрямованості випромінювання.

Об'єкт контролю в нашому випадку — багатошарова структура (шари біологічних м'яких тканин), з незначними відмінностями по імпедансам. Тоді можна знехтувати рефракцією, оскільки швидкості звуку в м'яких тканинах мало відрізняються. Тоді схема акустичного тракту (3.1) може бути приведена до базової розрахункової моделі.

Шмігіровська, К. В. РІ-71мп, 2018

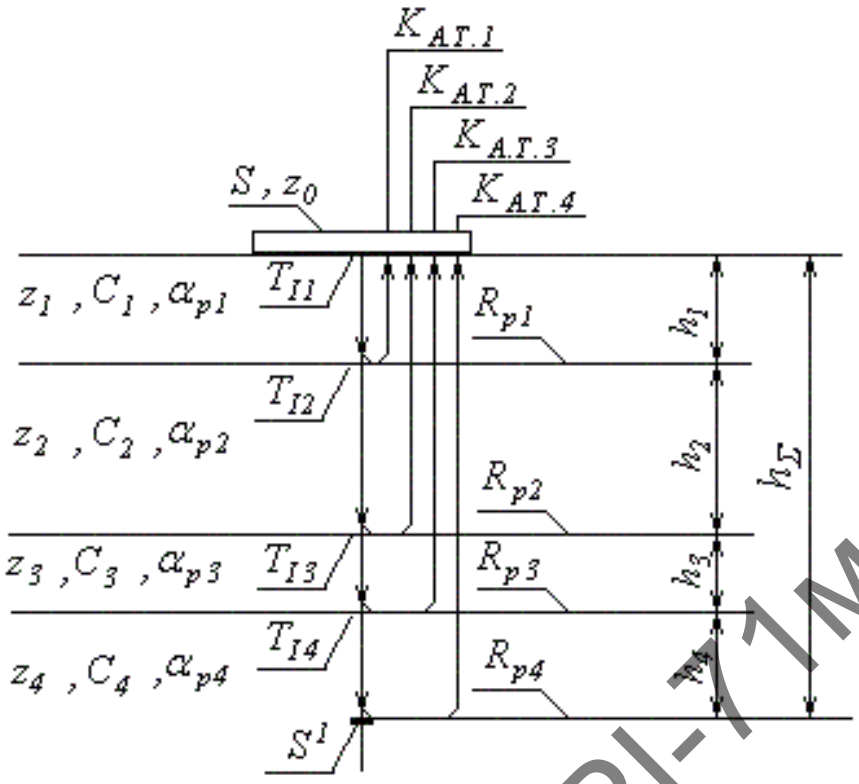

Рисунок 3.1 — Променева картинка та структурна схема

Розпишемо параметри, які зображені на рис. 3.1.

$K_{А.Т.}$ — коефіцієнт акустичного тракту; z_i — акустичний опір (імпеданс) *i*–го шару чи матеріалу п'єзоперетворювача, C_i — швидкість проходження ультразвуку в *i* шарі біологічного середовища; α_p — коефіцієнт загасання по тиску, T_i — коефіцієнти проходження по інтенсивності в межах поділу середовищ; S — площа пластини п'єзоперетворювачв; R_{pi} — коефіцієнти відбиття по тиску від меж *i*-го шару середовища; h_i — товщина *i*-го шару; h_Σ — глибина еяективного проходження акустичного променя.

Параметри біологічних тканин, які входять в акустичний тракт (акустичний імпеданс, коефіцієнт згасання та товщина шару) зведені в табл. 3.1 [10]

Таблиця 3.1 — Параметри біологічних тканин

Середовище	Z 10^6, Па·с/м	$\alpha_Р$, дБ/см	$\alpha_Р$, Нп/м	h, м

Шмігровська, К. В. РІ-71мп, 2018

Продовження таб. 3.1

1. Шкіра	1,5	3	0,346	0,002
2. Жирова тканина	1,4	0,6	0,069	0,01
3. М'язи	1,7	1,2	0,138	0,003
4. Щитовидна залоза	1,6	2,5	0,288	0,008

Розрахуємо коефіцієнт проходження по інтенсивності.

Коефіцієнт проходження по інтенсивності T_I розраховується за формулою:

$$T_{\mathrm{I}} = \frac{4z_1 z_2}{(z_1+z_2)^2}, \quad (3.4)$$

де z – імпеданс для кожного середовища.

За формулою (3.4) знайдемо коефіцієнт проходження по інтенсивності для кожного середовища.

Отримані результати зведемо в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 — Розрахунок коефіцієнта проходження по інтенсивності

Межа	Значення коефіцієнту проходження T_{i}
Жир – шкіра	0,999
Жир – м’язи	0,991
М’язи – щитовидна залоза	0,999

Розрахуємо коефіцієнт відбиття по тиску.

Коефіцієнт відбиття по тиску R_P розраховується за формулою:

$$R_{\mathrm{p}} = \frac{z_1-z_2}{z_1+z_2}, \quad (3.5)$$

де z — імпеданс для кожного середовища.

За формулою (3.5) знайдемо коефіцієнт відбиття по тиску для кожної межі.

Отримані результати зведемо в таблицю 3.3.

Шмігіровська, К. В. РІ-71мп, 2018

Таблиця 3.3 – Розрахунок коефіцієнту відбиття по тиску.

Межа	Значення коефіцієнту відбиття R_p
Жир – шкіра	0,034
М’язи – жир	0,097
Щитовидна залоза – м’язи	0,03

В таблицю 3.4 наведемо швидкість проходження акустичної хвилі в середовищах, через які проходить ультразвук.

Таблиця 3.4 — Швидкість проходження акустичної хвилі

Середовища	Швидкість проходження хвилі С, м/с
Шкіра	1540
Жир	1420
М’язи	1580
Щитовидна залоза	1560

Розрахуємо довжини хвиль в середовищах, через які проходить ультразвук.

Маючи робочу частоту f = 7,5 МГц, можемо знайти довжину хвиль в середовищах, через які проходить ультразвук.

$$\lambda_{\text{i}} = C_{\text{i}}/f, \tag{3.6}$$

де C_{i} – швидкість проходження хвилі,

f – робоча частота.

За формулою (3.6), знайдемо довжину хвиль в середовищах.

Отримані результати зведемо в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 — Довжина хвиль в середовищах

Середовище	Довжина хвиль λ, м
Шкіра	$2{,}053 \cdot 10^{-4}$
Жир	$1{,}893 \cdot 10^{-4}$

Шмігровська, К. В. РІ-71мп, 2018

Продовження таб. 3.5

М’язи	$2{,}107 \cdot 10^{-4}$
Щитовидна залоза	$2{,}08 \cdot 10^{-4}$

В УЗ інтроскопії від кожної границі розподілу м'яких тканин буде спостерігатись відбитий сигнал. Тобто, для кожної границі розподілу середовищ розраховують коефіцієнт акустичного тракту, причому в нашому випадку $S' << S$ та $h_{max} < r_б$.

де S' — площа відбивача

$$S' = \frac{\pi d^2}{4}, \tag{3.6}$$

де d — мінімальний розмір відбивача.

З формули (3.6), площа відбивача S' дорівнює $1{,}963 * 10^{-7}$ м^2.

Розрахуємо коефіцієнт акустичного тракту.

Коефіцієнт акустичного тракту розраховується за формулою:

$$K_{\text{А.Т.}} = 0{,}8 \frac{S'}{h\lambda} T_1 R_p e^{-2h\alpha p}, \tag{3.7}$$

де S' — площа відбивача, h — товщина шарів, λ — довжина хвилі, T_I — коефіцієнт проходження по інтенсивності, R_p — коефіцієнт відбиття по тиску.

За формулою (3.7), знайдемо коефіцієнти акустичного тракту для кожного середовища.

Отримані результати запишемо в таблицю 3.6

Таблиця 3.6 — Коефіцієнти акустичного тракту

Середовище	Коефіцієнт акустичного тракту, $K_{\text{А.Т}}$
Шкіра	$2{,}959 \cdot 10^{-3}$
Жир	$1{,}432 \cdot 10^{-3}$
М’язи	$1{,}157 \cdot 10^{-4}$
Щитовидна залоза	$9{,}518 \cdot 10^{-5}$

Шмігровська, К. В. РІ-71мп, 2018

Зробимо тепер розрахунки кутів заломлення при проходженні ультразвуку через різні біологічні шари.

Входження ультразвуку в біологічні тканини здійснюється приблизно під кутом від 30о до 45°. Це кути оптимального дослідження щитовидної залози.

Розглянемо на прикладі три кути заломлення, а саме: $\theta = 45^0$, $\theta = 30^0$, $\theta = 40^0$ на межу розподілу поверхні перетворювача і шкіри (без врахування контактної рідини) та оримані результати побачимо на графіку.

Межа шкіра – жир

Кут заломлення на межі: $\theta_{\text{шкіра}} = 45^0$

$$\frac{\theta_{\text{шкіра}}}{\theta_{\text{жир}}} = \frac{\sin\theta_{\text{шкіра}}}{\sin\theta_{\text{жир}}}, \tag{3.8}$$

де $C_{\text{шкіра}}$ — швидкість проходження ультразвуком шкіри,

$C_{\text{жир}}$ —швидкість проходження ультразвуком жирового прошарку,

$\theta_{\text{шкіра}}$ і $\theta_{\text{жир}}$ — кути відхилення ультразвуку від уявної осі перетворювача до заломлення (у шкірі) і після заломлення (у жировому прошарку).

$$\theta_{\text{жир}} = \arcsin\left[\frac{C_{\text{жир}}}{C_{\text{шкіра}}}\sin\theta_{\text{шкіра}}\right]. \tag{3.9}$$

Межа жир – м'язи

Кут заломлення на межі: $\theta_{\text{жир}} \approx 40{,}9^0$.

$$\theta_{\text{мязи}} = \arcsin\left[\frac{C_{\text{мязи}}}{C_{\text{жир}}}\sin\theta_{\text{жир}}\right]. \tag{3.10}$$

Межа м'язи – щитовидна залоза

Кут заломлення на межі: $\theta_{\text{жир}} \approx 46{,}66^0$.

$$\theta_{\text{щит.зал.}} = \arcsin\left[\frac{C_{\text{щит.зал.}}}{C_{\text{мязи}}}\sin\theta_{\text{мязи}}\right]. \tag{3.11}$$

Кут заломлення на межі $\theta_{\text{щит.зал.}} \approx 45{,}76^0$.

Отримані результати занесемо в таблицю 3.7.

Шмігровська, К. В. РІ-71мп, 2018

Таблиця 3.7 — Кути падіння

Межа	Кут заломлення, θ
Перетворювач – шкіра	45^0
Шкіра – жир	$40{,}9^0$
Жир – м'язи	$46{,}66^0$
М'язи – щитовидна залоза	$45{,}76^0$

При куті заломлення : $\theta_{\text{шкіра}} = 30^0$, будуть такі значення:

$$\theta_{\text{жир}} = \arcsin\left[\frac{C_{\text{жир}}}{C_{\text{шкіра}}}\sin\theta_{\text{шкіра}}\right]. \quad (3.9)$$

Межа жир – м'язи

Кут заломлення на межі: $\theta_{\text{жир}} \approx 27{,}4^0$.

$$\theta_{\text{мязи}} = \arcsin\left[\frac{C_{\text{мязи}}}{C_{\text{жир}}}\sin\theta_{\text{жир}}\right]. \quad (3.10)$$

Межа м'язи – щитовидна залоза

Кут заломлення на межі: $\theta_{\text{жир}} \approx 30{,}8^0$.

$$\theta_{\text{щит.зал.}} = \arcsin\left[\frac{C_{\text{щит.зал.}}}{C_{\text{мязи}}}\sin\theta_{\text{мязи}}\right]. \quad (3.11)$$

Кут заломлення на межі: $\theta_{\text{щит.зал.}} \approx 30{,}4^0$.

Отримані результати занесемо в таблицю 3.8

Межа	Кут заломлення, θ
Перетворювач – шкіра	30^0
Шкіра – жир	$27{,}4^0$
Жир – м'язи	$30{,}8^0$
М'язи – щитовидна залоза	$30{,}4^0$

При куті заломлення : $\theta_{\text{шкіра}} = 40^0$, будуть такі значення:

$$\theta_{\text{жир}} = \arcsin\left[\frac{C_{\text{жир}}}{C_{\text{шкіра}}}\sin\theta_{\text{шкіра}}\right]. \quad (3.9)$$

Межа жир – м'язи

Шмігровська, К. В. РІ-71мп, 2018

Кут заломлення на межі: $\theta_{\text{жир}} \approx 36{,}3^0$.

$$\theta_{\text{мязи}} = \arcsin\left[\frac{C_{\text{мязи}}}{C_{\text{жир}}}\sin\theta_{\text{жир}}\right]. \quad (3.10)$$

Межа м'язи – щитовидна залоза

Кут заломлення на межі: $\theta_{\text{жир}} \approx 41{,}2^0$.

$$\theta_{\text{щит.зал.}} = \arcsin\left[\frac{C_{\text{щит.зал.}}}{C_{\text{мязи}}}\sin\theta_{\text{мязи}}\right]. \quad (3.11)$$

Кут заломлення на межі: $\theta_{\text{щит.зал.}} \approx 40{,}6^0$.

Отримані результати занесемо в таблицю 3.8

Межа	Кут заломлення, θ
Перетворювач – шкіра	40^0
Шкіра – жир	$36{,}3^0$
Жир – м'язи	$41{,}2^0$
М'язи – щитовидна залоза	$40{,}6^0$

Виходячи з цих розрахунків, отримаємо графік залежності кутів заломлення від швидкості.

Шмігіровська, К. В. РІ-71мп, 2018

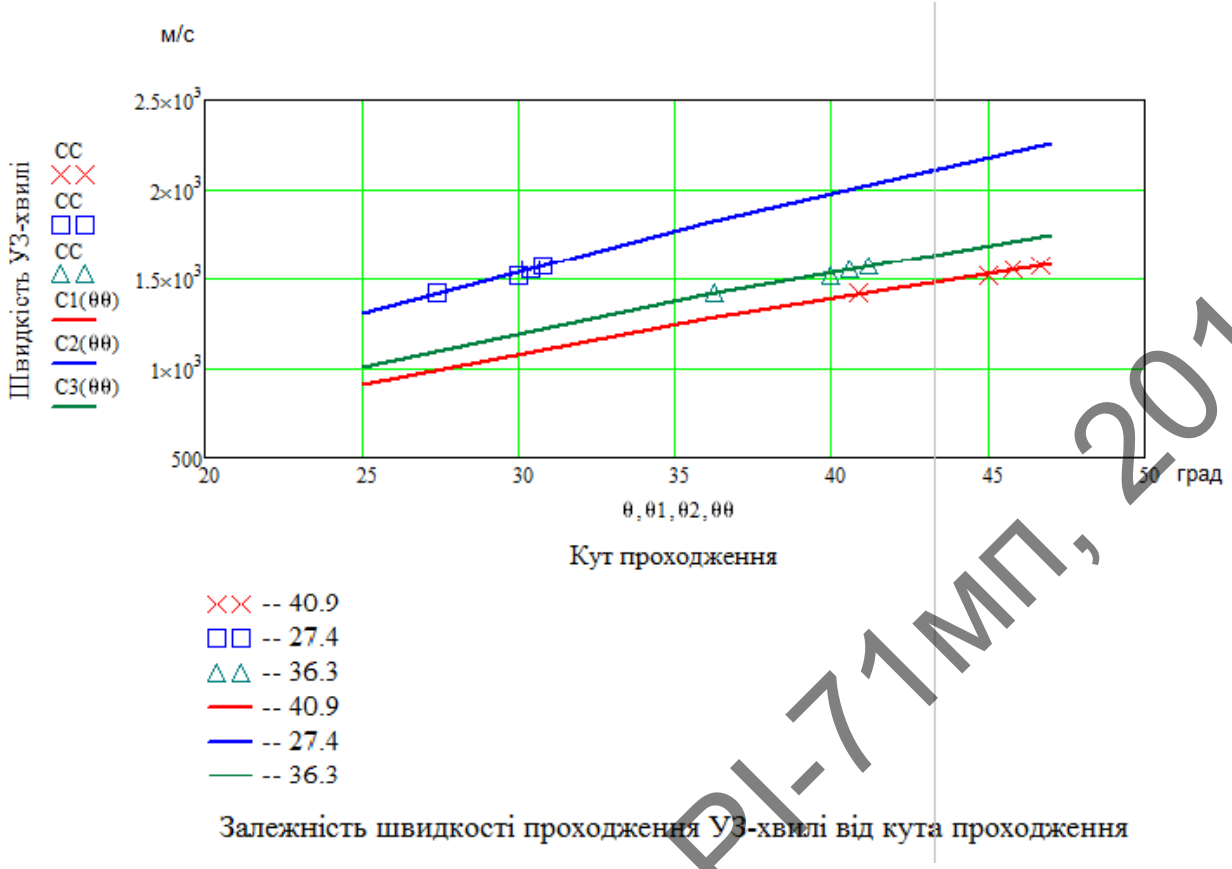

Рисунок 3.2 — Зміна кутів заломлення в різних середовищах

Розрахуємо параметри генератора зондуючих імпульсів

На рисунку 3.2 показано еквівалетну схему генератора зондуючих імпульсів. [10]

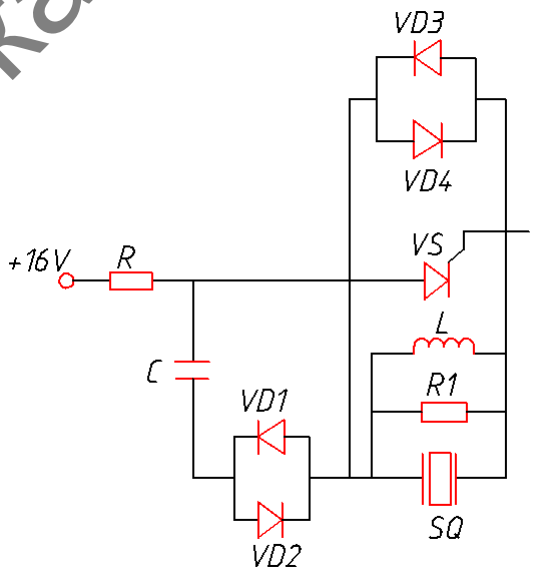

Рисунок 3.3 — Еквівалентна схема зондуючих імпульсів

Шмігіровська, К. В. РІ-71мп, 2018

Розраховуємо максимальне значення напруги, що можна подавати на перетворювач, користуючись формулою:

$$U_{\max} = 0{,}3E_{\max}h, \tag{3.12}$$

де, $E_{\max} = 3000$ В — максимальна пробивна напруга для п'єзакераміки ЦТС – 19, h=0,2 м — висота перетворювача.

Виходячи із формули (3.12), максимальне значення напруги, що може подавати на перетворювач дорівнює 180 В.

Значення напруги, яке необхідно подавати на генератор ударного збудження, розраховується за формулою:

$$E = \frac{U_{\text{випр}}}{0{,}4}, \tag{3.13}$$

де, $U_{\text{випр}} = 16$ В.

Виходячи з формули (3.13), напруга, яка подається на генератор дорівнює 40 В.

$U_{\text{випр}} \leq 0{,}4E$, тому що частково напруга конденсатора C перерозподіляється між елементами ланцюга. Для того, щоб не вивести перетворювач з ладу, необхідне виконання умови: $E < U_{\max}$. Маємо $40 \text{ В} < 180 \text{ В}$ — умова виконується.

Для того, щоб можливо було проводити сканування на всю глибину об'єкта контролю, період заряду має бути не менше, ніж

$\tau_{\text{зарядж}} > \tau_{\text{сі}} = 0{,}02 * 10^{-6}$ (с).

Для того, щоб процес зарядки виконувався за необхідний час, потрібно розрахувати значення резистора R. Значення ємності C рекомендується приймати невеликим. Вибиримо значення ємності C=4мкФ.

$$R = \frac{\tau_{\text{зарядж}}}{C}. \tag{3.14}$$

Виходячи із формули (3.14), значення резистора дорівнює 0,005 Ом.

Час розрядження ємності повинен бути набагато менше часу зарядження: $\tau_{\text{розрядж}} \ll \tau_{\text{зарядж}}$.

Шмігровська, К. В. РІ-71мп, 2018

Час розряду залежить від паралельно з'єднаних ємностей п'єзоперетворювача С та прямого опору тиристора *VS*.

Ємність п'єзоперетворювача розраховується за наступною формулою:

$$C_{\text{пеп}} = \varepsilon_0 \, \varepsilon_{\text{ЦТС}} \frac{S}{h}, \tag{3.15}$$

де, *S*=*Ll, h* — площа та лінійні розміри п'єзоперетворювача типу фазова антенна гратка (ФАГ).

Загальна ємність складає:

$$C_{\text{фаг}} = \frac{C_1 C_{\text{ПЕП}}}{C_1 + C_{\text{ПЕП}}}. \tag{3.16}$$

Виходячи із формули (3.16), загальна ємність $C_{\text{фаг}}$=3,81 нФ.

Прямий опір тиристора R_{vs}= 10 (Ом).

Час розряду:

$$\tau_{\text{розрядж}} = C_{\text{ФАГ}} R_{\text{vs}}). \tag{3.17}$$

Виходячи із формули (3.17), час розряду $\tau_{\text{розрядж}}$=38,1 (нс).

Відношення часу заряду до часу розряду складає:

$$\frac{\tau_{\text{зарядж}}}{\tau_{\text{розрядж}}}. \tag{3.18}$$

Розрахувававши формулу (3.18), відношення часу заряду до часу розряду $\frac{\tau_{\text{зарядж}}}{\tau_{\text{розрядж}}}$=0,00053.

Робоча частота п'єзодатчика складає 7,5 МГц і відповідно дорівнює:

$$f_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_{\text{ПЕП}}}}. \tag{3.19}$$

Звідки знайдемо індуктивність котушки L для заданої частоти:

$$L = \frac{1}{4\pi^2 f_{\text{ПЕР}} C_{\text{ПЕП}}}. \tag{3.20}$$

Виходячи із формули (3.20), індуктивність котушки для заданої частоти *L*=0,034 Гн.

Таким чином, ми визначили всі основні елементи та параметри генератора зондуючих імпульсів.

Висновок. В цьому розділі було досліджено акустичні параметри перетворювача. Була вибрана допустима робоча частота *f*=7,5 МГц та

Шмігіровська, К. В. РІ-71мп, 2018

мінімальний розмір відбивача $d_{\text{мін}} = 5 * 10^{-4}$ м. Було досліджено геометричні параметри давача та розраховано, для більш зручної реалізації цифрової електричної схеми, кількість елементів гратки в давачі n =64. Також досліджено коефіцієнти відбиття тиску для кожного середовища, а саме: в межі (жир – шкіра) — $R_p = 0{,}034$, (м'язи – жир) — $R_p = 0{,}097$, (щитовидна залоза – м'язи) — $R_p = 0{,}03$, також коефіцієнти проходження по інтенсивності в межі (жир – шкіра) — $T_i = 0{,}999$, (м'язи – жир) — $T_i = 0{,}991$, (щитовидна залоза – м'язи) — $T_i = 0{,}999$. Було проаналізовано кути заломлення в різних середовищах, а саме (перетворювач – шкіра) кут заломлення $\theta=45^0$,(шкіра – жир) — $\theta=40{,}9^0$,(жир – м'язи) — $\theta=46{,}66^0$, (м'язи – щитовидна залоза) — $\theta=45{,}76^0$, також досліджено коефіцієнти акустичного тракту в різних середовищах, а саме в середовищі шкіра $K_{\text{А.Т.}} = 2{,}959 * 10^{-3}$, жир — $K_{\text{А.Т.}} = 1{,}432 * 10^{-3}$, м'язи — $K_{\text{А.Т.}} = 1{,}157 * 10^{-3}$, щитовидна залоза — $K_{\text{А.Т.}} = 9{,}518 * 10^{-3}$. Досліджено довжину хвилі в середовищі шкіра, яка дорівнює $\lambda = 2{,}053 * 10^{-4}$ м, жир — $\lambda = 1{,}893 * 10^{-4}$ м, м'язи — $\lambda = 2{,}107 * 10^{-4}$ м, щитовидна залоза — $\lambda = 2{,}08 * 10^{-4}$ м.

Шмігіровська, К. В. : РІ-71мп, 2018

4 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП ПРОЕКТУ

Стартап як форма малого ризикового (венчурного) підприємництва впродовж останнього десятиліття набула широкого розповсюдження у світі через зниження бар'єрів входу в ринок (із появою Інтернету як інструменту комунікацій та збуту стало простіше знаходити споживачів та інвесторів, займатись пошуком ресурсів, перетинати кордони між ринками різних країн), і вважається однією із наріжних складових інноваційної економіки, оскільки за рахунок мобільності, гнучкості та великої кількості стартап-проектів загальна маса інноваційних ідей зростає.

Проте створення та ринкове впровадження стартап-проектів відзначається підвищеною мірою ризику, ринково успішними стає лише невелика частка, що за різними оцінками складає від 10% до 20%. Ідея стартап-проекту, взята окремо, не вартує майже нічого: головним завданням керівника проекту на початковому етапі його існування є перетворення ідеї проекту у працюючу бізнес-модель, що починається із формування концепції товару (послуги) для визначеної клієнтської групи за наявних ринкових умов.

Розроблення та виведення стартап-проекту на ринок передбачає здійснення низки кроків, в межах яких визначають ринкові перспективи проекту, графік та принципи організації виробництва, фінансовий аналіз та аналіз ризиків і заходи з просування пропозиції для інвесторів. Узагальнено етапи розроблення стартап-проекту можна подати таким чином.

Метою розділу є формування інноваційного мислення, підприємницького духу та формування здатностей щодо оцінювання ринкових перспектив і можливостей комерціалізації основних науково-технічних розробок, сформованих у попередній частині магістерської дисертації у вигляді розроблення концепції стартап-проекту в умовах висококонкурентної ринкової економіки глобалізаційних процесів.

Шмігіровська, К. В. РІ-71мп, 2018

Завдання:

a) продемонструвати знання:

− сутності та особливостей ринку інноваційної продукції, його інституціональних складових;

− алгоритму комерціалізації науково-технічних рішень та розробок;

особливостей поведінки споживачів інноваційної продукції;

− засад, етапів та принципів маркетингового ситуаційного аналізу ринку;

− основних груп ринкових факторів, що формують можливості та загрози для реалізації стартап-проекту;

− засади пошуку інформації для проведення ринкового аналізу;

− потенційно можливі джерела фінансування стартап-проекту, їх сильні та слабкі сторони;

− складові та алгоритм розробки ринкової стратегії стартап-проекту.

b) продемонтсувати уміння:

− використовувати ринково-орієнтований економічний підхід до вирішення науково-технічних завдань;

−аналізувати ринкове середовище для стартап-проектів із зазначенням факторів впливу;

−будувати ієрархію факторів із зазначенням сутнісних зв'язків між ними, міри та характеру впливу на стан ринку науково-технічних інноваційних розробок;

−розробляти заходи з комерціалізації стартап-проекту;

−формувати систему складових маркетингової стратегії для стартап-проектів;

−управління взаємодією учасників стартап-проекту.

−визначати доцільні форми впливу стартап-компанії на ринок відповідно до проведеного аналізу стану ринку із урахуванням специфіки його функціонування.

Шмігіровська, К. В. РІ-71мп. 2018

−проводити порівняльний аналіз переваг та недоліків різних стартап-проектів.

4.1 Обгрунтування сутності стартап проекту

Розглянувши сучасні апарати ультразвукової діагностики, зокрема датчики, що представлені на ринку та мають дуже широкий спектр типів перетворювачів, в залежності від області діагностичного застосування. Проте ультразвукові перетворювачі існуючих технічних засобів діагностики здебільшого працюють у вузькому частотному діапазоні, що призводить до втрати точності ідентифікації сигналів, які відбилися від неоднорідностей структур об’єкту. Таким чином, знижується достовірність діагностичної інформації.

Таблиця 4.1 – Опис ідеї стартап проекту

Зіст ідеї	Напрями застосування	Вимоги для користування
Пропонується медика підвищення точності характеристик акустичних параметрів перетворювачів ультразвукової діагностики щитовидні залози	Медицина	Користувач отримує просте застосування, високу точність, надійність, можливість візуалізації, можливість визначення дефектів.
	Інженерія	
	Біоінженерія	

Метод дослідження проекту необхідно проводити за допомогою теоретичних, практичних розрахунків.

Основною відмінністю даного методу полягає у використанні в конструкції ультразвукового датчику діагностичної системи перетворювача, конструкція якого передбачає покращення ультразвукового випромінювання.

Шмігіровська, К. В. РІ-71мп, 2018

Аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї (чим відрізняється від існуючих аналогів та замінників) порівняно із пропозиціями конкурентів передбачає:

1. визначення переліку техніко-економічних властивостей та характеристик ідеї;

2. визначення попереднього кола конкурентів (проектів-конкурентів) або товарів-замінників чи товарів-аналогів, що вже існують на ринку, та проводиться збір інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї власного проекту та проектів-конкурентів відповідно до визначеного вище переліку;

3. проводиться порівняльний аналіз показників: для власної ідеї визначаються показники, що мають а) гірші значення (W, слабкі);
б) аналогічні (N, нейтральні) значення; в) кращі значення (S, сильні)
(табл. 4.2).

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

№	Техніко – економічні характе-ристики ідеї	Склад показників товару		W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	Конкуренти			
1	2	3		4	5	6
1	Надійність	Безвідмовність, довговічність, ремонтнопридатність		–	+	+
		Стабіль-ність	–			

Шмігіровська, к. В. РІ-71мп, 2018

2	Економіч-ність	Вартість обслуговування, експлуатація, утилізація, ремонт, знижки		–	+	–
		–	Витратні матеріал			
3	Частотна стабіль-ність випромі-нювання	Досить стабільна	Висока стабільність, відсутність резонансних явищ	–	+	–
4	Достовір-ність резудьтатів	Висока достовірні сть, більш широка полоса пропуска-ння	Середня, залежить від правильно підбраного кута	+	–	–
5	Безпека	Ізоляція, аварійна сигналізація, електрична міцність		–	+	–
6	Екологічніс ть	Збереження, експлуатація		–	+	–

Шмігіровська, К. В. РІ-71мп, 2018

Отже, виходячи з наведеного переліку слабких, сильних та нейтральних характеристик і властивостей ідеї потенційного товару можна дійти до висновку про конкурентоспроможність запропонованого методу. Необхідність використання додаткових засобів для стабілізації вихідного сигналу випромінювання та необхідності додаткового врахування дифракційних явищ на перетинах зон перетворювача, компенсуються можливістю динамічного де фокусування та можливість використання декількох фокальних площин в поєднанні з широкою полосою пропускання надає широкий спектр можливостей використання датчику з високою достовірністю отриманої діагностичної інформації.

4.2 Технологічний аудит ідеї проекту

В межах даного підрозділу необхідно провести аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею проекту (технології створення товару). Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз таких складових (табл. 4.3):

- за якою технологією буде виготовлено товар згідно ідеї проекту?
- чи існують такі технології, чи їх потрібно розробити/доробити?
- чи доступні такі технології авторам проекту?

Таблиця 4.2 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявість технологій	Доступність технологій
1	Дослідження залежності якості даних від ширини пропускання	Лабораторна установка, використання комп'ютерного програмного забезпечення	Лабораторна установка розроблена, програмного забезпечення	Методика описання в літературі

Шмігіровська К. В. РІ-71мп, 2018

Продовження таб. 4.2

2	Встановлення аналітичної залежності	Лабораторна установка	Розроблена	Доступна
3	Загальна доступність методики датчиків	Лабораторна установка	Розроблена	Доступна
4	Розробка приладу, на основі проведених досліджень	Механічна обробка, електричний монтаж елементів	Технологія розроблена	Відносно доступні

Згідно з даними з таблиці 3 маємо можливість зробити висновок, що можливість технологічної реалізації даного проекту достатньо висока, технології що використовуються при розробці даного продукту відносно доступні. Важливо зауважити, що розробляємо установка є експериментальною і при впровадженні її в якості приладу буде потребувати тестувань та доопрацювань.

4.3 Анвліз ринкових можливостей запуску стартап проекту

Визначення ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту, дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів. Спочатку проводиться аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку (табл. 4.4). Результат аналізу даної таблиці дає змогу зробити висновки, що вітчизняний ринок медичної апаратури за попереднім оцінюванням, при умові наявності

Шмігровська, К. В. РІ-71мп. 2018

необхідного пакету документів, сертифікованого дозволу на впровадження медичних досліджень.

Таблиця 4.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап проекту

№ п/п	Показники стану ринку	Характеристика
1	Кількість головних гравів, од.	«Aloka» (Японія); «SonoSite» (США); «SonoScape» (Китай).
2	Загальний обсяг продаж, грн.	8600 тисяч грн
3	Динаміка ринку	Стагнує
4	Наявність обстежень для входу	Якісна апробація матеріалів
5	Спеифічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Дозвіл на медичні дослідження.Вимоги щодо безпечності та нешкідливості.
6	Середня норма рентабельності в галузі, %	48

Що є досить привабливим для входження: високий попит споживачів на продукцію вітчизняного виробництва, через більш привабливу ціну і майже відсутня відчізняна конкуренція, відносна відсутність обмежень для входу,середня норма рентабельності більша ніж банківський відсоток. Надалі визначаються потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формується орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (табл. 4.5).

Шмігровська, К. В. РІ-71мп, 2018

Таблиця 4.5 –Характеристика потенційних клієнтів стартап проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія	Відмінності у поведіні різних потенційних цільових клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Забезпечує високу точність виміру основних параметрів Достовір-ність діагностич-ної інформації	Особи, які зацікавленні у діагностичних дослідженнях; діагностичні центри; лікувальнопрофілакти чні, медичні установи; реабілітаційні центри; науково-дослідні установи. Діагностичні центри; лікарні, лікувальнопрофілакти чні,медичні установи; реабілітаційні центри.	Основні критерії, що впливають на поведінку потенційних клієнтів: Якість продукту; Наявність необхідної дозвільної документації (відповідність стандартам, сертифікати відповідності (якості), тощо); сумісність з апаратами; Гарантійний супровід, сервіс; доступність; точність; легкість у використанні та встановленні; рівень реклами; рентабельність	Високий показник «ціна/якість ». Гарантійні зобов'язан-ня. Належний рівень сервісу.

Шмігіровська, К. В. РІ-71мп, 2018

Продовження таб. 4.5

3	Уніфікація для різних типів діагностики	Діагностичні центри; лікарні, лікувальнопрофілактичні, медичні установи; реабілітаційні центри; науково-дослідні установи. Індивідуальні споживачі.	Доступність; Точність; Легкість у використанні; Рівень реклами; Особливості сумісності з апаратами; Рентабельність.	Випробувана продукція (клінічні/до клінічні дослідження); Високий рівень сервісу.
4	Доступність кожному пацієнту	Індивідуальні споживачі.	Швидкість отримання результатів; Особливості експлуатації; Особливості діагностичного впливу; Рівень реклами.	Запатентована методика; Доказова база; Компанія з відомим ім'ям
5	Розробка приладу, на основі проведених досліджень	Діагностичні центри; лікарні, лікувальнопрофілактичні, медичні установи; реабілітаційні центри; науково-дослідні установи	Особливості діагностичного впливу; Особливості експлуатації; Особливості встановлення; .	Запатентована конструкція Доказова база.

Шмігіровська, К. В. РІ-71мп, 2018

Проаналізувавши основні вимоги ЦА приладу маємо змогу дійти висновку, що запропонована конструкція майже в повній мірі їх задовольняє. Основною аудиторією виступають медичні та діагностичні центри, оскільки основні переваги приладу над конкурентами будуть помітні скоріше у медичних установах широкого спектру, аніж при індивідуальному використанні. Після визначення потенційних груп клієнтів проводиться аналіз ринкового середовища: складаються таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому перешкоджають (табл. № 4.6 − 4.7). Фактори в таблиці подавати в порядку зменшення значущості. При аналізі факторів загроз можна дійти висновку , що найбільшу небезпеку представляють фактор появи нових фірм конкурентів або/та фактор появи нових технологій в галузі.

Таблиця 4.5 – Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Нові фірми конкуренти	Збільшення конкурентоздатної продукції на ринку	Вдосконалення маркетингової діяльності, покращення товару;
2	Зниження попиту на продукцію	Неактуальність товару	Маркетингова та рекламна діяльність, зниження ціни товару.

Шмігіровська, К. В. РІ-71мп, 2018

Продовження таб. 4.5

3	Нові технології	Неактуальність товару	Покращення та актуалізація технології товару, зміна технології виготовлення
4	Достовірність результатів	Не точність результатів	Удосконалення методики, можливо перехід на нову
5	Технічне обслуговування	Наявність не уніфікованих елементів	Використання уніфікованих елементів
6	Сумісність	Не сумісність з УЗІ приладами	Розробка сумісних датчиків з різними УЗІ апаратами

Поява принципово нової конструкції перетворювача, або фірми конкурента, що використовує аналогічну методику вірогідно може знизити попит на прилад з запропонованою конструкцією та знизити його ринкову вартість.

Таблиця 4.7 – Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливостей	Можлива реакція компанія

Ї

Шмігровська, К. В. РІ-71мп, 2018

Продовження таб. 4.7

1	Високий попит на продукцію	Доцільно збільшити обсяг виробництва та товарообіг	Збільшення одиниць товару, впровадження різних модифікацій товару.
2	Відсутність аналогів на ринку	Можливість утримання монополії в сегменті ринку	Підвищення ціни товару, можливість збільшення товарного асортименту.
3	Потреба в доступній методиці	Уніфікація перетворювача для різних типів діагностики	Розробка у напрямку уніфікації перетворювачів
4	Зростання рівня доходів населення	Підвищення рівня товарообігу, підвищення ціни	Збільшення асортиментних одиниць товару, підвищення ціни.
5	Впровадження нових технологій	Якісне покращення основних параметрів продукту	Підвищення попиту та ціни

Виходячи з даних наведених в таблиці 4.7 робимо висновок, що відсутність аналогічного товару на ринку та його висока якість може дати змогу нівелювання необхідність у сильній маркетинговій діяльності,

Шмігіровська, К. В. РІ-71мп, 2018

основою маркетингової діяльності може бути сам продукт. Також відсутність аналогів дає змогу отримання монополії на певний час. Оскільки ринок технологій розвивається досить швидко, є необхідність постійного вдосконалення технології, щоб не втратити свої позиції при появі конкурентів. Надалі проводиться аналіз пропозиції: визначаються загальні риси конкуренції на ринку (табл. 4.8).

Таблиця 4.8 – Ступеневий аналіз конкуренії на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства
Чиста конкуренція	Встановлений рівень цін на категорію товару, відсутність впливу ланок на ціну товару	Концентрація діяльності підприємств на якісні показники товару.
Національна конкуренція	Між компаніями всередині країни.	Варіація об’ємів виробництва, співпраця з мережами медичних закладів та з мережами продажу.
Внутрішньогалузева конкуренція	Конкурентна боротьба між підприємствами в межах однієї галузі.	Формування ринкової вартості товару.
Товарно-видова конкуренція	Конкуренція між товарами одного виду	Унікальність товарної пропозиції; створення гілки модифікацій з розширеним функціоналом.

Шмігровська, К. В. РІ-71мп, 2018

Продовження таб. 4.8

Нецінова конкуренція	Вдосконалення якості товару, умов її продажу, після продажне обслуговування.	Зміни на виробництві; додаткові витрати, підвищення рівня довіри клієнтів.
Марочна конкуренція	Конкурентні компанії, які пропонують подібний продукт.	Концентрація діяльності на якісну зміну продукту чи на маркетинговій діяльності при конкурентній якості товару. Створення власної торгової марки. Можливо зниження цін на товар.

За результатами аналізу таблиці 4.8 можна зробити висновок, що запропонована конструкція демонструє високу конкурентоспроможність. Найбільш небезпечними бачаться товарно-видова, нецінова та марочна конкуренція. При достатній якості та актуальності товару необхідно приділити увагу маркетинговій діяльності та розширити спектр взаємодії з клієнтом, щоб підвищити рівень довіри та лояльності клієнтів, та якісно виділити товар в порівнянні з конкурентами. Оскільки товари аналоги довше на ринку, а фірми, що їх виготовляють з урахуванням довгого перебування на ринку мають досить високий рівень довіри клієнтів.

Після аналізу конкуренції проводиться більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі (за моделлю 5 сил М. Портера, додаток А) (табл. 4.9). За результатами аналізу таблиці 4.9 можна зробити висновок, що в даного проекту є всі можливості роботи на ринку, враховуючи середню інтенсивність конкуренції, майже повна відсутність відчізняного аналогу.

Шмігровська, К. В. РІ-71мп, 2018

Таблиця 4.9 – Аналіз конкуренії в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товарозамінники
	Дистриб'ютори іноземних медичних приладів в Україні	Патенти на Продукти. Гнучкі ціни; Законодавчі обмеження; Розміри капіталовкладень; Доступ до інформаційних ресурсів.	Дифеенціації витрат; Змінні витрати постачальників; Обсяги поставок; Концентрація постачальників;	Обсяг закупівель; Контроль якості; Змінні витрати; Система інформації; Прибутки;	Ціна; Змінні витрати; Лояльність споживачів
	Середня інтенсивність	Є можливості входу в ринок. Є потенційні конкуренти. Строк виходу на ринок орієнтовно один рік.	Вартість товару постачальника, умови поставки	Умови експлуатації та якість продукції	Без обмежень

Також проект повинен якісно відрізнятися від проектів-конкурентів (забезпечувати високу точність, широкий спектр використання, бути доступним споживачам). На основі аналізу конкуренції, проведеного (табл. 4.9), а також із урахуванням характеристик ідеї проекту (табл. 4.2), вимог споживачів до товару (табл. 4.5) та факторів маркетингового середовища

Шмігіровська, К. В. РІ-71мп, 2018

(табл. № 4.6 – 4.7) визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності. Аналіз оформлюється за табл. 4.10.

Таблиця 4.10 – Обгрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Висока точність отриманих результатів	Висока точність достовірності діагностичної інформації, яка підтверджується якісними аналітичними розрахунками.
2	Уніфікація для різних типів діагностики	Дає можливість використання одного датчику для різних типіх діагностики.
3	Доступність пацієнтам	Дає можливість використовувати індивідуальним споживачам
4	Простота реалізації	Забезпечується використанням існуючих методів діагностики.
5	Достовірність діагностичної інформації	Покращена конструкція перетворювача підвищує достовірність діагностичної інформації
6	Технічне обслуговування	Величина значення напрацювання на відмову вище середньої для даного класу обладнання.

На основі аналізу, таблиці 4.10 можна зробити висновок, що запропонована конструкція має ряд досить суттєвих факторів які будуть гарантувати і формувати її конкурентоспроможність. Найважливіші з них є висока точність діагностичної інформації, оскільки вони є основною унікальної товарної пропозиції проекту.

За визначеними факторами конкурентоспроможності (табл. 4.10) проводиться аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту (табл. 4.11).

Шмігіровська, К. В. РІ-71мп., 2018

За даними таблиць 4.10 та 4.11 можна зробити висновок, що даний проект має достатню кількість сильних сторін і є конкурентоспроможним. Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу (матриці аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) (табл. 4.12) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін (табл. 4.11).

Таблиця 4.11 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін «Ультразвукової діагностики»

№ п/п	Фактор конкурентосмпроможності	Бали 1– 20	Рейтинг товарів конкурентів в порівнянні з «SonoScape»						
			–3	–2	–1	0	1	2	3
1	Висока точність отриманих результатів	18						+	
2	Уніфікація для різних типів діагностики	15					+		
3	Доступність пацієнтам	11				+			
4	Простота реалізації	15					+		
5	Достовірність діагностичної інформації	12				+			
6	Технічне обслуговування	11				+			

Перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складається на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками (прогнозованими результатами) впливу факторів, і, на відміну від них, ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення. Наприклад: зниження доходів потенційних споживачів – фактор загрози, на основі якого можна зробити прогноз щодо посилення значущості цінового

Шмігіровська, К. В. РІ-71мп, 2018

фактору при виборі товару та відповідно, – цінової конкуренції (а це вже – ринкова загроза).

Таблиця 4.12 – SWOT- аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: Розширена полоса пропускання; запатентована методика; можливість отримання декількох фокальних площин одночасно; величина значення напрацювання на відмову (для розробленого приладу) вище середньої для даного класу обладнання; висока точність діагностичної інформації.	Слабкі сторони: початківець на ринку; відсутність лояльної аудиторії на ринку; вузька спеціалізованість; необхідність тонкої наладки частотних характеристик при виробництві; не досконаліть методики; можливість поломок;
Можливості: конкурентоспроможність; надовго закріпитись на ринку товарів; інвестування іноземних компаній; модифікація існуючих апаратів та створення нових; розширення гілки товарів; можливість створення монополії.	Загрози: Політична ситуація в країні; соціально-економічна ситуація в країні; вихід на ринок аналогічного товару; розвиток новітніх технологій; зріст конкуренції на ринку; дешевий імпорт; збільшення конкуренції на ринку медичної апаратури; зниження попиту на ринку.

На основі SWOT-аналізу розробляються альтернативи ринкової поведінки (перелік заходів) для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок (див. табл. 4.9, аналіз потенційних конкурентів). Альтернативи ринкового впровадження основі SWOT-аналізу наведені в таблиці 4.13. Визначені альтернативи аналізуються з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів. На основі аналізу, таблиці 4.13 можна зробити висновок: з зазначених

Шмігровська, К.В. РІ-71мп, 2018

альтернатив обираємо першу альтернативу. Для даної альтернативи отримання ресурсів є найбільш надійним, не дивлячись на строки реалізації, оскільки фірма новачок на ринку, для закріплення на ринку та формування довіри споживачів неодмінно потрібен операційний час, у будь-якому з варіантів. Зменшення ланок при заходженні нового продукту зменшує ціну товару для конечного споживача, чи збільшує маржинальність, та зменшує часові затримки отримання грошей з продажів, зменшується «провисання» грошей у посередників чи у надлишковому продукті, що для компанії, яка тільки виходить на ринок велика перевага.

Таблиця 4.13 – Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтованій комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Залучення споживачів — робити ставку на прямі продажі, рекламу, маркетингову роботу, робота над цінністю продукту, стимулювання кінцевих споживачів з метою створення стійкого попиту на товар. Спроба формування частини прибутку через прямі продажі.	Ймовірність висока, дана альтернатива може виявиться ефективною, є можливість відмови від ланки дистрибуції, що дозволить стримувати ціну продукту на задовільному рівні, що допоможе зайти на ринок в досить короткий період. Якщо прямі продажі до споживача будуть мати достатній об’єм, подальше розширення	1 рік

Шмігіровська, К. В. РІ-71мп, 2018

		збуту через збільшення кількості посередників для збільшення взаємодії споживачів з продуктом з меншою маржинальністю чи можливим подорожчанням продукту для задовільненя рівня рентабельності. Прямі продажі без ланок дозволить компенсувати витрати при дистрибьюції на необхідному рівні рентабельності.	
2	Встановлення первинної ціни з високою маржинальністю, на новий товар, щоб поступово отримати максимальний прибуток з усіх сегментів ринку. Це забезпечує компанії менші обсяги продажу за більшого прибутку з одиниці продукту, схема доволі ефективна при початку	Ймовірність середня, оскільки УТП продукту є інноваційним та є маркетинговою основою, якість продукту висока, при комплексній маркетинговорекламній діяльності є можливість отримання швидких результатів.	9 місяців

Шмігіровська, К. В. РІ-71мп, 2018

	виробництва, коли обсяги виробництва невеликі.		
3	Встановлення чесної низької ціни на товар, з задовільним рівнем маржинальності, що буде нижче, або значно нижче за середньориночну ціну.	Ймовірність досить висока, оскільки даний проект має велику кількість переваг, є інноваційним, що в поєднанні з доступною низькою ціною може створити великий попит серед споживачів, але це може викликати подальші проблеми з позиціонуванням бренду, може створити проблему при бажанні випуску продукту з ціною вище риночної. Загалом демпінг цін може призводити до 7 місяців 118 поступової закономірної зменшенні ринкової ціни на товари в сегменті.	7 місяців

Що в комплексі з маркетинговою діяльністю, залучення більшої кількості аудиторії покупців і швидкого збільшення частки на ринку, подальше збільшення кількості продажів також можливо через відкриття

Шмігіровська, К. В. РІ-71мп, 2018

каналів дистрибьюції. Важливо розуміти, що ефективність продажів через посередників напряму залежить від рекламної та маркетингової роботи бренду, що є основою цієї альтернативи ринкової поведінки і може принести великі результати.

4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (табл.4.14).

Таблиця 4.14 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтований попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу в сегмент
1	Медичні, діагностичні установи усіх форм власності	Готові, за умови наявності доказової бази та дозвільних документів	40-60%	Середня інтенсивність	Наявні обмеження
2	Інститути, зацікавлені у медичних, біофізичних дослідженнях	Готові, за умови наявності доказової бази	30-35%	Висока інтенсивність	Наявні обмеження

Шмігровська. К. В. РІ-71мп, 2018

Продовження таб. 4.14

3	Науково-дослідні установи, інститути, зацікавлені у медичних, біофізичних дослідженнях	Готові, за умови наявності доказової бази	30-35%	Висока інтенсивність	Наявні обмеже-ння
Які цільові групи було обрано: Медичні, діагностичні установи усіх форм власності.					

За результатами аналізу потенційних груп споживачів попит може виникнути у медичних та діагностичних центрах та науково-дослідних установах. Медичні та діагностичні установи будуть зацікавлені в підвищенні якості сигналу та зменшенні кількості необхідних датчиків для різних типів діагностики, один датчик може заміняти декілька, що гарантується конструкційною особливістю датчику. Для науково-дослідних установ найбільшу цікавість буде представляти точність та якість отриманої діагностичної інформації. Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку (табл. 4.15).

Таблиця 4.15 – Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспромо жності позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*

Шмігровська, К. В. РІ-71мп, 2018

Продовження таб. 4.15

1	Залучення споживачів — робити ставку на прямі продажі, рекламу, маркетингову роботу, робота над цінністю продукту, стимулювання кінцевих споживачів з метою створення стійкого попиту на товар. Спроба формування частини прибутку через прямі продажі.	Стратегія диференційо-ваного маркетингу	Комплексний підхід; Універсальність; Висока точність результатів; Простота використання	Стратегія диференціа-ції.

В якості базової стратегії розвитку обрано стратегію диференціації з встановлення низької ціни на новий товар, оскільки для входження нового товару на ринок це най ефективніший спосіб залучення більшої кількості покупців завоювання великої частки ринку. Відмінних ознак відповідно до потреб певної аудиторії приладу можна надати за рахунок обмеження функціоналу приладу і як результат здешевлення виробництва за рахунок використання уніфікованих плат для повної та спрощеної версій. Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (табл. 4.16).

Шмігровська, К. В. РІ-71мп, 2018

Таблиця 4.16 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, аби забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурентів, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
1	так	Частково нові споживачі	ні	Стратегія заняття конкурентної ніші

В якості конкурентної стратегії обрано стратегію заняття конкурентної ніші або стратегію фахівця, оскільки проект є «першопрохідцем» на ринку і займає досить специфічну нішу між діагностичними медичними та медичними науково-дослідними установами, що у купі з високими вимогами до точності та безпечності приладу в даному сегменті малопривабливою для конкурентів. На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника (стартап-компанії) та до продукту (див. табл. 4.5), а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку (табл. 4.15) та стратегії конкурентної поведінки (табл. 4.16) розробляється стратегія позиціонування (табл. 4.17). що полягає у формуванні ринкової позиції (комплексу асоціацій), за яким споживачі мають ідентифікувати торгівельну марку/проект.

Шмігровська, К. В. РІ-71мп, 2018

Таблиця 4.17 – Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Забезпечує високу точність діагностичної інформації; Дає можливість динаміного дефокусування; Доступність пацієнтам.	Стратегія диференціації	Комплексний підхід; Мобільність; Висока точність результатів; Доступність пацієнтам;	За показниками якості; За сферою застосування; За різновидом товару.

Фірма буде позиціонуватись як фахівець у вузькій галузі основні акценти будуть зроблені на точність виміру діагностичної інформації, можливості динамічного де фокусування, що значно розширює можливості використання 1 го датчику. При цьому випуск спрощених моделей дозволить охопити аудиторію зацікавлену в дешевшому чи індивідуальному використанні.

4.5 Розроблення маркетингової програми стартап проекту

Першим кроком є формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач. Для цього у табл. 4.18 потрібно підсумувати результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару

Шмігровська, К. В. РІ-71мп, 2018

Таблиця 4.18 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вимога, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Точність	Забезпечує високу точність діагностичної інформації.	Забезпечує високу точність діагностичної інформації завдяки конструкції п’єзоелектричного відчутника.
2	Доступність	Доступність клієнтам	Чесна ціна.
3	Універсальність	Використання датчику у різних типах досліджень.	Можливість заміни декількох датчиків одним.

До продукції в даному сегменті ринку висувають п’ять основних вимог і проведення діагностики датчиком за запропонованою методикою конструкції задовольняє їх усі. Точність вимірів досягається за рахунок використання відчутника з формою зональної лінзи. Точність діагностичної інформації забезпечується розширеною полосою пропускання. Чесна ціна обумовлена стратегією конкурентної поведінки фірми. Методика захищена від копіювання патентом. Надалі розробляється трирівнева маркетингова модель товару: уточнюється ідея продукту та/або послуги, його фізичні складові, особливості процесу його надання (табл. 4.19).

Шмігровська, К.В. РІ-71мп, 2018

Таблиця 4.19 – Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
Товар за задумом	Методика підвищення якості діагностичної інформації, яка забезпечує високу точність діагностики, простоту використання. Розширення частотного діапазону забезпечує розширення діагностичного застосування. Розробка датчику з відчутником ступінчатої форми на основі проведених досліджень.		
Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	Вартість обслуговування	М	Е
	Спосіб контролю частоти	Нм	Тх
	Строк безвідмовної праці	Нм	Тх
	Трудомісткість виготовлення	Нм	Тх
	Зручність управління	Нм	Тх
	Компактність	Нм	Тх
	Якість: патент на корисну модель, технічний регламент щодо медичних виробів.		
	Пакування: коробка з гофрокартону.		
	Марка: НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського» Метод підвищення точності перетворювачів для ультразвукової діагностики.		
Товар із підкресленням	До продажу: можливість аналізу та виключення хибних результатів та частотної стабільності.		
	Після продажу: можливість створення нових та модифікації існуючих типів датчиків.		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання.			

Шмігіровська К. В. РІ-71мп, 2018

За задумом товар представляє собою датчик з відчутником форми зональної лінзи з можливістю динамічного де фокусування та підвищення якості діагностичної інформації за рахунок розширення полоси пропускання відбитих лун-сингналів. Після формування маркетингової моделі товару слід особливо відмітити – чим саме проект буде захищено від копіювання. Захист може бути організовано за рахунок захисту ідеї товару (захист інтелектуальної власності), або ноу-хау, чи комплексне поєднання властивостей і характеристик, закладене на другому та третьому рівнях товару. Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар (остаточне визначення ціни відбувається під час фінансово-економічного аналізу проекту), яке передбачає аналіз ціни на товари-аналоги або товари субститути, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів (табл. 4.20). Аналіз проводиться експертним методом.

Таблиця 4.20 – Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товаризамінники	Рівень цін на товарианалоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	Датчик к УЗД СА1421 R40 Конвексний датчик	42900грн.	15000-50000 грн.	90000грн.
2	Датчик к УЗІ СА431 R40 Конвексний датчик	67000 грн		25000 грн.

Шмігіровська, К. В. РІ-71мп, 2018

Проаналізувавши рівень цін на товари-замінники та з орієнтацією на рівень доходів цільової групи споживачів верхня та нижня межі встановлення ціни на товар 90000 та 30000 грн. Встановлювати ціну нижче 25000 грн не рентабельно через собівартість компонентів датчику, а підняття цін вище 90000 грн буде суперечити обраній стратегії конкурентної поведінки. Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення (табл. 4.21):

1. Проводити збут власними силами або залучати сторонніх посередників (власна або залучена система збуту);
2. вибір та обґрунтування оптимальної глибини каналу збуту;
3. вибір та обґрунтування виду посередників.

В якості оптимальної системи збуту обрано створення власної з нульовою глибиною каналу збуту (без посередників), прямі продажі кліенту, оскільки з огляду на специфіку галузі об’єми поставок та обсяги виробництва не велике, а надлишкове виробництво буде стимулювати велику «заморозку» грошей в товарі, що для компанії яка розвивається може стати критичним. Ще одним аргументом на користь власної системи збуту є необхідність особистого встановлення контактів із споживачами, після продажного обслуговування, ремонту та гарантій на початкових етапах з ціллю підвищення довіри до фірми та підвищення лояльності клієнтів, що стане гарним підґрунтям для подальшої домовленості про регулярні поставки.

Таблиця 4.21– Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту

Шмігіровська, К. В. РІ-71мп, 2018

Продовження таб. 4.21

1	Орієнтація на регулярні поставки	Встановлення контактів із споживачами та гарантійні зобов'язання Формування попиту і стимулювання збуту Дослідницька робота зі збору маркетингової інформації Зменшення витрат в ході збуту продукції	0 (без посередників)	Власна система збуту

Останньою складової маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (табл. 4.22). Основним засобом інформування про товар для обраної цільової аудиторії, а саме медичні, діагностичні та науково-дослідні установи, виступає участь у виставках, міжнародних виставках, участь у наукових конференціях з поясненням методики проведення вимірів та наведенням результатів досліджен, тестування приладів з цільовою аудиторією у медичних центрах. Програми лояльності та кредитування для клієнтів, через велику ціну товару.

Шмігровська, К. В. РІ-71мп, 2018

Таблиця 4.22 – 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	Орієнтація на регулярні поставки	Формальні/неформальні канали комунікацій	Комплексний підхід; Універсальність датчиків; Точність вимірів.	Інформування споживачів; Розвиток попиту; Стимулювання продажу; Пошук вигідних партнерів.	Даний продукт є інноваційним та унікальним

Результатом пункту 4.5 є ринкова програма, що включає в себе концепції товару, збуту, просування та попередній аналіз можливостей ціноутворення, спирається на цінності та потреби потенційних клієнтів, конкурентні переваги ідеї, стан та динаміку ринкового середовища, в межах якого буде впроваджено проект, та відповідну обрану альтернативу ринкової поведінки.

Висновки до розділу 4

На основі проведеного аналізу можна зробити наступні висновки: Можливість ринкової комерціалізації даного проекту достатньо висока, оскільки наявний високий попит споживачів на продукцію вітчизняного

Шмігровська, К. В. РІ-71мп, 2018

виробництва (її фактична відсутність та справедлива ціна, гарантійні зобов'язання). Відносна відсутність обмежень для входу товару відчізняного виробництва, позитивна динаміка ринку медичного обладнання загалом. В даного проекту є всі можливості роботи на ринку, враховуючи низьку конкуренту інтенсивність. Метод якісно відрізняється від проектів-конкурентів, є привабливим для покупців завдяки його універсальності, що є досить економним, має кількість сильних сторін та є конкурентоспроможним. Складність реалізації не є критичною та компенсується високою точністю діагностичної інформації та можливістю де фокусування, розширення частотного діапазону пропускання значно розширює можливості використання та якості прийому лун-сигналів. За результатами аналізу потенційних груп споживачів попит може виникнути від діагностичних медичних та науково-дослідних. Медичні установи зацікавлені у привабливій ціні, розширенням діагностичного використання датчику, що гарантується конструкцією відчутника. Для науководослідних установ найбільшу цікавість буде представляти точність діагностичної інформації. Встановлення справедливої ціни та якісного пакету гарантійних зобов'язень на новий продукт з метою залучення більшої кількості покупців і завоювання великої частки ринку. Якщо враховувати позитивну динаміку ринку медичної апаратури, високий попит споживачів, низьку інтенсивність конкуренції та якісні відмінності продукту від конкурентних продуктів, можна дійти до висновку доцільного подальшого впровадження проекту.

Шмігіровська. К В. РІ-71мп, 2018

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

В розділі розглянуті питання, що пов'язані із забезпечення вимог охорони при проектуванні, дослідженні та виготовленні генератора для мікрохвильової терапії з використанням вищих гармонік. [20]

Основна увага в розділі приділяється питанням захисту від електромагнітного випромінювання НВЧ діпазону, що виникає при роботі генератора, враховані вимоги ГОСТ 12.1.006-84, та захисту працюючого персоналу від шкідливих чинників, що виникають при роботі за ВДТПЕОМ згідно ДсанПіН 3.3.2.007-98, оскільки при проектуванні генератора, використовується електронне моделювання схем генерації.

В даному розділі запропоновані технічні рішення та організаційні заходи з безпеки гігієни праці та виробничої санітарії, а також визначені основні заходи.

5.1 Визначення основних потенційно небезпечних та шкідливих виробничих чинників при виконанні науково – дослідницької роботи

До потенційно небезпечних та шкідливих для життя і здоров'я людини чинників, що виникають від час проектування та дослідженні генератора для мікрохвильової терапії можуть бути віднесені:

- електростатичні поля;
- можливість ураження електричним струмом;
- наявність електромагнітного випромінювання НВЧ діапазону;
- недостатня освітленість робочої зони;
- виробничий шум;
- виникнення пожежо- та вибухонебезпечних ситуацій;
- мікроклімат на робочому місці.

Шмігіровська, К. В. РІ-71мп, 2018

5.2 Технічні рішення та організаційні заходи з безпеки і гігієни праці та виробничої санітарії

5.2.1 Захист персоналу від негативного впливу електромагнітного випромінювання радіочастотного діапазону

Електромагнітне (ЕМ) випромінювання при інтенсивності, що перевищує зазначені норми, може викликати в організмі людини певні функціональні зміни, які можуть призвести до професійних захворювань. Електромагнітна енергія НВЧ діапазону, викликає зміни в складі крові. Систематичний вплив на організм людини електромагнітної випромінювання НВЧ діапазону при інтенсивності вище допустимої може привести до функціональних змін і в нервовій системі. Це може бути: головний біль, порушення сну, підвищена стомлюваність, дратівливість та ін. Вплив поля НВЧ діапазону на організм людини може викликати виснаження нервової системи, зміни в роботі серцево-судинної системи, гіпотонії, брадикардії, а так ж зміни у печінці й селезінці. Ці впливи підсилюються із підвищенням частоти.

Наступним по важливості фактором біофізичної дії ЕМ поля вважається специфічна дія мікрохвиль НВЧ діапазону. Найбільшу зацікавленість представляють явища, пов'язані з резонансним поглинанням ЕМ поля білковими молекулами. З ускладненням біологічної речовини незмінно ускладнюється процес його взаємодії з ЕМ полем. Наприклад, при поясненні чутливості нервових клітин, можливі виникнення наступних механізмів впливу:

- детектування в мембрані нервової клітини;
- вплив поля на рухливість іонів, зокрема на їхню проникаючу здатність;
- зміна калійного (К) градієнта внутрішньоклітинного середовища;
- упорядкування коливань іонів під впливом поля, що призводить до зміни характеру й величини чутливості рецепторів;

Шмігіровська, К. В. РІ-71мп, 2018

• вплив на власні частоти передбачуваного ЕМ обміну, особливо ймовірного для кісток і тим більше всього організму.

До вторинних ефектів впливу поля відносять: кумуляцію, стимуляцію, сенсибілізацію – відбуваються, як правило, на до теплових рівнях потужності, що поглинається тканинами. Відносно нещодавно, виявлена дезадаптуюча дія НВЧ випромінювань, тобто зниження пристосовності організму до інших видів впливів, зокрема до шуму, рентгенівського випромінювання. До специфічних ефектів впливу варто віднести і вплив поляризації, і напрямки падаючої хвилі.

ГОСТ 12.1.006-84 та ДСНіП №476 у діапазоні частот 300 МГц – 300 ГГц встановлює гранично допустиму щільність потоку енергії ЕМП на робочих місцях, виходячи з допустимого значення енергетичного навантаження на організм і часу перебування в зоні опромінення.

Для восьмигодинного робочого дня допустиме значення щільності потоку енергії: $ЩПЕ_{доп} = 0{,}25\ \frac{Вт}{м^2}$

Максимальне значення ЩПЕ не повинно перевищувати 10 Вт/м^2.

Розроблений пристрій відповідно до технічних умов має дуже низькі рівні випромінення полів НВЧ-діапазону.

Фактично рівні значно менші, ніж наведені вище рівні, тому немає необхідності в розробці додаткових заходів безпеки для персоналу при експлуатації даного пристрою.

4.2.2. Електробезпека

Відповідно до ОНТП24-86 та ПУЕ науково-дослідницька лабораторія відноситься до приміщень без підвищеного ризику враження персоналу електричним струмом, так як відсутні підвищена температура, вологість, не електропровідна підлога, відсутня можливість одночасного дотику до металевих конструкцій будівлі, що мають контакт з землею з одного боку та металевих частин електричного обладнання з іншого боку.

Виробниче електроустаткування належить до приладів до 1000 В.

Шмігровська, К. В. РІ-71мп, 2018

Устаткування, що використовується у науково-дослідницьких випробуваннях, відповідно до ГОСТ 12.2.007.0-75 належить до устаткування класів 0, 0I, і I за електрозахистом.

Оцінка рівня небезпеки дотику до струмоведучих частин відноситься до визначення сили струму, що протікає через тіло людини , і порівняння його із допустимим значенням відповідно до ГОСТ 12. .038-88. У загальному випадку допустима величина струму, що протікає через тіло людини не перевищує приведених значень.

В процесі виконання розрахунк в для магістерської дисертації використовувався персональний комп'ютер – згідно з ГОСТ 12.2.007.0-75 системний блок відноситься до I класу та ВДТ - до II класу за електрозахистом. Для правильного визначення необхідних засобів та заходів захисту від ураження електричним струмом необхідно знати допустимі значення напруг доторкання та струмів, що проходять через тіло людини.

Гранично доп с імі значення напруги доторкання та сили струму для нормального (беза арійного) та аварійного режимів електроустановок при проходженні струму через тіло людини по шляху «рука – рука» чи «рука – ноги» регламентуються ГОСТ 12.1.038-88.

Основними технічними засобами, що забезпечують безпеку робіт (згідно ПУЕ-87, ГОСТ 12.1.009-76) є: надійна ізоляція, захисне заземлення, занулення, захисне відключення, засоби індивідуального захисту.

Розрахунок вимикаючої здатності електромережі при аварійному режимі роботи електрообладнання проводиться за наступною методикою:

Виконується розрахунок ланцюга захисного відключення при короткому замиканні (КЗ). Струм КЗ можна обчислити за формулою

$$I_{КЗ} = U_Ф/(R_0+R_Ф+Z_{ТР}) \quad (5.1)$$

де $U_Ф$ = 220 В - напруга фазного проводу;

R_0 = 3 Ом - опір нульового проводу;

Шмігіровська, К. В. РІ-71мп, 2018

$R_Ф$ = 7 Ом - опір фазного проводу;

$Z_{ТР}$ = 0,1 Ом - еквівалентний опір трансформатора.

$$I_{КЗ} = 220/(3+7+0,1) = 21,78(\quad (5.2)$$

Струм спрацьовування автоматів захисту повинен бути в 1,4 рази менше струму короткого замикання при струмі до 100 А.

$$I_{СПР} = 21,78/1,4 = 15,6 \text{ А} \quad (5.3)$$

Таким чином, струм спрацьовування автомату максимального струмового захисту повинен бути менше 15,6 А. Розрахуємо напругу дотику до корпусів електрообладнання при аварійному режимі роботи.

Відповідно до ГОСТ 12.1.038-88, щоб ця напруга була безпечна для людини, необхідно використовувати автомати захисту, у яких час спрацьовування менше 0,8с.

Автомати захисту, встановлені у науково-дослідницькій лабораторії задовольняють цим умовам ($I_{СПР} = 10$ *А,* $T_{СПР} < 0,2$ *с.).*

Із проведених розрахунків видно, що у науково-дослідницькій лабораторії основним захистом від поразки електричним струмом є занулення та застосування пристроїв максимального струмового захисту.

5.2.2 Розрахунок штучного освітлення на робочих місцях

Для даної категорії робіт рекомендується освітленість робочої поверхні 300 лк. Для загального освітлення варто використовувати люмінесцентні ртутні лампи низького тиску денного світла, що забезпечують найбільше наближення по спектральному складу випромінюваного ними світла до природного. Для місцевого освітлення застосовуються світильники з лампами розжарювання.

Необхідний повний світловий потік визначається по формулі:

$$F = \frac{E*S*k*z}{\eta} \quad (5.4)$$

де: $S = 5 \cdot 6 = 30$ м^2 – площа приміщення;

k = 1,2 – коефіцієнт запасу;

Шмігровська К. В. РІ-71мп, 2018

Z = 1,3 – ідношення середньої освітленості до мінімального (при відбитому світлі приймають Z = 1, зазвичай Z = 1,1...1,3);

η – коефіцієнт використання світильників.

Визначимо η. Вважаємо, що світильники підвішені впритул до стелі, тобто $h_в$ = 0 м, а робоча поверхня знаходиться в середньому на відстані $h_н$ = 1 м від підлоги.

Тоді:

$$h_p = h – (h_в + h_н) . \quad (5.5)$$

Обчислюємо індекс приміщення

$$i = S/h_p(l+b) \quad (5.6)$$

Виходячи з формули (5.6) індекс приміщення i = 1,36.

Для обраних оздоблювальних матеріалів приймаємо усереднені коефіцієнти відбиття стелі і стін: $r_{стелі}$ = 0,70, $r_{стін}$ = 0,50.

В якості світильників обираємо світильники типу ПВЛМ–Д 2×40 (із двома лампами типу ЛДЦ потужністю по 40 Вт, з відбивачем без отворів, без решітки).

Для значень і, $r_п$, $r_с$ і обраного типу світильника знаходимо коефіцієнт використання:η = 0,45.

Далі визначаємо повний необхідний світловий потік:

Мінімальна припустима освітленсть у приміщенні створювана світильниками загального освітлення повинна становити 80 % від необхідного:

$$Е_{заг} = 300 \cdot 0,8 = 240 \text{ лк.}$$

По двійковій таблиці електричних і світлових характеристик люмінесцентних ртутних ламп низького тиску за ДСТ 6825–74, для потужності ламп $Р_л$= 40 Вт, і типу лампи ЛДЦ-40 (лампа денного світу з поліпшеною передачею кольору), визначаємо світловий потік однієї лампи:

$F_л$ = 2100 лм.

Далі знаходимо необхідну кількість світильників

$$n = F/F_Л \quad (5.7)$$

Шмігіровська К. В. РІ-71мп, 2018

З формули (5.7) визначили, що кількість світильників дорівнює 5,94.

Обираємо n = 6. Отже, використовуємо 6 світильників типу: ПВЛМ–Д2×40 з лампами типу ЛДЦ потужністю 40 Вт. Площа робочого столу складає приблизно 1 м^2. Тоді необхідний світловий потік для світильників місцевого освітлення складе:

$$F = \frac{E*S*k*z}{\eta} \quad (5.8)$$

Тоді з формули (5.8) необхідний світловий потік для світильників місцевого освітлення складе 208 (лм)

У світильнику місцевого освітлення використовуємо лампу накалювання типу Б 215 – 225 – 40 зі світловим потоком 415 лм.

5.2.3 Організації робочих місць користувачів ВДТ ПЕОМ

ДСанПіН 3.3.2.007-98 "Державні санітарні норми і правила роботи з візуальними дисплейними терміналами (ВДТ) електронно-обчислювальних машин" встановлює норми до забезпечення охорони праці користувачів ПК. Дотримання вимог цих правил може значно знизити наслідки несприятливої дії на працівників шкідливих та небезпечних факторів, які супроводжують робо з ВДТ, зокремаможливість зорових, нервово - емоційних пережи ань, серцево-судинних захворювань.

Для того щоб забезпечити точне та швидке зчитування інформації в зоні найкращого бачення, площина екрана монітора виставлена перпендикулярно нормальній лінії зору. При цьому передбачена можливість переміщення монітора навколо вертикальної осі в межах ±30° (справа наліво) та нахилу вперед до 85° і назад до 105° з фіксацією в цьому положенні. Клавіатура розміщена на поверхні столу на відстані 100…300 мм від краю. Кут нахилу клавіатури до столу обрано в межах від 5 до 15° так, що зап'ястя на долонях рук розташовуються горизонтально до площини столу. Таке положення клавіатури зручне для праці обома руками.

Робочі місця з ПК розташовано відносно від стіни з вікнами на відстані не менше 1,5м, від інших стін — на відстані 1 м, відстань між собою не

Шмігіровська, К. В. РІ-71мп, 2018

менше ніж 1,5 м. Причому так, щоб природне світло падало збоку, переважно зліва. Для захисту від прямих сонячних променів, які створюють прямі та відбиті відблиски з поверхні екранів ПК передбачені сонцезахисні жалюзі.

Штучне освітлення робочого місця, обладнаного ПК, здійснюється системою загального рівномірного освітлення. Як джерело штучного освітлення мають застосовуватись люмінесцентні лампи ЛБ.

Вимоги до освітлення приміщень та робочих місць під час роботи з ПК:

- освітленість на робочому місці повинна відповідати характеру зорової роботи, який визначається трьома параметрами: об'єктом розрізнення - найменшим розміром об'єкта, що розглядається на моніторі ПК; фоном, який характеризується коефіцієнтом відбиття; контрастом об'єкта і фону;
- необхідно забезпечити д статньо рівномірне розподілення яскравості;
- на робочій поверхні моніт ра, а так ж в межах навколишнього простору; на робочій поверхні повинні бути відсутні різкі тіні;
- в полі зору не повинно бути відблисків (підвищеної яскравості поверхонь викликають осліплення);
- величина освітленості повинна бути постійною під час роботи.

Тривалість регламентованих перерв під час роботи з ЕОМ становить 10 хвилин через кожну годину роботи .

Для зниження нервово-емоційного напруження, втомленості зорового аналізатора, для поліпшення мозкового кровообігу і запобігання втомі доцільно деякі перерви використовувати для виконання комплексу вправ, які передбачені ДСанПіН 3.3.2.007-98.

5.2.4 Мікроклімат робочої зони

Мікроклімат виробничих приміщень – умови внутрішнього середовища цих приміщень, що впливають на тепловий обмін працюючих з оточенням шляхом конвекції, кондукції, теплового випромінювання та випаровування вологи. Ці умови визначаються поєднанням температури, відносної

Шмігіровська, К. В. РІ-71мп, 2018

вологості та швидкості руху повітря, температури оточуючих людину поверхонь та інтенсивністю теплового (інфрачервоного) опромінення.

Для робочої зони виробничих приміщень встановлюються оптимальні та допустимі мікрокліматичні умови з урахуванням важкості виконуваної роботи та періоду року.

Оптимальні мікрокліматичні умови поєднання параметрів мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливі на людину забезпечують зберігання нормального теплового стану організму без активізації механізмів терморегуляції. Вони забезпечують відчуття теплового комфорту та створюють передумови для високого рівня працездатності.

Допустимі мікрокліматичні умови – поєднання параметрів мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливі на людину можуть виклика и зміни теплового стану організму, що швидко минають і нормалізуються$_в$ а супроводжуються напруженням механізмів терморегуляції межах фізіологічної адаптації. При цьому не виникає ушкоджень або порушень стану здоров'я, але можуть спостерігатися дискомфортні тепловідчуття, погіршення самопочуття та зниження працездатності.

Теплий період року – період року, який характеризується середньодобовою температурою зовнішнього середовища вище +10° С.

Холодний період року – період року, який характеризується середньодобовою температурою зовнішнього повітря, що дорівнює +10° С і нижче.

Величини показників мікроклімату у робочій зоні наведені в ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».

Температура внутрішніх поверхонь робочої зони (стіни, підлога,стеля), технологічного обладнання (екрани і т. ін.), зовнішніх поверхонь технологічного устаткування, огороджуючих конструкцій не повинна виходити більш ніж на 2°С за межі оптимальних величин температури повітря для даної категорії робіт, вказаних в ДСН 3.3.6.042-99.

Шмігіровська, К. В. РІ-71мп, 2018

Параметри мікроклімату справляють безпосередній вплив на самопочуття людини та її працездатність. Зниження температури за всіх інших однакових умов призводить до зростання тепловіддачі шляхом конвекції та випромінювання і може зумовити переохолодження організму.

Підвищення швидкості руху повітря погіршує самопочуття, оскільки сприяє підсиленню конвективного теплообміну та процесу тепловіддачі при випаровуванні поту. При підвищенні вологості піт не випаровується, а ст кає краплинами з поверхні шкіри.Недостатня вологість призводить до інтенсивного випаровування вологи зі слизових оболонок, їх пересихання та розтріскування, забруднення хвороботворними мікробами.

За зниженої температури, значної рухомості та вологості повітря виникає переохолодження організму (гіпотермія).

Атмосферний тиск. Його величина над рівнем моря становить 101,3 *кПа* (760 мм $_{рт}$.ст.). Організм людини може функціонувати в умовах підвищеного і зниженого тиску. Падіння тиску призводить до виникнення фізіологічних порушень в організмі і розвитку гірської хвороби, обумовленою кисневим голодуванням. Може розвинутись гіпертонія, головні болі, зниження працездатності. Різке підвищення тиску може призвести до порушення функцій центральної нервової системи, розвитку кесонної хвороби.

Основні заходи для нормалізації параметрів мікроклімату:

1. Будівництво приміщень і споруд згідно вимог державних будівельних норм.
2. Удосконалення технологічних процесів та устаткування.
3. Раціональний режим праці та відпочинку.
4. Застосування теплоізоляції.
5. Раціональна вентиляція та кондиційонування.

5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Безпека в надзвичайних ситуаціях регламентується ПЛАС (ДНАОП 0.00-4.33-99). Основними складовими частинами ПЛАС є розробка технічних рішень та організаційних заходів щодо оповіщення, евакуації та

Шмігіровська. К. В. РІ-71мп, 2018

дій персоналу у разі виникнення надзвичайних ситуацій , а також вирішення питань з пожежної безпеки.

5.3.1 Вимоги щодо організації ефективної роботи системи оповіщення персоналу при надзвичайних ситуаціях

Оповіщення виробничого персоналу у разі виникнення НС, наприклад при пожежі, здійснюється відповідно до вимог НАПБ А.01.003-2009.

Необхідність обладнання виробничих приміщень певним типом СО визначається згідно з додатк м Е до ДБН В.1.1-7-2002 "Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва".

При обладнані виробничих будівель системою оповіщення, їх необхідно поділя и на зони оповіщення з урахуванням об'ємно-планувальних рішень будинків, шляхів евакуації, поділення на протипожежні відсіки тощо, а також з урахуванням вимог, що наведені в примітці 1 таблиці Е.1 додатка Е до ДБН В.1.1-7-2002.

Оповіщення про НС та управління евакуацією людей здійснюється одним з наступних способів або їх комбінацією:

− поданням звукових і (або) світлових сигналів в усі виробничі приміщення будівлі з постійним або тимчасовим перебуванням людей;

− трансляцією текстів про необхідність евакуації, шляхи евакуації, напрямок руху та інші дії, спрямовані на забезпечення безпеки людей;

− трансляцією спеціально розроблених текстів, спрямованих на запобігання паніці й іншим явищам, що ускладнюють евакуацію;

− розміщенням знаків безпеки на шляхах евакуації згідно з ДСТУ ISO 6309;

− ввімкненням евакуаційних знаків "Вихід";

− ввімкненням евакуаційного освітлення та світлових покажчиків напрямку евакуації;

− дистанційним відкриванням дверей евакуаційних виходів;

Шмігровська, К. В. РІ-71мп, 2018

− зв'язком оперативного (чергового) персоналу СО (диспетчера пожежного поста) із зонами оповіщення.

Повинен бути забезпечений розподіл пріоритетів щодо повідомлень для виробничого персоналу у такій послідовності:

I. (найвищий) - повідомлення оперативного (чергового) персоналу СО (диспетчера пожежного поста) під час пожежі, або у разі виникнення будь-якої іншої НС;

II. повідомлення, які записані на будь-якому носії та вмикаються автоматично від спрацювання систем пожежної автоматики, або за сигналом оперативного (чергового) персоналу СО (диспетчера пожежного поста);

III. службові повідомлення, що не стосуються організації та управління е акуацією людей.

Затримку часу оповіщення про НС /пожежу/ для різних поверхів будинку необхідно передбачати з урахуванням злиття потоків людей на шляхах евакуації відповідно до розрахунків по ГОСТ 12.1.004 "ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования".

Пульти управління СО необхідно розміщувати у приміщенні пожежного поста, диспетчерської або іншого спеціального приміщення (в разі його наявності). Ці приміщення повинні відповідати вимогам пунктів 1.6.13, 1.6.14, 1.6.15 ДБН В.2.5-56 - 2014 "Інженерне обладнання будинків і споруд. Пожежна автоматика будинків і споруд".

Встановлення звукових та мовних оповіщувачів у виробничих приміщеннях повинно виключати можливість концентрації та нерівномірного розподілу звуку.

Настінні звукові та мовні оповіщувачі кріпляться на висоті не менше 2,2 м від підлоги, при цьому відстань від стелі до оповіщувача повинна становити не менше 150 мм.

Звукові оповіщувачі повинні комбінуватися зі світловими, які працюють у режимі спалахування, у таких випадках:

− у приміщеннях, де люди перебувають у шумозахисному спорядженні;

Шмігровська, К. В. Рі-71мп. 2018

− у приміщеннях з рівнем шуму понад 95 дБ.

Евакуаційні світлові покажчики "Вихід" слід вмикати разом з основними освітлювальними приладами робочого освітлення.

Вимоги до світлових покажчиків " их д" приймаються відповідно до ДБН В.2.5-56-2014 "Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення".

Електропостачання, заземлення, занулення, вибір та прокладання мереж оповіщення приймаються згідно з вимогами до систем пожежної сигналізації за ДБН В.2.5-13-98 (ДБН В.2.5-56-2010)"Інженерне обладнання будинків і споруд. Пожежна автоматика будинків і споруд".

Вимоги до е акуаційного освітлення приймаються відповідно до ДБН В.2.5-28 -2006 "Природне та штучне освітлення".

СО в режимі "Тривога" повинна функціонувати протягом часу, необхідного для евакуації людей з будинку, але не менше 15 хвилин.

Електропостачання СО здійснюється за І категорією надійності згідно з "Правилами устройства электроустановок" (ПУЄ) від двох незалежних джерел енергії: основного - від мережі змінного струму, резервного - від акумуляторних батарей тощо.

Звукові оповіщувачі повинні відповідати вимогам ДСТУ EN 54-3:2003 "Системи пожежної сигналізації. Частина 3. Оповіщувачі пожежні звукові".

5.3.2 Обов'язки та дії персоналу у разі виникнення надзвичайних ситуацій (НС)

У разі виявлення ознак НС працівник,який їх помітив,повинен:

− негайно повідомити про це засобами зв'язку органи ДСНС та державної пожежної охорони, вказати при цьому адресу, кількість поверхів, місце виникнення пожежі, наявність людей, а також своє прізвище;

− організувати оповіщення людей про НС;

− вжити заходів щодо еввакуації людей та матеріальних цінностей;

− вжити заходів щодо ліквідації наслідків НС з використанням наявних засобів.

Шмігіровська, К. В. РІ-71мп 2018

Керівник та пожежна охорона установи, яким повідомлено про виникнення НС, повинні:

− перевірити, чи викликано підрпозд ли ДСНС та державної пожежної охорони;

− вимкнути у разі необхідності струмоприймачі та вентиляцію;

− у разі загрози життю людей негайно організувати їх евакуацію та їх рятування , вивести за межі небезпечної зони всіх працівників, які не беруть участь у лікцвідації наслідків ДСНС;

− перевірити здійснення оповіщення людей про ДСНС;

− забезпечиии дотримання техніки безпеки працівниками, які беруть участь у ліквідації наслідків ДСНС;

− організувати зустріч підрозділів ДСНС та державної пожежної охорони, надати їм допомогу у локалізації пожежі.

Після прибуття підрозділів МНС та Державної пожежної охорони повинен бути забезпечений безперешкодний доступ їх до місця, де виникла НС.

5.3.3 Пожежна безпека

Проаналізуємо можливі причини виникнення пожежі і речовини, що можуть горіти. Можливими причинами виникнення пожежі можуть бути:

– несправність в електроустаткуванні – наприклад, пробій ізоляції, несправності, що виникли внаслідок механічних ушкоджень і т.д.;

– порушення протипожежного режиму – наприклад, паління в недозволених місцях, користування побутовими електронагрівальними приладами і т.д.

Речовинами які можуть горіти є:

− меблі – столи, стільці, тумбочки, виготовлені з дерева;

− папір – документація, папір для принтера, шпалери;

− конструктивні елементи приміщення – покриття підлог (лінолеум), двері (дерево, дерматинова оббивка), віконні рами (дерево);

Шмігровська, К. В. РІ-71мп, 2018

− кабельні лінії та радіодеталі.

Так як усі вище перераховані речовини є твердими речовинами і матеріалами, здатними при взаємодії з пов трям горіти, то розглянуте приміщення, згідно НАПББ 03.002 – 2007, можна віднести до пожежонебезпечної категорії “В”. Згідно з ДНАОП 0.00 -13.2-01 робочі зони у приміщенні відносяться до пожежонебезпечних робочих зон П-IIа.

Приміщення обладнане п жежними сповіщувачами теплової дії типу ДТЛ. Вони встановлені в кожному приміщенні на стелі по дві штуки. Від них інформація по лініям зв’язку надходить на охоронно-пожежний пристрій СИГНАЛ-37М, обладнаний звуковими сповіщувачами.

У приміщенні знаходяться первинні засоби пожежогасіння - це вуглекислотний вогнегасник марки ОУ-5 у кількості двох штук.

Застосування вогнегасника даної марки можливо при пожежогасінні електромереж і електроустановок, що знаходяться під напругою до 1000 В, що відповідає класу пожежі «Е». Відповідно до ДСТУ 3675-98 норматив на кількість вогнегасників виконується. З метою профілактики загоряння електропроводки необхідно не менш одного разу в три місяці проводити профілактичні огляди електромережі.

Рубильники для відключення мережі знаходяться на видному місці, підходи до них звільнені. У випадку виникнення пожежі в приміщенні, згідно ДБН, забезпечена можливість безпечної евакуації людей, що знаходяться в приміщенні, через евакуаційні виходи. Коридор і ґанок не повинні бути захараще ними, мати аварійне освітлення (у даному випадку штучне), міститися в чистоті і порядку.

Шмігровська, К. В. РІ-71мп, 2018

ВИСНОВКИ

1. Провівши аналіз різних режимів роботи ультразвукових датчиків, а саме опозитний, дифузійний, рефлекторний, визначено, що для діагностики патологічних станів щитовидної залози найкраще підходить рефлекторний режим роботи давача, оскільки дозволяє виявити розміщення патологічної зміни структури щитовидної залози відносно як її самої, так і відносно інших оточуючих тканин.

2. Досліджено акустичні параметри перетворювача. Була вибрана допустима робоча частота *f*=7,5 МГц, тому що така частота дає нам достатньо високу роздільну здатність від 1мм до 3 мм в оцінці структури біологічного матеріалу ЩЗ на контрольованій глибині 4 см. Також був обраний мінімальний розмір відбивача $d_{\text{мін}} = 5 * 10^{-4}$ м.

3. Було досліджено геометричні параметри давача та розраховано кількість елементів гратки в давачі n =64, для більш зручної реалізації цифрової електричної схеми.

4. Досліджено довжину хвилі в середовищі шкіра, яка дорівнює $\lambda = 2{,}053 * 10^{-4}$ м, жир — $\lambda = 1{,}893 * 10^{-4}$ м, м'язи — $\lambda = 2{,}107 * 10^{-4}$ м, щитовидна залоза — $\lambda = 2{,}08 * 10^{-4}$ м.

5. Провівши комп'ютерне моделюлювання поширення УЗ в тканинах, визначено такі параметри, як: коефіцієнти відбиття тиску, а саме: «жир – шкіра» — 0,034; «м'язи – жир» — 0,097; «щитовидна залоза – м'язи» — 0,03; коефіцієнти проходження по інтенсивності на межі «жир – шкіра» — 0,999; «м'язи – жир» — 0,991; «щитовидна залоза – м'язи» — 0,999; коефіцієнти акустичного тракту: шкіра — $2{,}959 * 10^{-3}$, жир — $1{,}432 * 10^{-3}$, м'язи — $1{,}157 * 10^{-3}$, щитовидна залоза — $9{,}518 * 10^{-3}$, ми бачимо, що найбільші втрати відбуваються на жировій тканині (10 мм)

6. Проаналізовано кути заломлення в різних середовищах, Змінюючи кути від 30^0 до 45^0 було досліджено, що зі збільшенням кута, швидкість проходження ультразвуку зменшується.

Шмігровська К. В. РІ-71мп, 2018

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЯ

1. Захворювання щитовидної залози [Електронний ресурс]. — http://vidpoviday.com/xvorobi-shhitovidnoyi-zalozi-likuvannya-narodnimi-zasobami

2. Класифікаія УЗД апаратів та УЗД сканерів [Електронний ресурс].— http://healthsukr.ru/analizi/11835-vidi-uzi-aparativ-i-uzi-skaneriv-v-suchasnij.html

3. Ультразвукова діагностична апаратура [Електронний ресурс]. — https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/firen/7zlepko_medychna_aparatura_specialnogo_pryznachennya/roz2_1.html

4. Осипов Л.В. Ультразвуковые диагностические приборы. Практическое руководство для пользователей. — М.: Видар, 1999. — 256 с.

5. Афанасьев Л.О. Основи біологічної і медичної фізики, інформатики й апаратури: Навч. посібник./ Л. О. Афанасьев, Л. С. Годлевський. — Одеса: Одеський державний медичний університет, 2003. — 258 с.

6. Самосюк И. З. Терапия ультразвуковыми волнами (низко- и высокочастотная ультразвуковая терапия с применепнием аппаратов серии МИТ, Барвинок, Стриж, Лор)./ И. З. Самосюк. — Киев: НМЦ Мединтех, 2003. — 175 с.

7. Проблеми патології щитовидної залози [Електронний ресурс]. — http://intranet.tdmu.edu.ua/data/kafedra/internal/pediatria_fpo/lectures_stud/ФПО/Інтерни/Педіатрія/2%20рік/12.Актуальні%20проблеми%20патології%20щитоподібної%20залози%20у%20дітей.htm

8. Види діагностики і сфера застосування [Електронний ресурс]. — https://medprofi.online/cistit/uzi-oborudovanie

9. Ройтберг Г.Е Лабораторная и инструментальная диагностика заболеваний внутренних органов./ Г.Е. Ройтберг, А.В. Струтынський. — М.: БИНОМ, 1999. — 622 с.

Шмігровська К. В. РІ-71мп, 2018

10. Дідковський В.С. Електроакустичні п’єзокерамічні перетворювачі (розрахунок, проектування, конструювання). Навчальний посібник/ Г.Е. В.С. Дідковський, О.Г.Лейко, В.Г.Савін. — Кіровоград: Імекс-ЛТД, 2006. — 448с.

11. Абакумов В.Г. Біомедичні сигнали. Генезис,обробка,моніторинг./ В.Г.Абакумов, А.И. Рыбин, Й.Сватош — К.: Нора-прінт, 2001. — 516 с.

12. Фридман Ф.Е. Ультразвук в офтальмологии./ Ф.Е.Фридман Р.А. Гундорова, М.Б Кодзов — М.: Медицина, 1989. — 256 с.

13. Технічні категорії апаратів УЗД [Електронний ресурс]. — http://healthsukr.ru/analizi/11835-vidi-uzi-aparativ-i-uzi-skaneriv-v-suchasnij.html

14. Ультразвукова діагностика [Електронний ресурс]. — http://allref.com.ua/uk/skachaty/Ul-trazvukova_diagnostika

15. Грінченко В.Т. Основи акустики. Навчальний посібник./ В.Т.Грінченко, І.В. Вовк, В.Т. Маципура. — К.:Наукова думка, 2007. — 640с.

16. Донской А.В. Ультразвуковие электротехнические установки. / А.В. Донской, О. К. Келлер, Г. С. Кратыш. — Л. Энергоиздат.-1982 г. — 208 с.

17. Ройтберг Г.Е. Лабораторная и инструментальная диагностика заболеваний внутренних органов./ Г.Е. Ройтберг, А.В. Струтынський. — М.: БИНОМ, 1999. — 622 с.

18. Сиднев Д.А. Физико-технические основы лучевой диагностики и радиационная защита — К.: Полиграф, 2005. — 204 с.

19. Ультразвуковая диагностика [Електронний ресурс]. — http://bourabai.kz/physics/4204.html

20. Методичні вказівки до розробки розділу «Охорона праці» в дипломних проектах/роботах/ для студентів радіотехнічного факультету РТФ. Укладачі: С. Ф. Каштанов, А. Н. Гусєв — Київ НТУУ «КПІ», 2011р., 33 с.

Шмігровська, К. В. РІ-71мп, 2018

ДОДАТОК А

Шмігіровська, К. В. РІ-71мп, 2018

ДОДАТОК Б

Шмігіровська, К. В. РІ-71мп, 2018