

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 531.717.521

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Е.М. Е.А. Мелін
(підпис) (ініціали, прізвище)

«14» 12 2018р.

Магістерська дисертація

за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка
(код і назва спеціальності)

за спеціалізацією Інтелектуальні технології мікросистемної радіоелектронної техніки

на тему: Ультрозвуковий пристрій визначення відстані

Виконав (-ла): студент (-ка) 6 курсу, групи Р1-12мп
(шифр групи)

Савицький Сергій Юрійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

Науковий керівник зав. каф. д.т.н. проф. Мелін Е.А.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

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

Рецензент к.т.н., доцент Ушаков В.І.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

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

Студент Савицький Сергій Юрійович
(підпис)

Київ -- 2018 року

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

Факультет (інститут) радіотехнічний факультет
(повна назва)

Кафедра радіоконструювання та виробництва радіоапаратури
(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною
програмою

За спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка

За спеціалізацією Інтелектуальні технології мікросистемної
радіоелектронної техніки (код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Е. А. Нелін
(підпис) (ініціали, прізвище)

« 30 » вересня 2017р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Савицького Сергія Юрійовича
(прізвище, ім'я по батькові)

1. Тема дисертації Ультразвуковий пристрій визна-
чення відстані

науковий керівник дисертації Нелін Євгеній Андрійович, проф. д-р.т.н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

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

2. Строк подання студентом дисертації 18.12.2018р.

3. Об'єкт дослідження пристрій для визначення відстані
на основі ультразвуку

4. Предмет дослідження (вихідні дані для магістерської дисертації за
освітньо-професійною програмою) Конструкція та характеристики
пристрою відносно похибки результату вимірів

Відстані

5. Перелік завдань, які потрібно розробити 1. Розробити макет звукової плати в середовищі Altium Designer.
2. Розробити конструкцію приладу. 3. Провести експериментальні дослідження відносно похибки результатів вимірів відстані знаходження максимального гуча знаходження об'єкту

6. Орієнтовний перелік ілюстративного (графічного) матеріалу
Мультимедійна презентація

7. Орієнтовний перелік публікацій XI науково-технічна конференція студентів та аспірантів радіотехнічного факультету "Радіoeлектроніка в XXI столітті"

8. Консультанти розділів дисертації*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
З охорони праці	Каштанов С.Ф., доцент		

9. Дата видачі завдання 30 вересня 2017 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1.	Підбір джерел інформації	01.03.2017 - 01.06.2018	
2.	Аналітичний огляд джерел. Розв'яз	01.06.2018 - 15.08.2018	Розділ 1
3.	Розробка принципів побудови	16.08.2018 - 01.11.2018	Розділ 2, 3
4.	Рослідження макету та приладу	01.11.2018 - 20.11.2018	Розділ 4
5.	Стартан проект та охорона праці	21.11.2018 - 01.12.2018	Розділ 5, 6
6.	Фінальне оформлення дисертації	02.12.2018 - 10.12.2018	

Студент

(підпис)

Савицький Р.Ю.
(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

(ініціали, прізвище)

* Консультантом не може бути зазначено наукового керівника

РЕФЕРАТ

Обсяг пояснювальної записки становить 82 сторінки, яка включає в себе 25 ілюстрацій, 1 додаток і 21 джерело, 21 таблицю.

УЛЬТРАЗВУКОВИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВІДСТАНІ

Актуальність роботи обумовлена необхідністю розробки пристрою, який допоможе людям з обмеженими можливостями зору краще орієнтуватись у просторі.

Мета роботи — забезпечення можливості визначення відстані, зокрема для людей з вадами зору.

Завдання дисертації:

1. Розробити макет друкованої плати в середовищі *Altium Designer*.
2. Розробити конструкцію приладу.
3. Провести експериментальні дослідження відносної похибки результатів вимірів відстані, знаходження максимального кута знаходження об'єкту.

Об'єкт дослідження — пристрій для визначення відстані, на основі ультразвуку.

Предмет дослідження — конструкція та характеристики пристрою. Відносна похибка результатів вимірів відстані.

Методи дослідження: теоретичний розрахунок та експериментальне дослідження параметрів макету пристрою.

Наукова новизна полягає в пропозиції нової конструктивної концепції вимірювача та в покращенні представлення вимірювальних даних.

ABSTRACT

The volume of the explanatory note is 82 pages, which includes 25 illustrations, 1 application and 21 sources, 21 tables.

ULTRASONIC DEVICE FOR DETERMINING

The urgency of the work is due to the need to develop a device that helps people with disabilities to better orient themselves in space.

The purpose of the work is to provide the possibility of determining the distance, especially for people with visual impairments.

Task of the dissertation:

1. Develop a layout of the printed circuit board in the Altium Designer environment.
2. Design the device.
3. To conduct experimental research of the relative error of the distance measurement results, finding the maximum angle of the object's location.

The object of research is a device for determining the distance, based on ultrasound.

Subject of research - design and characteristics of the device. The apparent error of the distance measurement results.

Research methods: theoretical calculation and experimental study of parameters of the device layout.

The scientific novelty consists in proposing a new constructive concept of the meter and in improving the presentation of the measurement data.

ЗМІСТ

Перелік скорочень.....	8
Вступ.....	9
1 Аналіз та особливості побудови	10
1.1 Умови експлуатації та вимоги до технічного обслуговування та ремонту.....	10
1.2 Аналіз ринку готової продукції	11
1.2.1 Ультразвуковий далекомір з лазерною указкою CAPITAL CP3009.....	11
1.2.2 Лазерний далекомір CP-3007	12
2 Обґрунтування схемотехнічних рішень.....	15
2.1 Структурна схема	15
2.2 Схема електрична принципова.....	16
3 Розробка конструкції та конструктивні елементи.....	17
3.1 Вибір елементної бази.....	17
3.1.1 Вибір резисторів.....	17
3.1.2 Вибір конденсаторів.....	18
3.1.3 Вибір мікроконтролера	19
3.1.4 Вибір ультразвукового датчика	21
3.1.5 Вибір дисплею	23
3.1.6 Електромагнітний випромінювач звуку.....	23
3.1.7 Вибір DC-DC перетворювача.....	24
3.1.8 Вибір кварцового резонатора.....	25

3.1.9 Вибір перемикача.....	26
3.2 Розрахунок параметрів друкованого монтажу.....	26
3.2.1 Розрахунок мінімальної площі плати.....	27
3.2.2 Розрахунок контактних площадок.....	29
3.2.3 Розрахунки ширини друкованих провідників.....	30
3.2.4 Розрахунок зазорів між елементами друкованого монтажу.....	33
3.2.5 Розрахунок мінімальної відстані для прокладання одного провідника між двома контактними майданчиками.....	33
3.3 Розробка корпусу.....	35
3.4 Матеріал корпусу.....	37
3.5 Розрахунки, що підтверджують працездатність.....	37
3.5.1 Розрахунок теплового режиму блока.....	38
3.6 Температурне поле складально-конструкторського модуля.....	40
3.7 Розрахунок надійності виводів та паяних з'єднань.....	42
3.8 Розрахунок комплексного показнику надійності.....	48
3.9 Розробка алгоритму.....	48
4 Експериментальні дослідження.....	53
4.1 Етапи досліджень.....	53
4.2 Результати експерименту.....	54
5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	63
5.1 Мікроклімат на робочому місці.....	64
5.2 Шкідливі речовини в повітрі робочої зони.....	65
5.3 Електробезпека.....	68
5.4 Нормалізація повітря робочої зони.....	69

5.5 Виробниче освітлення	70
5.6 Технічні та організаційні вирішення питань з пожежної безпеки .	71
5.7 Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	72
5.7.1 Вимоги до ефективності роботи систем оповіщення персоналу у разі виникнення надзвичайної ситуації	72
5.7.2 Обов'язки та дії персоналу у разі виникнення надзвичайної ситуації.....	74
6 Розробка стартап-проекту.....	75
6.1 Опис ідеї	75
6.2 Технологічний аудит ідеї.....	Ошибка! Закладка не определена.
6.3 Аналіз ринкових можливостей запуску.....	76
6.4 Розроблення ринкової стратегії проекту.....	Ошибка! Закладка не определена.
6.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту....	Ошибка! Закладка не определена.
Висновки.....	80
Перелік джерел посилань.....	81

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ДП – друкована плата;

ЕРЕ – електрорадіоелемент;

МК – мікроконтролер;

РК – рідкокристалічний;

САПР – система автоматизованого проектування;

ТЗ – технічне завдання;

Савицький, С. Ю. РІ-72МП, 2018

ВСТУП

У сучасному світі є багато людей з обмеженими можливостями і кожен з нас повинен, принаймні, спробувати якось цьому зарадити. Одним із методів може стати ультразвуковий далекомір для незрячих. Ультразвуковий датчик генерує імпульси і, отримуючи відбиті ехо-сигнали у відповідь, озвучує їх динаміком. Чим більша відстань до перешкоди, тим рідше пристрій видає звуки.

У даній роботі була проведена розробка ультразвукового далекоміра для незрячих. Було розраховано та спроектовано друковану плату у САПР — *Altium Designer*, спроектовано корпус, який задовольняє поставлені вимоги та розроблене відповідне програмне забезпечення.

У результаті проведеного аналітичного огляду було розроблено автономний пристрій, який зможе знайти собі місце на ринку.

Розроблений пристрій може виступати у ролі звичайного далекоміра для потреб звичайних людей за допомогою влаштованого *LCD* дисплею.

Було проведено експериментальні дослідження, які показали, що датчик *HC-SR04* краще вимірює відстань до перешкоди, яка має плоску, перпендикулярну до випромінювання, поверхню, а в іншому випадку може показати не точний результат або взагалі не визначити перешкоду, якщо вона є не великою або знаходиться на великій відстані. Але в контексті даного приладу це є допустимим.

Не має сумніву в тому, що пристрій стане в нагоді не тільки незрячим, але і тим, хто мріє ходити в темряві без джерела світла (наприклад, в пригодницькій квестах).

Проміжні результати роботи були представлені на XI науково-технічній конференції студентів та аспірантів радіотехнічного факультету «РАДІОЕЛЕКТРОНІКА В XXI СТОЛІТТІ».

1 АНАЛІЗ ТА ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ

Оброблена інформація буде виводитись на рідкокристалічний екран а також буде озвучуватись динаміком. Компактний, зручний, легкий в реалізації та дешевий пристрій зможе знайти місце на ринку.

1.1 Умови експлуатації та вимоги до технічного обслуговування та ремонту

Розроблюваний у даній роботі ультразвуковий далекомір для незрячих повинен відповідати умовам, що забезпечують можливість використання даного модуля в побутовій і промисловій апаратурі та відповідати умовам кліматичного виконання згідно ГОСТ 15150-69, УХЛ 1 [1]. УХЛ – макрокліматичні райони з помірним та холодним кліматом, 1 – експлуатація на відкритому повітрі (вплив сукупностей кліматичних факторів, характерних для даного макрокліматичного району).

Експлуатація приладу повинна задовольняти умови ГОСТ 16019, Н7 [2].

До групи апаратури, вказаної в ГОСТ 16019, Н7 відносяться портативна апаратура, призначена для довготривалого перенесення на відкритому повітрі при полегшеному зовнішньому впливі чи в опалюваних наземних чи підземних спорудах і працюючих на ходу. Апаратура в експлуатаційних умовах повинна бути стійкою до зовнішніх чинників, характеристики яких наведені у табл. 1.1.

1.2 Аналіз ринку готової продукції

Далекоміри дозволяють швидко та точно вимірювати відстань від однієї точки до іншої. Наприклад, далекоміри дозволяють виміряти відстань від однієї стіни до іншої, а потім визначити площу та об'єм цієї кімнати.

1.2.1 Ультразвуковий далекомір з лазерною указкою *CAPITAL CP3009*

Багатофункціональний ультразвуковий далекомір з лазерною указкою (рис 1.1). Ідеально підходять ріелторам, будівельникам та кожному, кому потрібно швидко та точно виміряти довжину кімнат, їх площу та об'єм [3].



Рисунок 1.1 — Ультразвуковий далекомір з лазерною указкою *CAPITAL CP3009*

Особливості:

- Діапазон вимірювань: 0,55 – 18,288 м (2 – 60 футів);
- Похибка вимірювання 0.5% ±1 одиниця найменшого розряду (0,55 – 18,288 м);
- Робоча частота: 40 кГц;
- Робоча температура 0°C – 43°C;
- Перемикач індикації фути/метри;
- LCD-дисплей;
- Функція автоматичного вимкнення;
- Пам'ять на 3 заміри;
- Розрахунок площі та об'єму;
- Функція очищення пам'яті;
- Сповіщення про помилку вимірювання;
- Відповідає вимогам Директиви *RoHS*;
- Батарея 9 В.

1.2.2 Лазерний далекомір *CP-3007*

Лазерний далекомір *Capital CP-3007* – це цифровий пристрій для швидкого і точного вимірювання відстаней (рис 1.2). Ультразвуковий далекомір використовується щоб самостійно безконтактним методом вимірювати відстань до віддалених об'єктів і поверхонь. Лазерна рулетка широко застосовується в будівельній сфері діяльності, при плануванні сільськогосподарських і проведенні топографічних робіт.

Додаткові функції портативного далекоміра дозволяють виконувати підрахунок площі і об'єму приміщень. Завдяки великому РК дисплею з підсвічуванням можливе використання приладу в умовах недостатньої освітленості. Модель *CP-3007* оснащена лазерним покажчиком для точного наведення на поверхню або об'єкт відстань до якого необхідно визначити. Практичність і

зручність в роботі забезпечують вбудований термометр, який відображає температуру середовища при включенні, звукове сповіщення процесу вимірювання і режим енергозбереження (авто-відключення 30 сек.). Легке управління і компактні розміри роблять ультразвуковий далекомір *Capital CP3007* незамінним помічником для ріелторів, будівельників і для кожного, хто потребує швидкого і точного вимірювання кімнат, їх площі і обсягу [4].



Рисунок 1.2 — Ультразвуковий далекомір CP-3007

Особливості:

- Діапазон виміру: 50 см ~ 18 м;
- Максимальна дальність вимірювання: 18 м;
- Батарея: 9В;
- Частота передачі: 40 кГц;
- Точність вимірювань: $\pm 0,5\%$;
- Робоча температура: від 0°C ~ 50°C ;

- Перемикач індикації фути/метри;
- Функція автоматичного вимикання(вимикається через 30 секунд, якщо не нажимати кнопки;
- Пам'ять на 3 виміри;
- Функція додавання і віднімання;
- Розрахунок площі та об'єму;
- *LCD* екран з підсвіткою.

Проаналізувавши наявні готові рішення на українському ринку, було зроблено висновок, що всі прилади не є доступними для незрячих людей, тому буде доцільно розробити власну конструкцію, яка буде і доступніша в ціні, і з додатковим функціоналом (адже доцільно було, щоб інформацію можна було отримати не тільки з екрану, а і від інших органів чуття(слух або дотик)).

Савицький, С.Ю. РІЗДМД, 2018

2 ОБГРУНТУВАННЯ СХЕМОТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ

Розглянувши аналоги, які представлені на ринку та визначившись із функціоналом системи, потрібно створити структурну схему ультразвукового далекоміра для незрячих.

2.1 Структурна схема

На рис 2.1 представлена структурна схема ультразвукового далекоміра

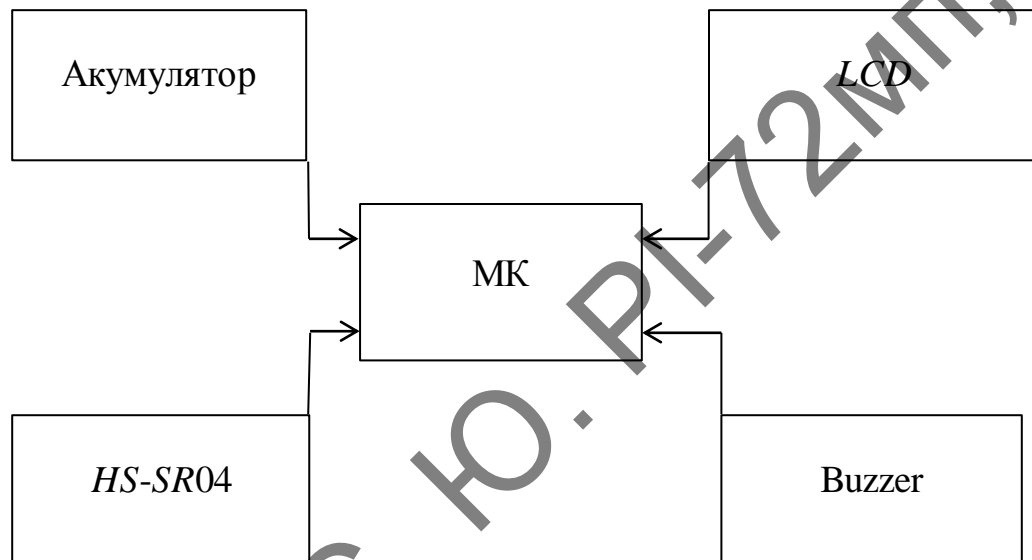


Рисунок 2.1 — Структурна схема ультразвукового далекоміра

МК – мікроконтролер *ATmega328*

HS-SR04 – ультразвуковий датчик

LCD – рідкокристалічний екран *TC1602A-01T*

Buzzer – електромагнітний випромінювач звуку *BWT-1203UX*

Живлення відбувається за допомогою 3 батарейок на 1.5В.

2.2 Схема електрична принципова

Електрична схема ультразвукового далекоміра показана на рис. 2.2:

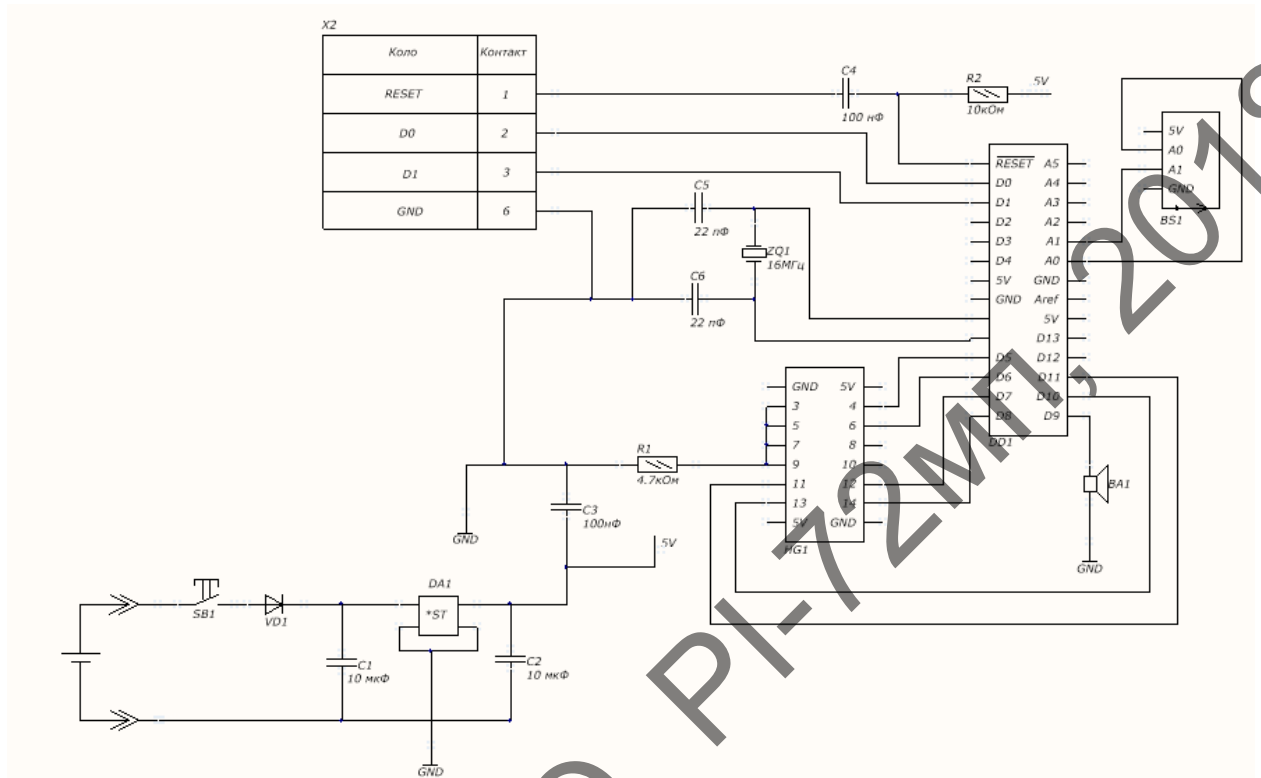


Рисунок 2.2 — Схема електрична принципова

Перемикач *SB1* слугує для включення/виключення подачі живлення до даної схеми. Конденсатори *C1* та *C2* використані в ланцюгу живлення для фільтрації завад. *C3* та *C6* також використовуються в якості фільтруючих конденсаторів. *C4* та *C5* встановлені на виводах кварцового резонатора *ZQ1* та являються фазозсуваючими для встроеного в мікроконтролер генератора і задають режим його роботи. *BA1* використовується для озвучення результатів, отриманих за допомогою ультразвукового датчика *BS1* та опрацьованих на мікроконтролері *DD1*. Також результат демонструється на *HG1* дисплеї.

З конструкторської точки зору, для даної схеми необхідно забезпечити доступ до LCD дисплею та перемикача за допомогою необхідних отворів на корпусі. Також необхідні отвори для ультразвукового датчика. Для з'єднання елемента живлення з платою передбачений клемний з'єднувач.

3 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ТА КОНСТРУКТИВНІ ЕЛЕМЕНТИ

В даному розділі приведений вибір елементної бази для даної роботи, розрахунок параметрів друкованого монтажу ДП, а також розрахунки, які підтверджують працездатність приладу.

3.1 Вибір елементної бази

Елементна база пристрою, що проектується, вибирається з таких міркувань:

- повинна стабільно працювати в умовах зміни навантажень;
- повинна забезпечувати коректну роботу пристрою у заданих кліматичних умовах;
- визначає масогабаритні параметри виробу;

3.1.1 Вибір резисторів

При виборі резисторів необхідно звернути увагу на їх характеристики: габаритні розміри, електричний опір, надійність, стійкість до зовнішніх чинників та вартість.

Виходячи з вимог забезпечення малої ваги, займаного об'єму, надійності, вартості і температурного коефіцієнту опору зупиняємо вибір на резисторах типу ОМЛТ, С2-23, С2-29. Складемо порівняльну таблицю і визначимо оптимальний тип резистора.

Таблиця 3.1 — Параметри резисторів

Показник\Тип резистора	TKR 1/°C	Мін. наробіток на відмову, год	Габарити, мм	Маса, г	Вартість за 10 шт. в у.о.	Σ
Ваговий коефіцієнт	0,1	0,3	0,2	0,3	0,1	1

Таблиця 3.2(продовження)

ОМЛТ	0,06		1500		2x6		0,15		0,59		2,0
	3	0,3	2	0,6	2	0,4	2	0,6	1	0,1	
С2-23	0,03		2000		2x6		0,15		0,56		2,3
	2	0,2	3	0,9	2	0,4	2	0,6	2	0,2	
С2-29	0,01		1000		3x9		0,3		0,51		1,2
	1	0,1	1	0,3	1	0,2	1	0,3	3	0,3	

З таблиці видно, що оптимальним є резистор типу С2-23. Дані резистори відрізняються широким діапазоном робочих температур, високою надійністю і стабільністю параметрів, якісним зовнішнім використанням, при цьому він має мінімальну ціну [5].

Особливості:

- потужність 0,125 Вт;
- точність 10%;
- ряд E24;
- діапазон температур $-55...+125^{\circ}\text{C}$;
- шуми 0,2 мкВ/В;

Подальший вибір елементів буде проводитись за таким же принципом, як і резистори.

3.1.2 Вибір конденсаторів

Електролітичний конденсатор 10 мкФ х 16 В призначений для використання в ланцюгах живлення і виконує функцію фільтру (щоб перешкода через мережу живлення не потрапила в основний ланцюг). В якості даного конденсатора оберемо К50-68 [6].

В якості фільтруючих конденсаторів на 0,1 мкФ, було вирішено вибрати керамічні конденсатори К10-17Б [7] групи М47.

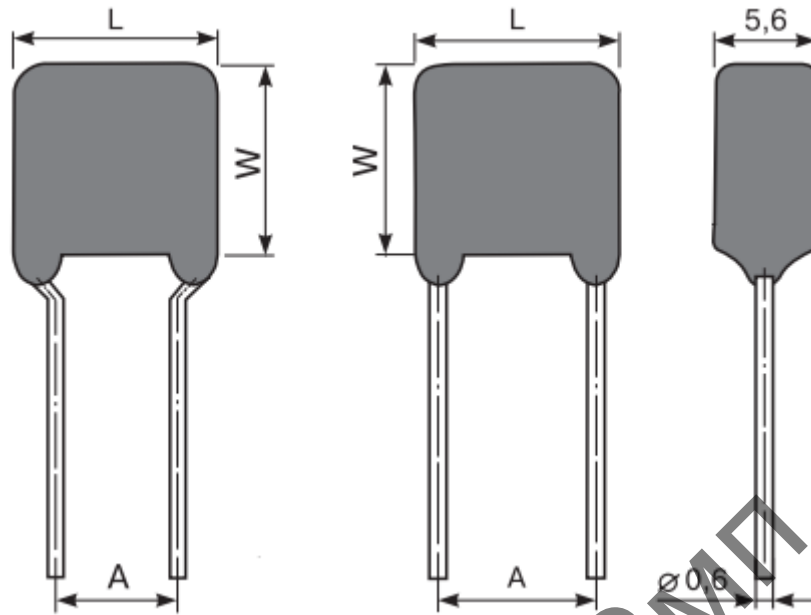


Рисунок 3.1 — Конденсатор К10-17Б

Таблиця 3.3 — Розміри конденсатора К10-17Б

L , мм	W , мм	A , мм
5,6	4	5

Конденсаторами ємністю 22 пФ також оберемо К10-17Б групи Н90. Конденсатори даної групи мають такі ж розміри, як і групи М47 (табл. 3.2)

3.1.3 Вибір мікроконтролера

Мікроконтролером оберемо *ATmega328*, адже дана схема розрахована саме на цей мікроконтролер. Ядро *AVR* мікроконтролера поєднує в собі різноманітний набір функцій та 32 інструкції з робочими регістрами загального призначення. Всі регістри безпосередньо зв'язані з арифметично-логічним пристроєм (АЛП), це дозволяє використовувати два незалежних регістра, для доступу до інструкцій, які виконуються один цикл. В результаті отримуємо архітектуру більш ефективну, коли при цьому досягається пропускна здатність, яка в десять раз більше, ніж у звичайних *CISC* мікроконтролерів.

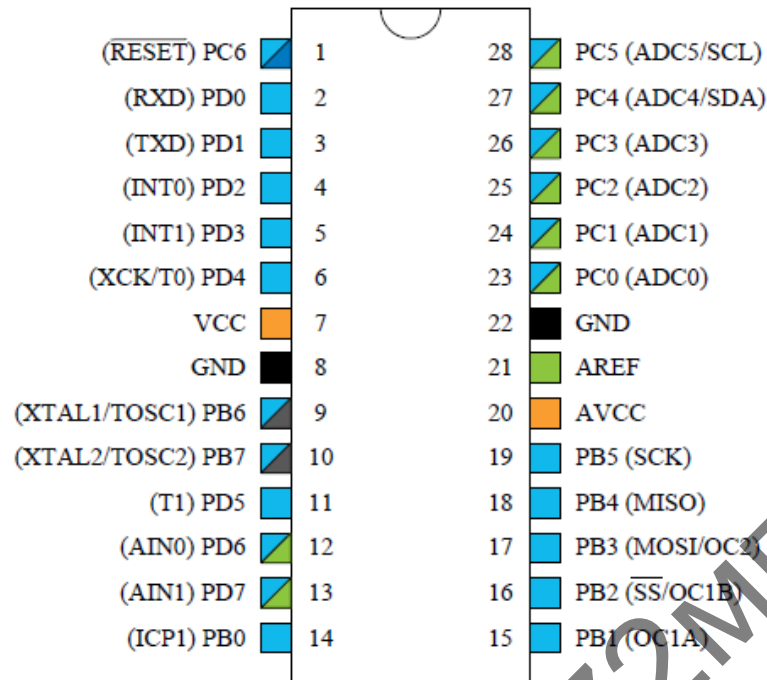


Рисунок 3.2 — Топологія мікросхеми

Особливості [8]:

- *advanced RISC* архітектура;
- низьке енергоспоживання і висока продуктивність;
- 130 інструкцій, більшість виконуються за 1 тактовий цикл;
- до 16 *MIPS* смуга пропускання при 16 МГц;
- 8К байт програмуючої пам'яті;
- 32x8 працюючих регістри загального призначення;
- *On-чип* 2-цикловий множник;
- повністю статичні операції;
- енергонезалежна програма обробки даних;
- *Flash*;
- додатковий завантажувальний код розділу з незалежними *Lock* бітми;
- кількість циклів записів/стирання: 10,000 *Flash*/100,000 *EEPROM*;
- системне програмування та загрузка програми;
- 512 байт *EEPROM*;

- програмований замок безпеки програмного забезпечення;
- 1Кбайт внутрішньої *SRAM*;

Особливості периферії:

- два восьмирозрядних таймера / лічильника з індивідуальним преддільником, один режим порівняння;
- один шістнадцятирозрядний таймер / лічильник з преддільником, режим запис і порівняння;

3.1.4 Вибір ультразвукового датчика

Використаємо безконтактний спрямований датчик *HC-SR04*. Використовуючи ультразвукові хвилі, він вимірює відстань до об'єкта або просто виявляє перешкоду на шляху рухомої конструкції. На платі модуля розміщені п'єзовипромінювач ультразвуку. На відміну від інфрачервоних далекомірів на ультразвуковий датчик *HC-SR04* не впливають джерела світла або колір перешкоди. Можуть виникнути труднощі при визначенні відстані до пухнастих або тонких об'єктів. Потрібно звернути увагу, що швидкість звуку в повітрі залежить від температури. Це впливає на точність датчика [9].

Характеристики:

- напруга живлення: 5 В;
- споживання в режимі спокою: 2 мА;
- споживання при роботі: 15 мА;
- діапазон відстаней: 2–400 см;
- ефективний кут спостереження: 15°;
- робочий кут спостереження: 30°.

Виводи:

- *Vcc* – позитивний контакт живлення;

- *Trig* –цифровий вхід. Для запуску вимірювання необхідно на цей вхід подати логічну одиницю на 10 мкс. Наступний вимір не рекомендується виконувати раніше ніж через 50 мс;
- *Echo* –цифровий вихід. Після завершення вимірювання, на цей вихід буде подана логічна одиниця на час, пропорційний відстані до об'єкту;
- *GND* –негативний контакт живлення;

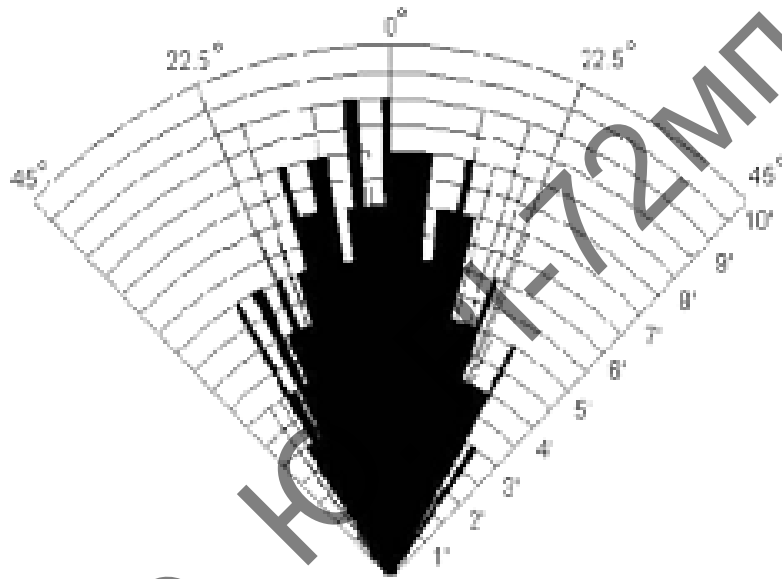


Рисунок 3.3 — Діаграма спрямованості

На вхід *Trig* датчика подаємо імпульс високого рівня тривалістю 10-15 мікросекунд. Датчик посилає ультразвуковий сигнал "*chirp*" з восьми коротких імпульсів частотою вище межі діапазон слуху людини. Електроніка датчика знає швидкість звуку в повітрі. Вимірюючи час між відправленим і прийнятим імпульсом, ультразвуковий датчик *HC-SR04* формує вихідний сигнал. Через приблизно мікросекунду ультразвуковий датчик *HC-SR04* видає на виході *Echo* імпульс високого рівня тривалістю до 38 мілісекунд. Якщо перешкод не виявлено, то на виході буде сигнал з тривалістю 38 мс. Таким чином, для роботи з датчиком від електроніки приладу потрібно один цифровий керуючий вихід і один вхід для сигналу датчика.

3.1.5 Вибір дисплею

Основними перевагами символьних рідкокристалічних індикаторів (дисплеїв) є простота використання, не велика споживана потужність, робочі напруги 3..5 В, довговічність (до 15 років безперервної роботи).

Оскільки нам не потрібна велика кількість символів на екрані, то доцільно буде вибрати *WH0802* [10]. На дисплеї є 16 pin роз'єми для підключення. Виводи промарковані на тильній стороні плати.



Рисунок 3.4 — *LCD WH0802*

1. (*VSS*) – живлення контролера (-);
2. (*VDD*) – живлення контролера (+);
3. (*VO*) – вивід керування контрастом;
4. (*RS*) – вибір регістру;
5. (*R/W*) – читання/запис (режим запису при з'єднанні з землею);
6. (*E*) – Enable
- 7-10. (*DB0-DB3*) – молодші біти 8-бітного інтерфейсу
- 11-14. (*DB4-DB7*) – старші біти інтерфейсу
15. (*A*) – анод (+) живлення підсвітки
16. (*K*) – катод (-) живлення підсвітки

3.1.6 Електромагнітний випромінювач звуку

Електромагнітним випромінювачем звуку оберемо *BMT-1203UX* [11].



Рисунок 3.5 — *BMT-1203UX*

Характеристики:

- робочий струм: 30 мА;
- робоча температура: $-20 - 70^{\circ}\text{C}$;
- робоча напруга: 2 – 5 В;
- рівень звуку: 82 дБ;
- частота звуку: 2,3 кГц.

Він має відносно невеликі габаритні розміри і цілком задовольняє наші вимоги.

3.1.7 Вибір DC-DC перетворювача

В якості цього елемента оберемо DC-DC перетворювач серії *AM1/4S-Z* від компанії *STMicroelectronics* [12], Швейцарія, а саме *AM1/4S-0503SZ*. Ця серія має вихідний струм до 75мА, робочу потужність близько 0,25 Вт, максимальну вхідну напругу 5,5 В, робоча температура від -40 до $+95^{\circ}\text{C}$. Тому обираємо саме елемент.

3.1.8 Вибір кварцового резонатора

У зв'язку з тим, що нас не влаштовує внутрішній генератор тактових сигналів обраного мікроконтролера, було прийнято рішення встановити кварцовий резонатор.

Основні критерії при виборі кварцу були наступні:

- інтервал робочих температур;
- стабільність в інтервалі температур;
- динамічний опір;
- ємність навантажень;

Таблиця 3.4 — параметри обраного кварцового резонатора

Робоча частота, МГц	Інтервал робочих температур, °С	Стабільність в інтервалі температур	Динамічний опір, Ом	Ємність навантаження, пФ
16	-40...+70	$\pm 30 \cdot 10^{-6}$	25	30

Було вирішено обрати кварцевий резонатор *НС-49/У* [13].

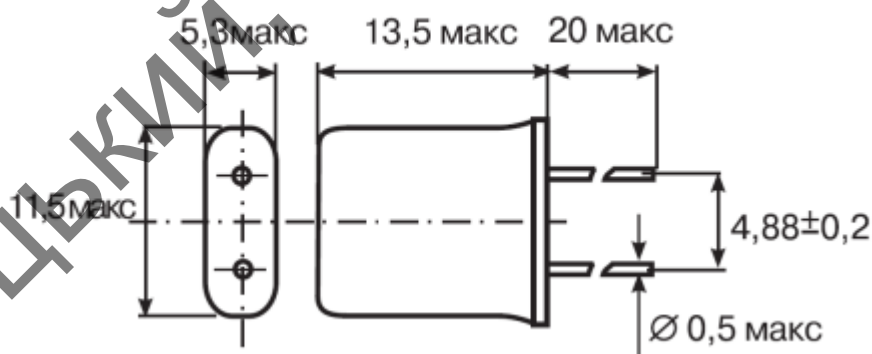


Рисунок 3.6 — Кварцовий резонатор у корпусі *НС-49/У*

3.1.9 Вибір перемикача

Для того, щоб можна було вимикати та вмикати пристрій на передній панелі повинен знаходитись перемикач. Оберемо – *KCD-102-1* [14].

Таблиця 3.5 — Характеристики перемикача *KCD-102-1*.

Параметр	Значення
Наявність фіксації	Так
Максимальний струм	6 А
Максимальна напруга	250 В
Ресурс	10000 циклів



Рисунок 3.7.— Зовнішній вигляд *KCD-102-1*

Ця кнопка має невисоку ціну, достатню розповсюдженість на ринку, та великий робочий ресурс. Дана модель нам повністю підходить за умовами ТЗ.

3.2 Розрахунок параметрів друкованого монтажу

В ході проектування ультразвукового далекоміра для незрячих необхідно розрахувати всі параметри друкованого монтажу. Це дозволить створити друковану плату оптимальних розмірів із потрібною функціональністю.

Матеріалом основи виберемо FR-4 35/35 1 [15] – композитний матеріал на основі стекловолокна(склотекстоліт). Має високе значення адгезії фольги

до підложки діелектрика під дією високої температури, високий поверхневий електричний опір.

Плату буде виготовлено комбінованим негативним методом. Цей метод полягає у виготовленні ДП на фольгованому діелектрику з металізацією отворів, при якому спочатку виконується травлення міді з пробільних місць, а потім виконується свердління отворів і металізація. При нанесенні рисунка схеми провідники і контактні площадки покриваються захисним шаром, потім стравлюється фольга з пробільних місць. Після свердління і хімічного міднення отворів виконується гальванічне осадження міді на провідники, контактні площадки і в отвори. Електричне з'єднання всіх елементів схеми здійснюється за допомогою контактної пристрою і контактних провідників. Для забезпечення кращого паяння ДП, її покриваються сплавом Розе. Метод дозволяє виготовляти ДП із меншою щільністю монтажу. Метод рекомендований для виготовлення ДП вимірювальної апаратури при ретельному відпрацьовуванні процесу і систематичному контролю електричних параметрів ДП [16].

3.2.1 Розрахунок мінімальної площі плати

Для розрахунку мінімальної площі друкованої плати необхідно врахувати розміри всіх елементів плати: малогабаритних, середньогабаритних та великогабаритних ЕРЕ.

Таблиця 3.6 — Розміри елементів і площа, необхідна для їх встановлення

Елемент	L, мм	B, мм	N, шт.	Σ , мм ²	Коефіцієнт
Отвори для кріплення	2	2	4	16	1
Клемник DG301-5	10	5	1	75	1,5

Таблиця 3.6 (продовження)

Резистор <i>C2-33-05</i>	10	3	2	90	1,5
Діод <i>1N4001</i>	15	7	1	158	1,5
<i>DC-DC</i> перетворювач	5	10	1	75	1,5
Кнопка <i>KCD-102-1</i>	10	5	1	75	1,5
Прохідний конденсатор <i>K50-68</i>	5	5	2	75	1,5
Конденсатор <i>K10-176</i>	5	4	4	120	1,5
Датчик <i>HC-SR04</i>	45	5	1	338	1,5
Програматор <i>ICSP</i>	14,5	2	1	29	1
Кварцовий резонатор <i>XTAL</i>	12	6	1	108	1,5
Випромінювач звуку <i>BMT-1203UX</i>	12	12	1	216	1,5
LCD Дисплей <i>WH0802</i>	18	5	1	270	3
Мікросхема <i>ATmega328</i>	35	8	1	840	3

Встановлювана площа розміщених на платі вивідних ЕРЕ: $S_m = 2295 \text{ мм}^2$. Але доцільно буде взяти площу плати більше ніж це значення. Оберемо площу плати $S = 3000 \text{ мм}^2$ з відношенням сторін $50 \times 60 \text{ мм}$ [17].

3.2.2 Розрахунок контактних площадок

Розміри діаметрів отворів та контактних майданчиків занесені до табл 3.4:

Таблиця 3.7 – Діаметри виводів та контактних площадок

Назва елемента	D_v	D_o	$D_{км}$
Клемник <i>DG301-5</i>	0,8	1	1,6
Резистор <i>C2-33-05</i>	0,8	1	1,6
Діод <i>1N4001</i>	0,6	0,8	1,4
<i>DC-DC</i> перетворювач	0,6	0,8	1,4
Перемикач <i>KCD-102-1</i>	1	1,2	1,8
Прохідний конденсатор <i>K50-68</i>	0,6	0,8	1,4
Конденсатор <i>K10-176</i>	0,5	0,7	1,3
Датчик <i>HC-SR04</i>	0,6	0,8	1,4
Програмактор <i>ICSP</i>	0,7	0,9	1,5

Таблиця 3.8(Продовження)

Кварцовий резонатор <i>XTAL</i>	0,5	0,7	1,3
Випромінювач звуку <i>BMT-1203UX</i>	0,6	0,8	1,4
LCD Дисплей <i>WH0802</i>	0,5	0,7	1,3
Мікросхема <i>ATmega328</i>	0,7	0,9	1,5

Після розрахунків діаметрів монтажних отворів та діаметрів контактних майданчиків можна переходити до розрахунків ширини друкованих провідників.

Мінімальна ширина провідників і величина зазорів – основні фактори, що впливають на трасувальні властивості друкованої плати. Однак це стосується лише слабкострумових електричних кіл, для яких перетин друкованих провідників не є обмеженням. Але на ДП часто присутні кола, що несуть чималі струмові навантаження. Їх слід конструювати не з мінімальними значеннями друкованих провідників, а з урахуванням конкретного струмового навантаження з умов виключення перегріву цих провідників. [18].

3.2.3 Розрахунки ширини друкованих провідників

Спочатку необхідно провести розрахунки сигнальних провідників

Мінімальне значення ширини провідника у вузькому місці визначається за формулою:

$$t_{1min} = t_{min} + |\Delta t_{н.о}|, \quad (3.1)$$

де t_{min} – мінімальне значення номінальної ширини провідника;

$\Delta t_{н.о}$ – допуск на ширину провідника;

$$t_{min} = 0,25;$$

$$\Delta t_{н.о} = 0,05;$$

$$t_{1min.в} = 0,25 + |0,05| = 0,3 \text{ мм},$$

Мінімальне значення ширини друкованого провідника у широкому місці визначається за формулою (3.1), але мінімальне значення номінальної ширини провідника та допуск на ширину буде відрізнятись від попередніх:

$$t_{min} = 0,45;$$

$$\Delta t_{н.о} = -0,1;$$

$$t_{1min.ш} = 0,45 + |-0,1| = 0,55 \text{ мм}.$$

Мінімально допустиму ширину провідника з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому (3%) розраховується за формулою(3.2):

$$t_{2min} = \frac{l \cdot I_{max} \cdot \rho}{h \cdot U_{живл.} \cdot 0,03}, \quad (3.2)$$

де $\rho = 0,0175 \text{ мм}^2 / \text{Ом} \cdot \text{м}$ – питомий опір провідників;

$l = 0,1 \text{ м}$ – довжина провідника;

$h = 35 \cdot 10^{-3} \text{ мм}$ – товщина фольги;

$U_{живл.} = +5 \text{ В}$ – прикладена напруга;

$I_{max} = 0,8 \text{ А}$ – максимальний струм;

$$t_{2min} = \frac{0,1 \cdot 0,8 \cdot 0,0175}{35 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 0,03} = 0,283 \text{ мм}.$$

Мінімально допустиму ширину провідника з урахуванням допустимого рівня струму на ньому розраховують згідно з формулою (3.3):

$$t_{3min} = \frac{I_{max}}{h \cdot J}, \quad (3.3)$$

де $I_{max} = 0,8 \text{ А}$ – максимальний струм;

$h = 35 \cdot 10^{-3} \text{ мм}$ – товщина фольги;

$J = 20 \text{ А/мм}^2$ – допустима щільність струму в провіднику;

$$t_{3min} = \frac{0,8}{35 \cdot 10^{-3} \cdot 20} = 1,143 \text{ мм}.$$

З розрахованих даних необхідно обрати ширину друкованих провідників у вузькому та широкому місці, при цьому необхідно стежити за виконанням умови:

$$t_{min.B} \geq \max \begin{cases} t_{1min.B} \\ t_{2min.B} - \text{у вузькому місці;} \\ t_{3min.B} \end{cases} \quad (3.4)$$

$$t_{min.ш} \geq \max \begin{cases} t_{1min.ш} \\ t_{2min.ш} - \text{у широкому місці;} \\ t_{3min.ш} \end{cases} \quad (3.5)$$

$$t_{min.B} = 1,143 \text{ мм};$$

$$t_{min.ш} = 1,143 \text{ мм}.$$

Далі приведемо розрахунки силових друкованих провідників. Мінімальне значення ширини друкованого силового провідника у вузькому місці розраховується за формулою (3.1).

Вихідними даними для розрахунку є:

$$t_{min} = 0,08;$$

$$\Delta t_{н.о} = 0,25;$$

$$t_{1min.B} = 0,25 + |0,05| = 0,3 \text{ мм}.$$

Мінімальне значення ширини друкованого силового провідника у широкому місці визначається за формулою (3.1)

$$t_{min} = -0,1;$$

$$\Delta t_{н.о} = 0,45;$$

$$t_{1min.ш} = 0,45 + |-0,1| = 0,55 \text{ мм}.$$

Мінімально допустиму ширину провідника з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому (3%) розраховується за формулою (3.2):

$$\rho = 0,0175 \text{ мм}^2 / \text{Ом} \cdot \text{м} - \text{питомий опір провідників};$$

$$l = 0,1 \text{ м} - \text{довжина провідника};$$

$$h = 35 \cdot 10^{-3} \text{ мм} - \text{товщина фольги};$$

$$U_{живл.} = +5 \text{ В} - \text{прикладена напруга};$$

$I_{max} = 0,8$ А – максимальний струм;

$$t_{2min} = \frac{0,1 \cdot 0,8 \cdot 0,0175}{35 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 0,03} = 0,283 \text{ мм.}$$

Мінімально допустиму ширину провідника з урахуванням допустимого рівня струму на ньому розраховують згідно з формулою (3.3):

$I_{max} = 0,8$ А – максимальний струм;

$h = 35 \cdot 10^{-3}$ мм – товщина фольги;

$J = 20$ А/мм² – допустима щільність струму в провіднику

$$t_{3min} = \frac{0,8}{35 \cdot 10^{-3} \cdot 20} = 1,143 \text{ мм.}$$

З розрахованих даних необхідно обрати ширину друкованих провідників у вузькому та широкому місці згідно формули (3.4) та (3.5):

$$t_{min.в} = 1,143 \text{ мм;}$$

$$t_{min.ш} = 1,143 \text{ мм;}$$

3.2.4 Розрахунок зазорів між елементами друкованого монтажу

Для розрахунку найменшого зазору між друкованими елементами, скористаємося формулою (3.6):

$$S = S_m + \Delta t_{в.о}, \quad (3.6)$$

де $S_m = 0,25$ мм – мінімально допустима відстань між сусідніми друкованими об'єктами;

$\Delta t_{в.о} = 0,05$ мм – допуск на ширину провідника

Отже,

$$S = 0,25 + 0,05 = 0,3 \text{ мм.}$$

3.2.5 Розрахунок мінімальної відстані для прокладання одного провідника між двома контактними майданчиками

Щоб визначити мінімальну відстань між двома контактними майданчиками, скористаємося формулою (3,7)

$$L_{К.М.} = \frac{D1+D2}{2} + S_m \cdot (N + 1) + N \cdot t_{min} + T, \quad (3.7)$$

де $D1 = 1,3$ мм – діаметр першого контактної майданчика;

$D2 = 1,3$ мм – діаметр другого контактної майданчика;

$S_m = 0,3$ мм – відстань між елементами провідникового малюнка;

$N = 1$ – кількість провідників;

$T = 0,05$ мм – розміщення центрів осей;

$t_{min} = 0,714$ мм – ширина провідника.

Підставивши дані в формулу (3.7) маємо:

$$L_{К.М.} = \frac{1,3 + 1,3}{2} + 0,3 \cdot (1 + 1) + 1 \cdot 1,143 + 0,05 = 3,1 \text{ мм},$$

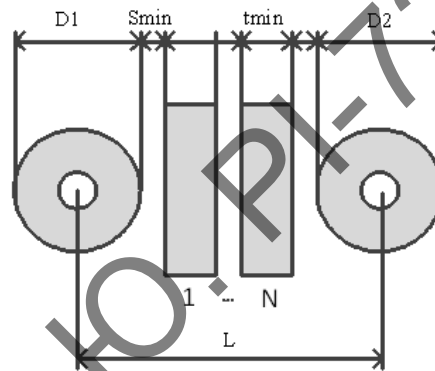


Рисунок 3.8 – відстань між двома контактними майданчиками

Ми можемо провести провідник між виводами *LCD* дисплею, адже значення $L_{К.М.}$ менше, ніж відстань між виводами, яка дорівнює 3,8.

Таким чином, провівши розрахунки параметрів друкованого монтажу, в середовищі *Altium Designer* було спроектовано плату ультразвукового далекоміра для незрячих.

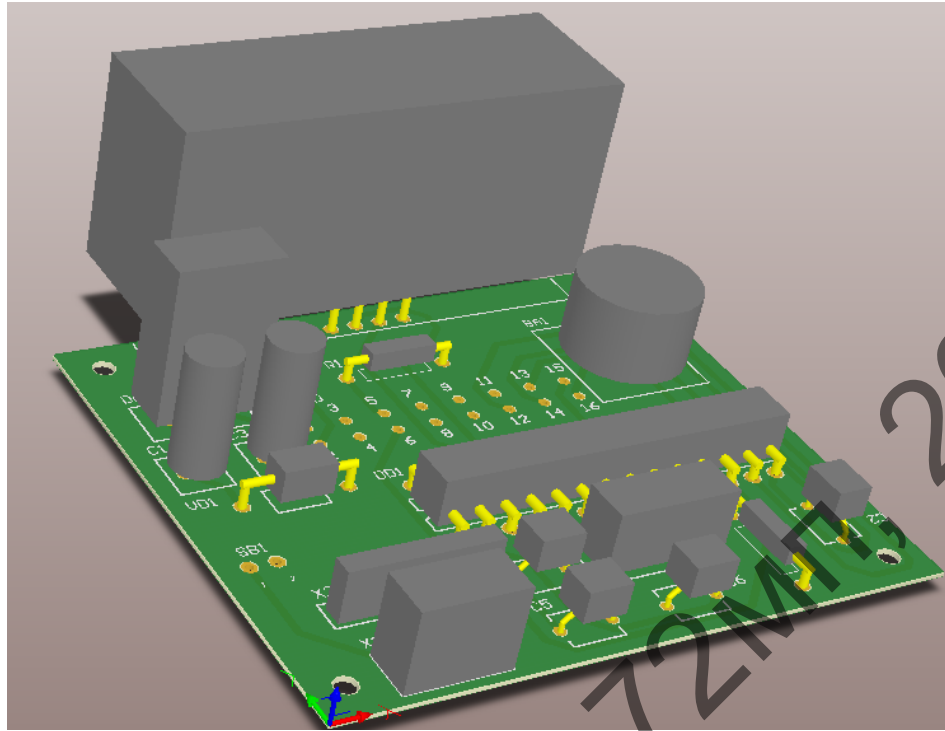


Рисунок 3.9 — Модель плати, спроектованої в середовищі *Altium Designer*

Також, за допомогою цього програмного забезпечення було спроектовано схему електричну принципову, креслення друкованої плати і друкованого вузла.

3.3 Розробка корпусу

Корпус повинен задовольняти всі вимоги ТЗ, не погіршувати роботу пристрою, відповідати вимогам ергономіки та бути надійним.

Для даного пристрою приведемо ескізи можливих корпусів, виконаємо їхнє порівняння та оберемо найбільш підходящий.

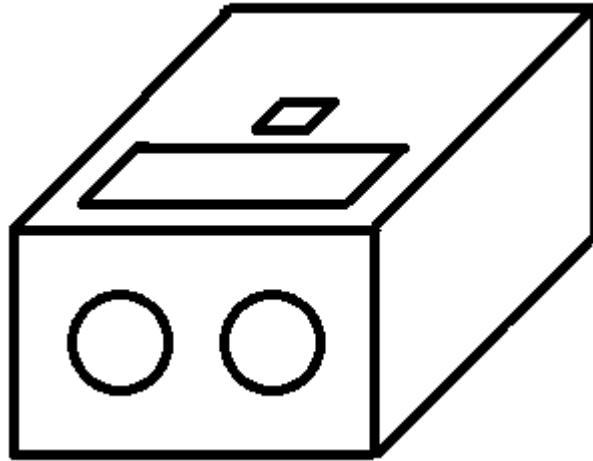


Рисунок 3.10 — Перший ескіз корпусу

Перший ескіз зображений на рис. 3.10. Даний корпус можливо використувати, але він має суттєвий недолік – зручність використання.

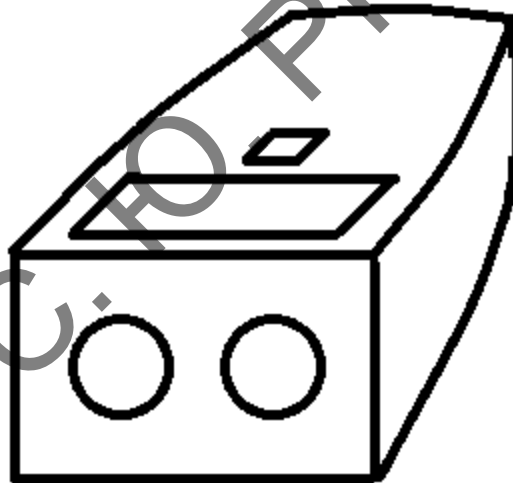


Рисунок 3.11 — Другий ескіз корпусу

Таблиця 3.1 — Порівняння ескізів корпусу

Параметр	Ергономіка	Габарити	Технологічність виготовлення	Σ
Ваговий коефіцієнт	0,4	0,3	0,3	

Таблиця 3.1(продовження)

Ескіз №1	2	0,8	2	0,6	1	0,3	1.7
Ескіз №2	1	0,4	1	0,3	2	0,6	1.3

Другий корпус(рис. 3.2) має зручнішу форму та кращу ергономіку за що і був обраний. Визначившись із ескізом, потрібно вибрати матеріал корпусу.

3.4 Матеріал корпусу

Матеріалом корпусу доцільно вибрати пластик, адже металевий корпус буде важчим, що в даному випадку є критично, і буде сильніше нагріватись ніж пластик.

Порівняння будемо проводити серед трьох типів пластику: *ABS*, *PLA*, *SBS*.

Таблиця 3.2 — Порівняння матеріалів корпусу

Параметр	Пластик		
	<i>ABS</i>	<i>PLA</i>	<i>SBS</i>
Густина кг/м ³	1050	1230	1010
Модуль пружності при розтягу МПа	2340	2300	2100
Модуль пружності вигину МПа	2400	3300	2110
Температурний діапазон °С	-30	-35	-30
	+95	+110	+85
Найменша товщина мм	1,5	1	1,5

Із розглянутих варіантів оберемо пластик *ABS*, адже він має середнє значення по всім параметрам і цілком нас задовольняє.

3.5 Розрахунки, що підтверджують працездатність

Для перевірки надійності роботи пристрою потрібно виконати розрахунок працездатності ДП та блоку, розрахунок надійності, теплового режиму.

3.6 Розрахунок теплового режиму блока

Розрахунок теплового режиму пристрою виконаємо за допомогою програми *BlockTermo*.

У результаті розрахунку ми отримаємо значення температури нагрітої зони, стінок корпусу та повітря в корпусі.

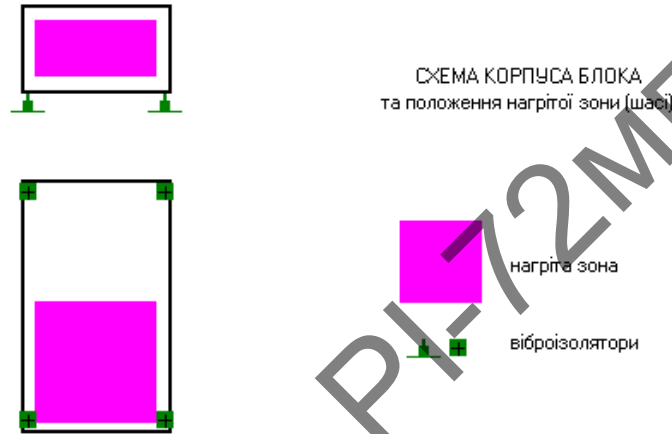


Рисунок 3.12 — Зображення розташування нагрітої зони в корпусі
Результат виконання програми:

ВХІДНІ ДАНІ:

розміри корпусу, мм

ширина $B = 81$

довжина $L = 135$

висота $H = 48$

розміри нагрітої зони, мм

ширина $b = 65$

довжина $l = 65$

висота $h = 30$

координати нагрітої зони відносно центру блока, мм

$$cx = 0$$

$$cy = 30$$

$$cz = 0$$

теплова потужність нагрітої зони, Вт

$$N = 1.0$$

температура оточуючого середовища, град С

$$(T)_{oc} = 35.0$$

товщина стінки корпусу, мм

$$dst = 3$$

критерій теплопровідності матеріала стінки, Вт/м.К

$$lam = 2,0$$

РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ:

температури, град С:

оточуючого середовища $(t_0)_п = 35,0$

стінок корпусу:

зовнішня $(t_1)_k = 39,9$

внутрішня $(t_2)_k = 39,9$

середньоповерхнева

нагрітої зони $(t_3)_z = 46,8$

повітря у корпусі $(t_4)_p = 42,3$

перепад температур на стінці, град С:

$$delt = 0,03$$

критерії тепловіддачі:

для поверхні корпусу $alfk = 9,3 \text{ Вт/м}^2\text{.К}$

для нагрітої зони $alfz = 6,9 \text{ Вт/м}^2\text{.К}$

для внутрішньої поверхні $alfv = 21,2 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$

еквівалентний $kek\nu = 6,4 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$

ефективна площа охолоджуваної

поверхні корпуса, м^2 $(S)_{eff} = 0,037$

На основі отриманих результатів можна зробити висновок, що тепловий режим задовольняє умови і пристрій буде працювати справно.

3.7 Температурне поле складально-конструкторського модуля

Розрахунок проводиться в програмі *Relia* і показує нам робочі температури елементів на платі та надійність їхньої роботи при даних температурах.

Потужності елементів розраховано згідно робочих параметрів.

Вихідний файл програми:

ВХІДНІ ДАНІ:

довжина плати,	мм	50,0
ширина плати,	мм	60,0
товщина плати,	мм	1,500

ТЕПЛОФІЗИЧНІ ПАРАМЕТРИ ПРОЦЕСУ ТЕПЛООБМІНУ

критерій тепловіддачі від

бічних поверхонь плати $6,9 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$

бічних поверхонь ТВЕ $21,2 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$

критерій теплопровідності

матеріалу плати $1,7 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$

ПАРАМЕТРИ ТЕПЛОВИДІЛЯЮЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ:

ра N розміри, мм координати, мм потужність бічна температу-

	dx_{is}	dy_{is}	dz_{is}	x_{is}	y_{is}	P Вт	поверхня S, мм ²	град С
1	5,0	5,0	11,0	4,0	31,0	0,250	245	56,0
2	5,0	5,0	11,0	12,0	31,0	0,150	91	52,6
3	12,7	3,0	4,0	10,0	25,0	0,100	163	55,7
4	35,0	10,0	5,0	37,0	20,0	1,000	800	62,8
5	1,8	12,7	2,8	46,0	7,0	0,125	104	49,1
6	4,2	3,5	5,0	54,0	9,0	0,250	245	58,4

температура оточуючого середовища, град С:

$$T_{oc} = 35,0$$

Показники надійності ЕЕС:

інтенсивність відмов $\lambda_{am} \cdot 10^6$ 1/год,

коефіцієнт режиму K1

функція надійності ЕЕС:

$$\lambda_{am}(1)=4,850e-02 \quad K1(1)= 0,40 \quad Fp(1)=0,997$$

$$\lambda_{am}(2)=4,850e-02 \quad K1(2)= 0,30 \quad Fp(2)=0,998$$

$$\lambda_{am}(3)=1,925e-03 \quad K1(3)= 0,60 \quad Fp(3)=0,996$$

$$\lambda_{am}(4)=1,925e-03 \quad K1(4)= 0,80 \quad Fp(4)=0,996$$

$$\lambda_{am}(5)=1,325e-01 \quad K1(5)= 0,30 \quad Fp(5)=0,988$$

$$\lambda_{am}(6)=4,850e-02 \quad K1(6)= 0,40 \quad Fp(6)=0,997$$

імовірність безвідмовної роботи СКМ1

$$\text{для } t=1.0e+04 \text{ годин } P(t)=0,972$$

Проаналізувавши дані результати, ми бачимо що пристрій буде працювати коректно в даних умовах, адже імовірність безвідмовної роботи рівний 0.972.

3.8 Розрахунок надійності виводів та паяних з'єднань

Розрахунок виконується програмами *ConConcl* та *SoldCont*, задача яких полягає у розрахунку надійності виводів елементів та паяних з'єднань, відповідно, при заданих умовах експлуатації.

Результат виконання *ConConcl*:

РОЗРАХУНОК ЧАСТОТНИХ ТА АМПЛІТУДНИХ ПАРАМЕТРІВ ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ

ВХІДНІ ДАНІ:

довжина плати, мм 50,0
ширина плати, мм 60,0
товщина плати, мм 1,500

спосіб закріплення сторін:

обперті чотири вершини

механічні характеристики матеріала:

модуль пружності, ГПа 30,2

коефіцієнт Пуассона 0,22

щільність, г/см³ 2,10

КМВ 0,03

межа міцності, МПа 415,0

межа витривалості, МПа 345,0

параметри зосереджених ЕРЕ:

<i>m</i> , г	<i>dx</i> , мм	<i>dy</i> , мм	<i>x</i> , мм	<i>y</i> , мм	код ІС чи МС
1,000	12,0	5,0	8,0	38,0	2

1,000	12,0	12,0	51,0	36,0	1
2,000	35,0	10,0	37,0	20,0	2
2,000	10,0	5,0	12,0	8,0	1

маса розподілених ЕРЕ, г 10

параметри вібраційного впливу:

частота, Гц 60,0

амплітуда, мм 0,300

віброперевантаження, g 3

тривалість, год 0,5

параметри ударного імпульсу:

тривалість, мс 10,0

амплітуда, g 5,00

число ударів 4000

форма - синусоїдальна

РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ:

власна частота плати, Гц 220,3

віброміцність:

коефіцієнти передачі прискорень та перевантаження:

<i>N</i> точки	<i>x</i> , мм	<i>y</i> , мм	<i>eta</i> (<i>x</i> , <i>y</i>)	<i>nvib</i> (<i>x</i> , <i>y</i>)
1	8,000	38,000	1,451	8,428
2	51,000	36,000	1,012	8,691
3	37,000	20,000	1,296	9,919
4	12,000	8,000	1,716	7,414

відносні деформації:

<i>N</i> точки	<i>z</i> , мм	<i>tet</i> (<i>x</i>), рад	<i>tet</i> (<i>y</i>), рад
1	0,285	0,010337	0,004602
2	0,304	0,010082	0,003497

3	0,389	0,004055	0,005658
4	0,215	0,009154	0,010337

ударна міцність:

коефіцієнти передачі прискорень та перевантаження:

<i>N</i> точки	<i>x</i> , мм	<i>y</i> , мм	<i>eta</i> (<i>x,y</i>)	<i>nud</i> (<i>x,y</i>)
1	8,000	38,000	1,144	5,720
2	51,000	36,000	1,105	6,023
3	37,000	20,000	1,487	5,434
4	12,000	8,000	1,711	5,556

відносні деформації:

<i>N</i> точки	<i>z</i> , мм	<i>tet</i> (<i>x</i>), рад	<i>tet</i> (<i>y</i>), рад
1	0,472	0,017101	0,007614
2	0,502	0,016679	0,005785
3	0,643	0,006709	0,009360
4	0,356	0,015145	0,001701

мінімальний коефіцієнт запасу витривалості

матеріалу плати в розрахункових точках

відносно межі витривалості

$$\text{sig}v = 345,0 \text{ МПа:}$$

при вібраційних навантаженнях $nv = 19,75$

при ударах $nu = 11,94$

геометричні параметри виводів:

ЕЕС	<i>nx</i>	<i>ny</i>	<i>sv</i> , мм	<i>dv</i> , мм	<i>hv</i> , мм	<i>lv</i> , мм;
1	3	1	0,60	0,18	2,50	2,00
2	2	1	0,60	0,18	1,50	1,50
3	14	2	0,60	0,18	1,50	1,50
4	1	2	1,00	0,18	1,50	1,50

максимальні напруження у крайніх виводах:

при вібрації = 11,6 МПа

при ударах = 21,8 МПа

імовірність безвідмовної роботи:

при вібрації = 1,000

при ударах = 1,000

Результат виконання програми *SoldCont*:

РОЗРАХУНОК ЧАСТОТНИХ ТА АМПЛІТУДНИХ ПАРАМЕТРІВ

ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ

ВХІДНІ ДАНІ:

довжина плати,	мм	50,0
ширина плати,	мм	60,0
товщина плати,	мм	1,500

спосіб закріплення сторін:

обперті чотири вершини

механічні характеристики матеріалу:

модуль пружності, ГПа	30,2
коефіцієнт Пуассона	0,22
щільність, г/см ³	2,10
КМВ	0,03
межа міцності, МПа	415,0
межа витривалості, МПа	345,0

параметри зосереджених ЕРЕ:

m , кг	x , мм	y , мм	dx , мм	dy , мм
0,005	8,0	38,0	12,0	5,0
0,005	51,0	36,0	12,0	12,0
0,003	37,0	20,0	35,0	10,0

0,003 12,0 8,0 10,0 5,0

маса розподілених ЕРЕ, г 15

параметри вібраційного впливу:

частота, Гц 60,0

амплітуда, мм 0,300

віброперевантаження, g 3

тривалість, год 0,5

параметри ударного імпульсу:

тривалість, мс 10,0

амплітуда, g 5,00

число ударів 4000

форма - синусоїдальна

РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ:

власна частота плати, Гц 222,3

віброміцність:

коефіцієнти передачі прискорень та перевантажень:

N точки x , мм y , мм $\eta(x,y)$ $\eta_{vib}(x,y)$

1 8,000 38,000 1,451 5,093

2 51,000 36,000 1,012 5,472

3 37,000 20,000 1,296 4,897

4 12,000 8,000 1,716 4,895

відносні деформації:

N точки z , мм $tet(x)$, рад $tet(y)$, рад

1 0,285 0,001337 0,004602

2 0,304 0,001082 0,003497

3 0,389 0,004055 0,005658

4 0,215 0,009154 0,010337

ударна міцність:

коефіцієнти передачі прискорень та перевантажень:

N точки	x , мм	y , мм	$eta(x,y)$	$nud(x,y)$
1	8,000	38,000	1,444	5,720
2	51,000	36,000	1,205	6,023
3	37,000	20,000	1,187	5,434
4	12,000	8,000	1,711	6,556

відносні деформації:

N точки	z , мм	$tet(x)$, рад	$tet(y)$, рад
1	0,472	0,017101	0,007614
2	0,502	0,016679	0,005785
3	0,643	0,006709	0,009360
4	0,356	0,015145	0,017101

мінімальні коефіцієнти запаса міцності
матеріалу плати в розрахункових точках
відносно межі витривалості

$$sigv = 345,0 \text{ МПа}$$

при вібраційних навантаженнях $n = 14,25$

при ударах $n = 21,6$

механічні характеристики припою:

модуль зсуву $\tau = 4,6 \text{ ГПа}$

межа текучості при зсуві $\sigma = 20,7 \text{ МПа}$

максимальні напруження у паяних з'єднаннях:

при вібрації $\sigma = 13,55 \text{ МПа}$

при ударах $\sigma = 1981 \text{ МПа}$

імовірність безвідмовної роботи:

при вібрації $n = 1,000$

при ударах $n = 1,000$

По отриманим результатам бачимо, що при заданих умовах експлуатації виводи і паяні з'єднання витримують навантаження, адже ймовірність безвідмовної роботи рівний 1.

3.9 Розрахунок комплексного показнику надійності

Провівши розрахунки в попередніх розділах, було отримано наступні результати:

$P_{в-в}$ — витривалість виводів за вібраційних навантажень;

$P_{в-у}$ — витривалість виводів за ударних навантажень;

$P_{п-в}$ — паяльних з'єднань за ударних навантажень;

$P_{п-у}$ — витривалість паяльних з'єднань за навантажень;

P_{tem} — показник надійності СКМ1, що визначається тепловим режимом;

$$P(t) = \prod_{k=1}^m P_k(t) \quad (3.1)$$

$$P = 1,000 * 1,000 * 1,000 * 1,000 * 0,972 = 0,972 = 97,2\%$$

Даний результат показує, що пристрій працює з великою ймовірністю безвідмовної роботи, що задовольняє наші умови.

3.10 Розробка алгоритму

Сучасні мікроконтролери можуть програмуватися на різних мовах програмування, які в подальшому за допомогою спеціальних компіляторів перекладаються на мову програмування *Assembler*. Для найбільшої швидкості та максимальної економії пам'яті мікроконтролера, доцільно використовувати мову програмування *Assembler*, проте вона вимагає значно більших зусиль та часу від спеціаліста для створення необхідного програмного забезпечення.

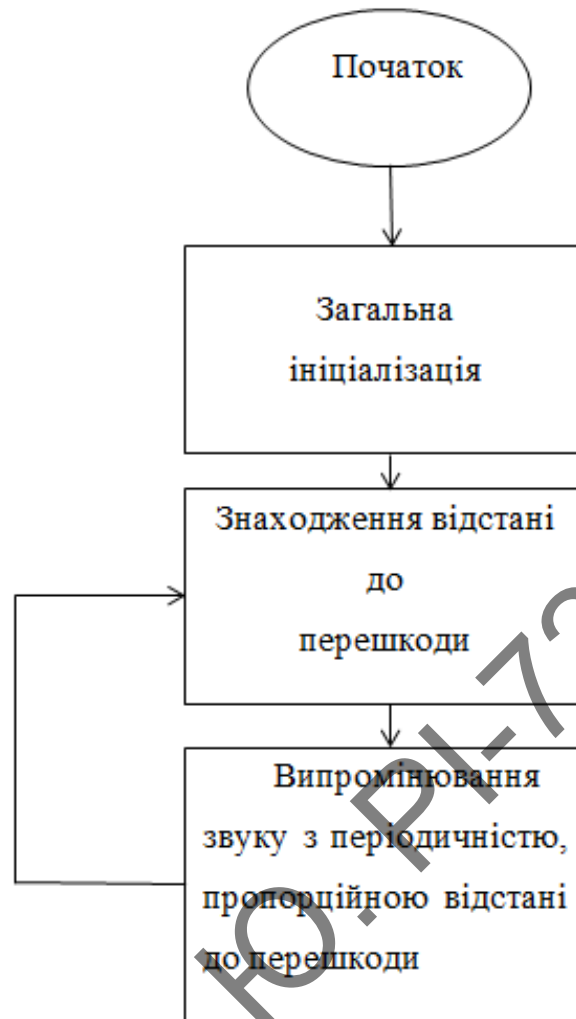


Рисунок 3.13— Блок-схема алгоритму роботи програми

Для сучасних мікроконтролерів, що мають достаньо високу швидкодію та при сучасному рівні компіляторів розроблено велику кількість мов програмування високого рівня, що полегшують роботу спеціаліста та прискорюють процес розробки програмного забезпечення. В даній роботі для створення програми для мікроконтролера використаємо мову програмування C.

Код програми:

```
#include <LiquidCrystal.h>
```

```
LiquidCrystal lcd(5,6,11,7,10,8);
```

```
#define buzzer 9
#define vibrator 12
#define trigPin A0
#define echoPin A1
#define range 100

int counter,min,count;
long duration,distance;

void setup()
{
  pinMode(vibrator, OUTPUT);
  pinMode(buzzer, OUTPUT);
  pinMode(trigPin, OUTPUT);
  pinMode(echoPin, INPUT);
  Serial.begin(9600);
  lcd.begin(8,2);
}

void loop()
{
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(trigPin, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  duration = pulseIn(echoPin, HIGH, 5800); //max 100cm
  if(duration==0) duration=5800;
```

```
distance=microsecondsToCentimeters(duration);
```

```
count=map(distance,0,range,1,10);
```

```
if(counter<5*count) counter++;
```

```
else counter=1;
```

```
if((counter<=5)&&(count>0)&&(distance<=range))
```

```
{
```

```
  digitalWrite(buzzer,HIGH);
```

```
  digitalWrite(vibrator,HIGH);
```

```
}
```

```
else
```

```
{
```

```
  digitalWrite(buzzer,LOW);
```

```
  digitalWrite(vibrator,LOW);
```

```
}
```

```
lcd.setCursor(0,0);
```

```
lcd.print("Distance");
```

```
lcd.setCursor(0,1);
```

```
lcd.print(" ");
```

```
if(distance<10) lcd.print(" ");
```

```
else if(distance<100) lcd.print(" ");
```

```
  lcd.print(distance);
```

```
  lcd.print("cm ");
```

```
}
```

```
long microsecondsToCentimeters(long microseconds)
```

```
{
```

```
    return microseconds / 34 / 2;
```

```
}
```

Савицький, С. Ю. РІ-72МП, 2018

4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

4.1 Етапи досліджень

1. На вивід *Trig* посиляється імпульс тривалістю 10 мкс, для подальшої генерації ультразвукових імпульсів.
2. Використання 3 зразків об'єктів (кубиків, циліндрів та конусів з діаметром 10, 20 та 40 см для всіх предметів).
3. Розміщення їх перед датчиком на різних відстанях (50, 100, 200, 300 та 400 см).
4. Зміщення об'єктів вліво або вправо для локомоції з нульовим кутом.

Модуль посиляє 8 імпульсів по 40кГц і чекає повернення імпульсу (рис. 4.1)

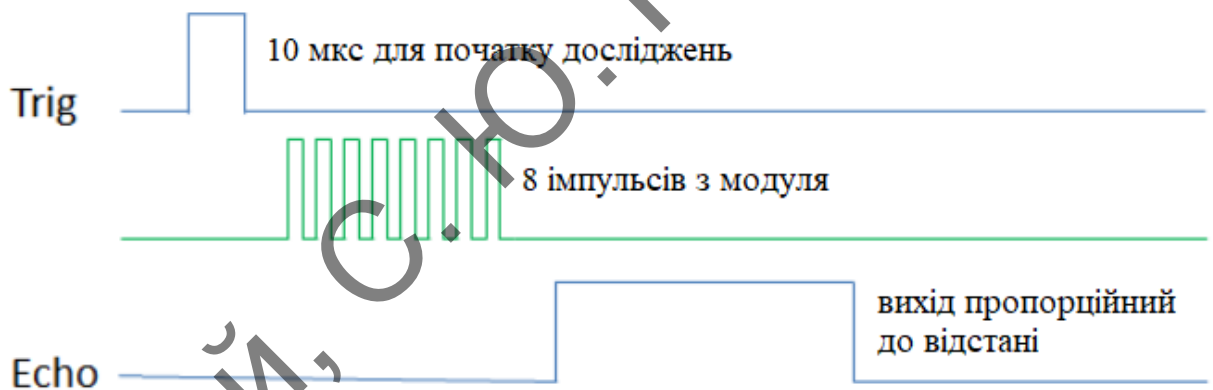


Рисунок 4.1 — Часова діаграма модуля *HC-SR04*

Цей шлях (відправка із системи до взаємодії на об'єкт і потім відображені в системі) контролюється мікроконтроллером, протягом дуже короткого часу (декілька мікросекунд) згідно цій формулі:

$$D = (T \cdot V)/2,$$

де D – відстань, T – час, V – швидкість звуку.

4.2 Результати експерименту

Результати дослідження відстані при розміщені перешкоди відносно датчика на 0° , 5° (табл. 4.1) та 10° , 20° (табл. 4.2). Похибку розраховано за формулою:

$$\Delta = \frac{T - H}{T},$$

де T – фактична відстань, H – експериментально визначена відстань.

Таблиця 4.1— Результати для куба(10см), при кутах 0° та 5°

Фактична відстань, см	Кут 0°		Кут 5°	
	Експериментально визначена відстань, см	Похибка, %	Експериментально визначена відстань, см	Похибка, %
50	50–50,1	-0,2...0	50,2–50,4	-0,8...0,4
100	100–100,3	-0,3...0	99–101,5	-0,9...1,5
200	198–203	-1,5...1	–	–
300	295–304	-1,6...1,3	–	–

Таблиця 4.2— Результати для куба(10см), при куті 10°

Фактична відстань, см	Кут 10°	
	Експериментально визначена відстань, см	Похибка, %
50	52–53	-6...-4

Експеримент показав, що куб із гранню 10см датчик відслідковує тільки на відстані не більше 50см, якщо змістити його на кут 10° , а при куті 20° взагалі не відслідковує.

Таблиця 4.3— Результати для куба(20см), при кутах 0° та 5°

Фактична відстань, см	Кут 0°		Кут 5°	
	Експериментально визначена відстань, см	Похибка, %	Експериментально визначена відстань, см	Похибка, %
50	50–50,05	–0,1...0	50–50,1	–0,2...0
100	100–100,1	–0,1...0	100–102	–2...0
200	200–201	–0,5...0	202–204	–2...–1
300	299–301	–0,3...0,3	–	–
400	398–402	–0,5...0,5	–	–

Таблиця 4.4— Результати для куба(20см), при кутах 10° та 20°

Фактична відстань, см	Кут 10°	
	Експериментально визначена відстань, см	Похибка, %
50	50,1–50,3	–0,6...–0,2
100	101,2–102,4	–2,4...–1,2

Таблиця 4.5— Результати для куба (40см), при кутах 0° та 5°

Фактична відстань, см	Кут 0°		Кут 5°	
	Експериментально визначена відстань, см	Похибка, %	Експериментально визначена відстань, см	Похибка, %
50	50–50,05	–0,1...0	50–50,05	–0,1...0
100	100–100,1	–0,1...0	100–100,4	–0,4...0
200	200–200,5	–0,25...0	200,1–200,9	–0,45...–0,05
300	300–300,9	–0,3...0	300,3–301,9	–0,63...–0,1
400	399,5–401	–0,25...0,125	399–402,5	–0,625...2,5

Таблиця 4.6— Результати для куба (40см), при кутах 10° та 20°

Фактична відстань, см	Кут 10°		Кут 20°	
	Експериментально визначена відстань, см	Похибка, %	Експериментально визначена відстань, см	Похибка, %
50	50–50,05	–0,1...0	50,2–50,8	–1,6...–0,4
100	100–100,9	–0,9...0	98,3–103,5	–3,5...1,7
200	199–201,9	–0,95...0,5	–	–

Таблиця 4.7— Результати для циліндру (10см), при куті 0°

Фактична відстань, см	Кут 0°	
	Експериментально визначена відстань, см	Похибка, %
50	48,9–52,8	–5,6...2,2

Таблиця 4.8— Результати для циліндру (20см), при кутах 0° та 5°

Фактична відстань, см	Кут 0°		Кут 5°	
	Експериментально визначена відстань, см	Похибка, %	Експериментально визначена відстань, см	Похибка, %
50	49,8–50,2	–0,4...0,4	50,2–51	–2...–0,4
100	99,5–101,2	–1,2...0,5	–	–
200	195–203	–1,5...2,5	–	–

Таблиця 4.9— Результати для циліндру (40см), при кутах 0° та 5°

Фактична відстань, см	Кут 0°		Кут 5°	
	Експериментально визначена відстань, см	Похибка, %	Експериментально визначена відстань, см	Похибка, %
50	50–50,5	–1...0	50,2–50,8	–1,6...–0,4
100	99,7–100,9	–0,9...0,3	99,3–100,5	–0,5...0,7
200	200,5–202,7	–1,35...–0,25	198,8–203	–1,5...0,6
300	296–305	–1,6...1,3	300–304,6	–1,5...0

Таблиця 4.10 — Результати для циліндру (40см), при кутах 10° та 20°

Фактична відстань, см	Кут 10°		Кут 20°	
	Експериментально визначена відстань, см	Похибка, %	Експериментально визначена відстань, см	Похибка, %
50	50,4–51,2	–2,4...–0,8	47,6–51	–2...4,8

Таблиця 4.11(Продовження)

100	99,7–100,9	–0,9...0,3	98–102	–2...2
200	199–201	–0,5...0,5	194–204	–2...2

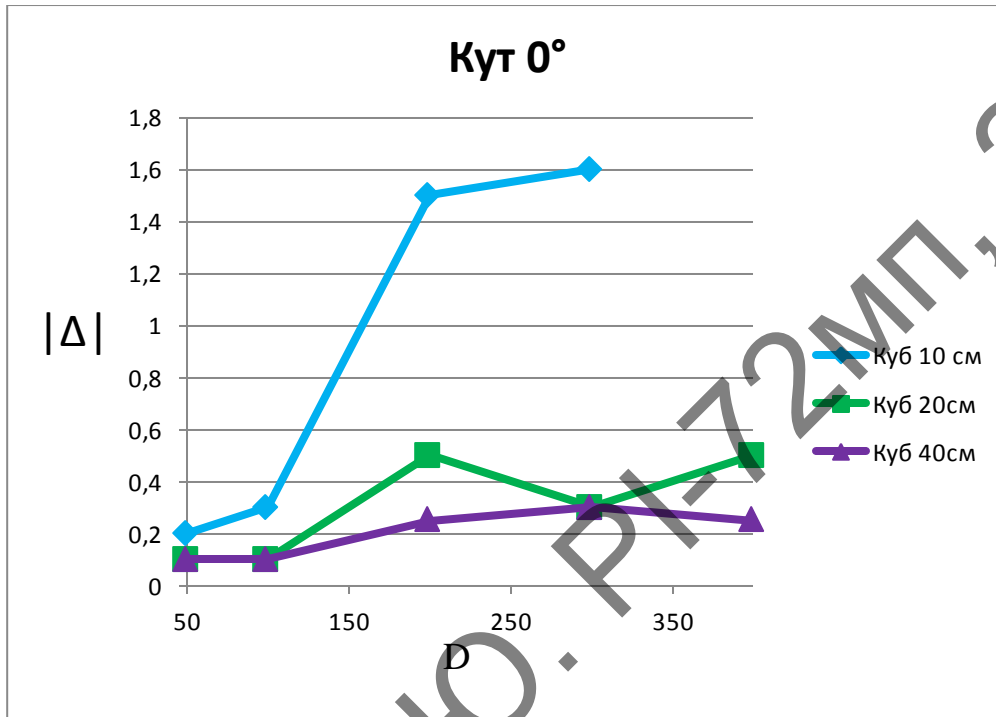


Рисунок 4.2— Відношення похибки вимірювання від відстані до куба, зміщеного на 0°

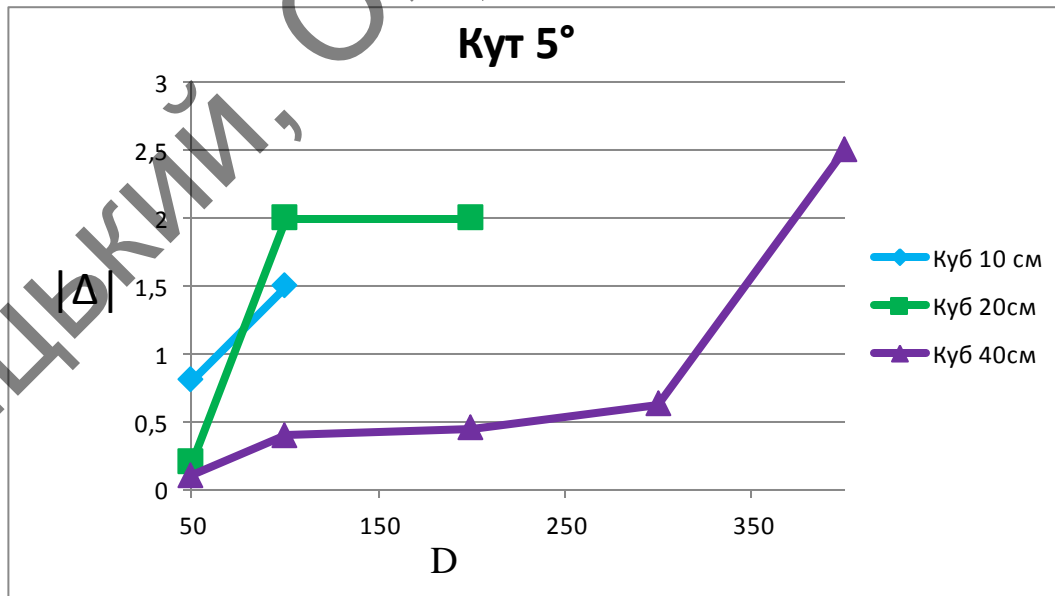


Рисунок 4.3— Відношення похибки вимірювання від відстані до куба, зміщеного на 5°

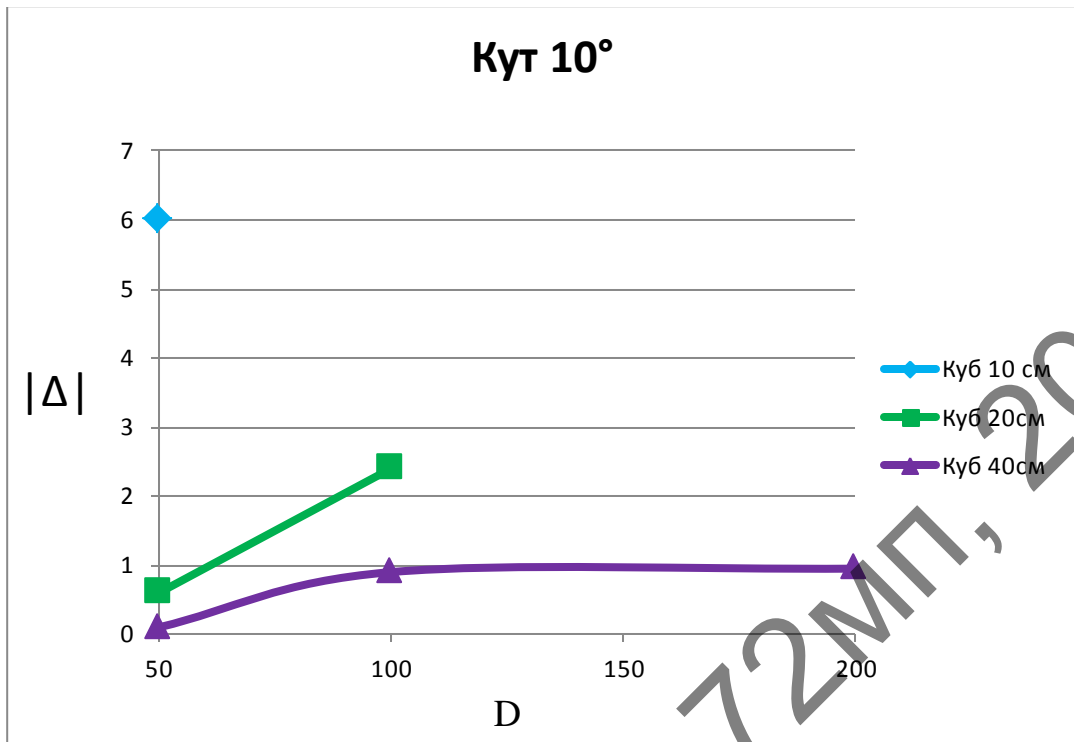


Рисунок 4.4 — Відношення похибки вимірювання від відстані до куба, зміщеного на 10°

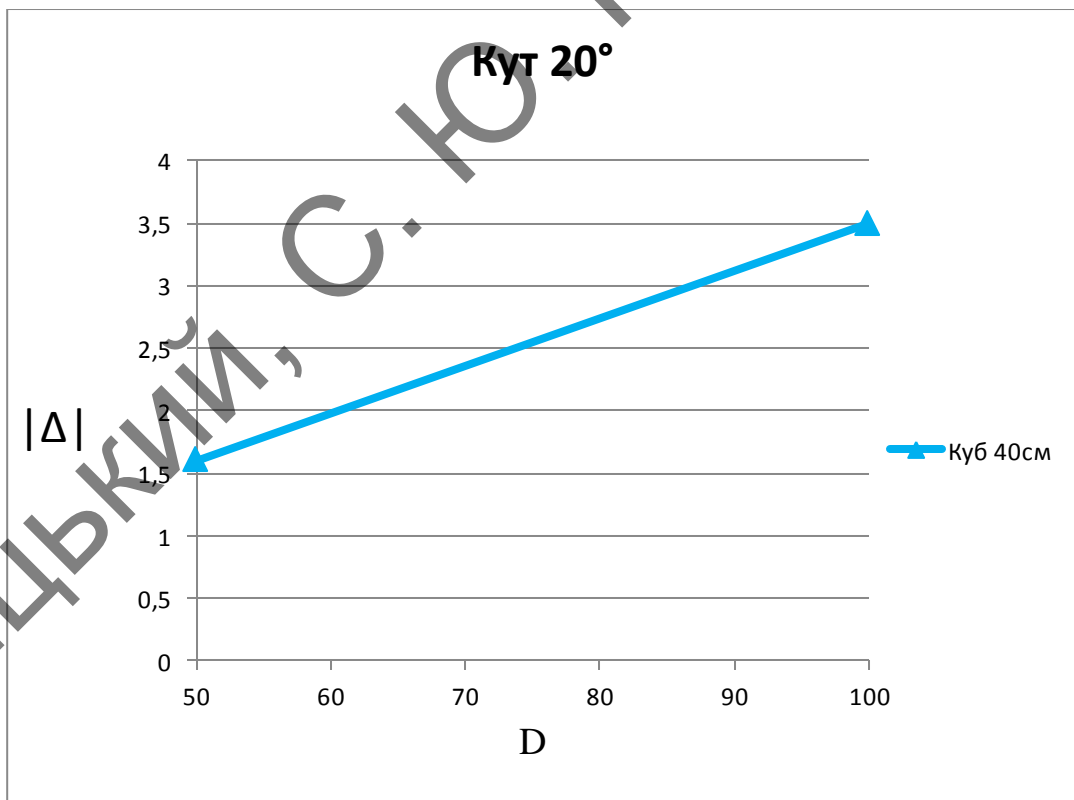


Рисунок 4.5 — Відношення похибки вимірювання від відстані до куба, зміщеного на 20°

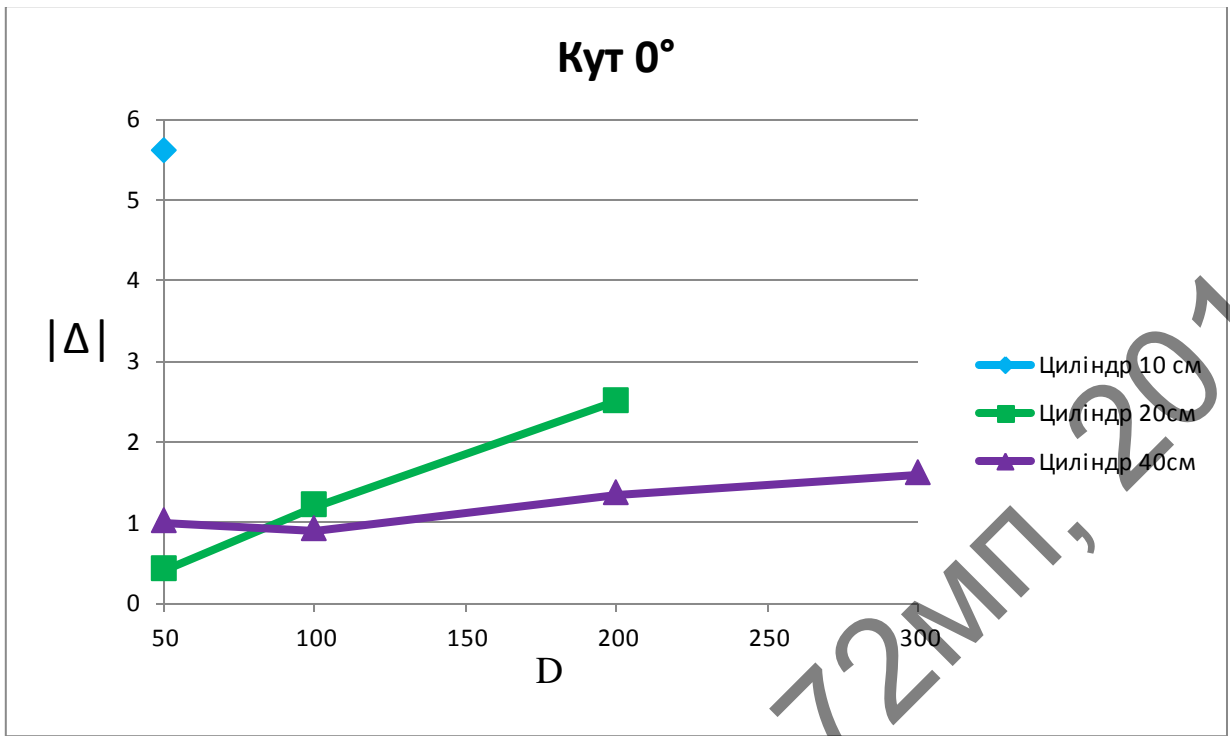


Рисунок 4.6— Відношення похибки вимірювання від відстані до циліндра, зміщеного на 0°

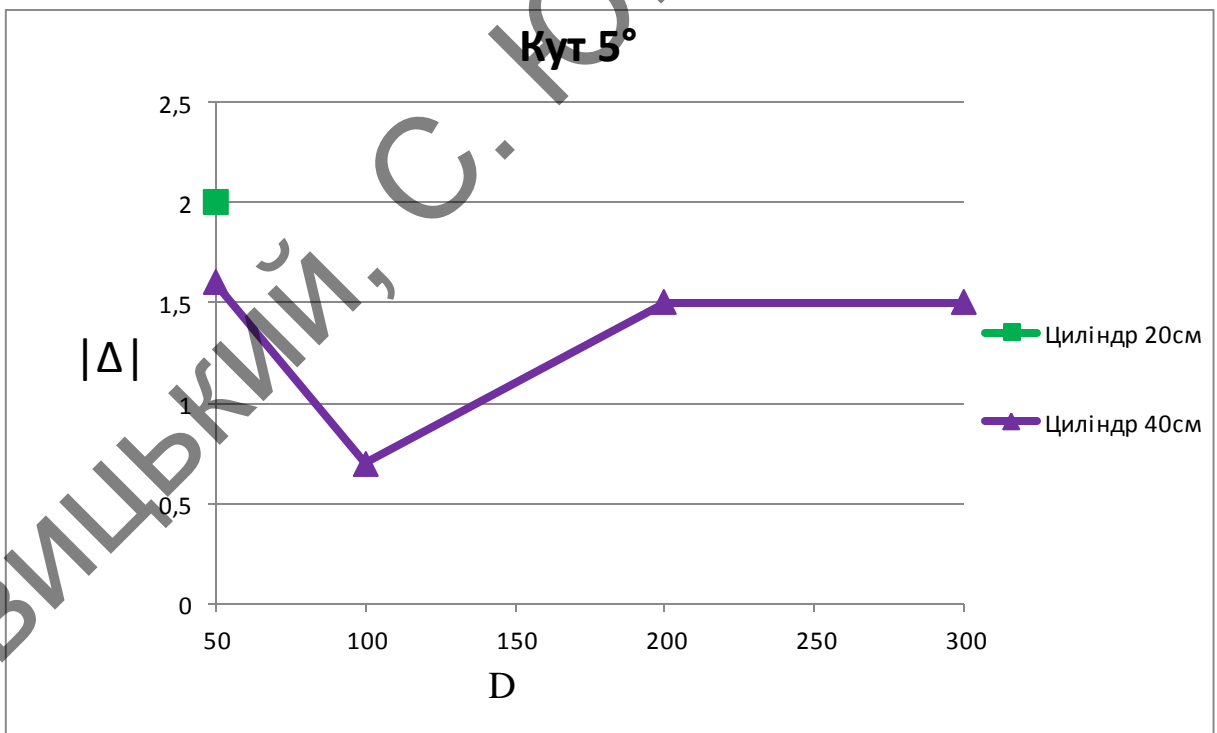


Рисунок 4.7— Відношення похибки вимірювання від відстані до циліндра, зміщеного на 5°

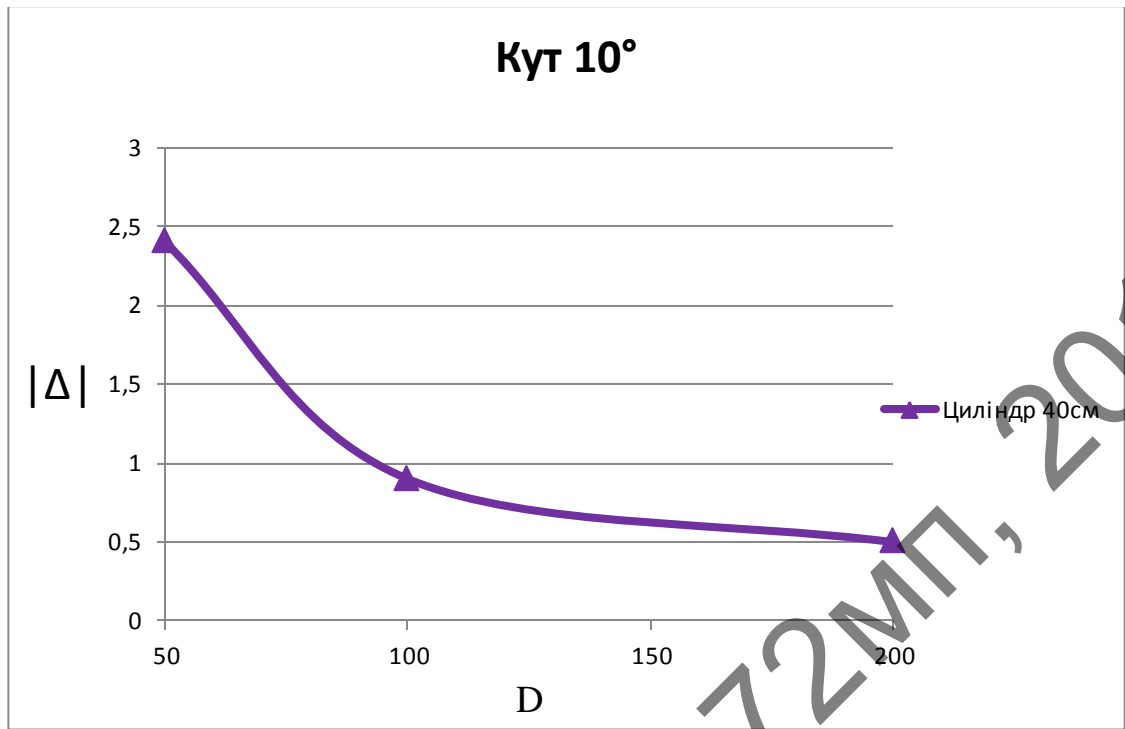


Рисунок 4.8— Відношення похибки вимірювання від відстані до циліндра, зміщеного на 10°

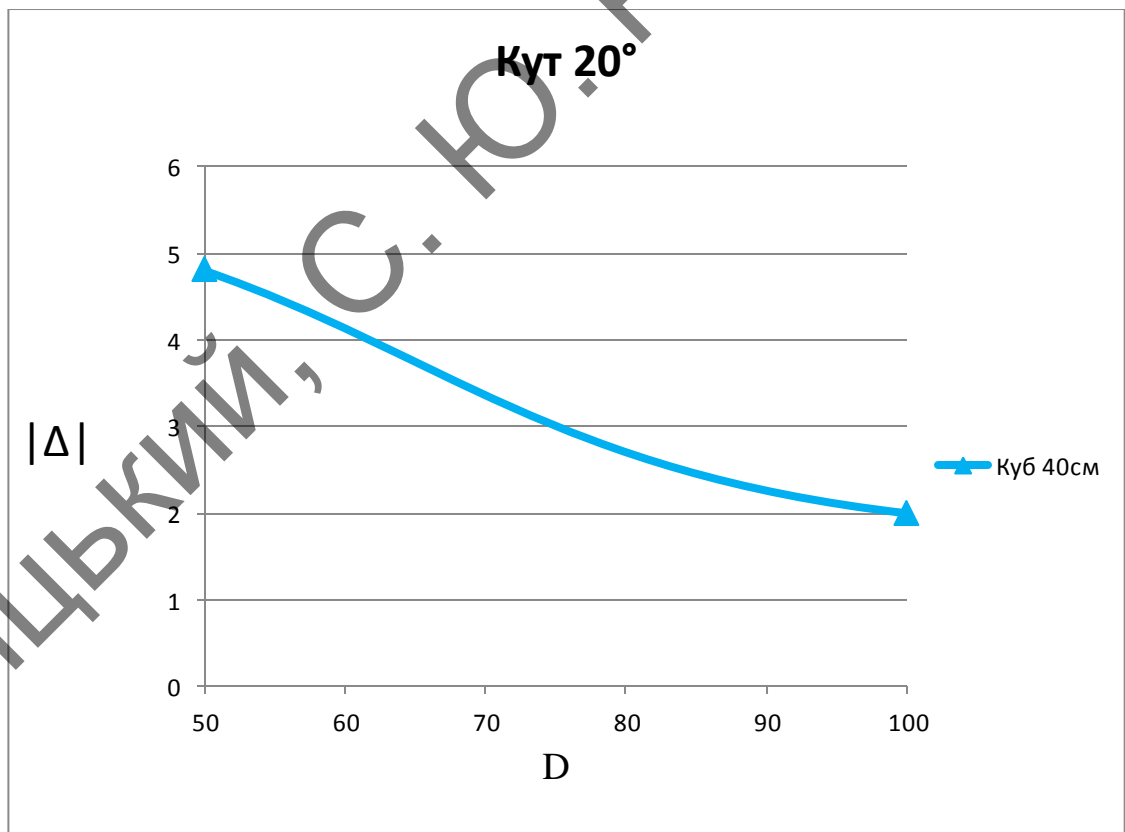


Рисунок 4.9— Відношення похибки вимірювання від відстані до циліндра, зміщеного на 20°

Висновок: по результатам досліджень видно, що при вимірах відстані до поверхні, перпендикулярної випромінюванню, датчик *HC-SR04* справляється нормально, адже сигналу відбивається нормально і його достатньо для визначення відстані. Але зі збільшенням відстані похибка зростає. У разі не перпендикулярної поверхні, в даному експерименті це циліндр та конус, датчик справляється гірше, адже після відбиття хвиля розповсюджується у декілька напрямків і прийнятого сигналу не достатньо для визначення.

Савицький, С. Ю. РІ-72МП, 2018

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В даному розділі вирішуються завдання, які пов'язані із забезпеченням сприятливих умов праці для здоров'я при конструюванні ультразвукового дальноміра для незрячих. Таким чином, потрібно визначити всі потенційно небезпечні та шкідливі виробничі фактори, що мають місце при цьому, а також ступінь їх небезпеки на робочому місці і розробити заходи для захисту робітників від негативного впливу даних факторів при перевищенні ними допустимих норм.

Одним з основних процесів під час технологічного процесу виготовлення РЕА є пайка і залуження. Під час цих процесів утворюється цілий комплекс небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Крім того в даному розділі розглянуті питання електробезпеки та пожежної безпеки в робочому приміщенні, де виконувалась розробка.

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які мають місце при технологічному процесі пайки:

- запиленість та загазованість повітря робочої зони;
- наявність інфрачервоного випромінювання від розплавленого припою;
- вплив електростатичного розряду;
- незадовільна освітленість робочого місця;
- незадовільні метеорологічні умови в робочій зоні;
- вплив бризок та капель розплавленого припою;
- можливість ураження електричним струмом;

група психофізіологічних шкідливих виробничих факторів: фізичні перевантаження(статичні та динамічні), нервово-психічні перевантаження (монотонність роботи, емоційні перевантаження).

На території організації повинно бути ізольоване приміщення для збору, короткочасного зберігання та утилізації відходів, отриманих при виконанні робіт з пайки.

Місце монтажника в робочому приміщенні: однотоумбовий стіл, стілець, регульований світильник, електропаяльник, панель для включення контрольно-вимірювальних приладів із клемою для заземлення.

Згідно СНиП 2.09.02-85 «Производство здания» площа виробничого приміщення на одного робітника дорівнює $4,5 \text{ м}^2$, об'єм – 15 м^3 , висота виробничого приміщення – 3м. Оскільки кількість робочих місць дорівнює 4, то приміщення з розмірами $4,7 \times 4 \times 3,5 \text{ м}$ задовольняє вищевказаним нормам.

5.1 Мікроклімат на робочому місці

До параметрів мікроклімату робочих приміщень відносять: температуру повітря, температуру робочої поверхні, відносну вологість, швидкість руху повітря та інтенсивність теплового випромінювання.

Оптимальні та допустимі значення параметрів мікроклімату залежно від періоду року й категорії робіт, забезпечуються згідно «Санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень» ДСН 3.3.6.042-99. Допустимі та оптимальні параметри, приведено в таблиці 4.1, для мікроклімату для категорії тяжкості робіт «I а» (сидяча робота, що не потребує фізичних навантажень, а енергетичні витрати становлять близько 120 ккал/годину).

Таблиця 5.1—Допустимі та оптимальні значення параметрів мікроклімату робочої зони (при постійному робочому місці).

Параметр	Холодний період		Теплий період	
	допустимі	оптимальні	допустимі	оптимальні
Температура, °С	21-25	22-24	22-28	23-25

Таблиця 5.1(Продовження)

Швидкість руху повітря, м/с	0,1	0,1	0,1-0,2	0,1
Відносна вологість, %	80	40-60	75	40-60

Для опалення робочого приміщення в холодну пору року, використовують 8-ми секційну чавунну батарею центрального опалення, завдяки чому підтримується нормальна температура повітря. Також є кондиціонер для підтримки постійної температури в приміщенні.

З таблиці видно, що в лабораторії всі параметри мікроклімату знаходяться в припустимих межах, крім температури повітря в холодний час року. Для того, щоб підвищити температуру і забезпечити оптимальні умови праці були проведені ряд заходів: утеплення входних дверей і віконних прорізів.

5.2 Шкідливі речовини в повітрі робочої зони

Всі різновиди процесів пайки і залуження супроводжуються забрудненням повітряного середовища: аерозолями припою і флюсу, парами різних рідин, які використовуються для змивання флюсу та розчинення лаків. Операції пайки і залужування супроводжуються забрудненням повітряного середовища в приміщеннях парами окису свинцю, олова, сурми та інших елементів, що входять до складу припою, а також парами каніфолі. Пари, потрапляючи в атмосферу цеху, конденсуються і перетворюються в аерозоль конденсації, дисперсний склад якого приведений в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 — Дисперсний склад парів каніфолі

Розмір часток, мкм	Відсоток часток даної фракції	Розподіл часток за масою, %	Швидкість випаровування, м/с
7	0,4	20	7
4	0,8	19,5	2,2
2	8,8	34,6	0,5
1,5	15	11,8	0,3
1,0	35	10	0,15
0,9	20	2,6	0,12
0,8	10	0,9	0,09

Знаходячись у запиленій атмосфері, робітники піддаються впливу пилу та парів, шкідливі речовини осідають на шкірі, потрапляють на слизову оболонку порожнини рота, очей, верхніх дихальних шляхів, зі слиною потрапляють у травний тракт, вдихаються в легені. Поряд із забрудненням повітряного середовища забруднюються робочі поверхні й одяг працюючих. Ступінь впливу аерозолів залежить від хімічного складу, який визначається хімічним складом припою.

Вміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони не повинен перевищувати гранично допустимих концентрацій [20] .

У таблиці 1.3 приведено шкідливі речовини, їх вплив на організм людини та гранично допустимі концентрації їх у повітрі.

Таблиця 5.3 — Вплив на організм людини шкідливих речовин

Компоненти	Характер токсичності	Клас небезпеки	ГДК у повітрі робочої зони, кг/м ³
Олово	Ураження бронхів, пролітеративнокритичну реакцію в бронхах. При тривалому впливі можливий пневмоконіоз.	3	10 - для окису олова
Свинець	При отруєнні спостерігається ураження нервової системи, крові, серцево-судинної системи, шлунково-кишкового тракту, статеві системи.	1	0,01
Каніфоль основа	Має дратівну дію. При тривалому впливі на шкіру викликає дерматит.		
Спирт етиловий	Має наркотичну та дратівливу дію. Викликає зміни в печінці, серцево-судинній системі, сухість шкіри при тривалому контакті	4	1000
Бензин	Діє як дратівник та наркотик. Функціональні нервові розлади, що супроводжуються м'язовою слабкістю, млявістю чи сонливістю, безсонням. Розлад травлення, печінки, тремтіння пальців та мови поразка шкіри. Характерний розвиток судом, зниження кров'яного тиску, сповільнення пульсу	4	300

Для визначення концентрації в атмосфері аерозолю свинцю при пайці і залуженні хвилею необхідно скористатися формулою:

$$C = y \cdot S \cdot t \cdot \frac{N}{V}, \quad (5.1)$$

де y — питоме утворення аерозолю свинцю, $\text{мг/м}^2 \cdot \text{год}$;

S — площа поверхні хвилі, м^2 ;

t — тривалість зміни, год ;

N — кількість робочих місць;

V — об'єм приміщення.

Питоме утворення аерозолю свинцю при залуженні та паянні хвилею олов'яно-свинцевим припоєм складає $3000\text{-}5000 \text{ мг/м}^2 \cdot \text{год}$. Площа поверхні хвилі дорівнює $0,004 \text{ м}^2$, тривалість зміни — 8 годин, об'єм приміщення — 360 м^3 , а кількість робочих місць дорівнює 1 . Виходячи з таких даних ми можемо визначити концентрацію аерозолю свинцю:

$$C = 4000 \cdot 0,004 \cdot 8 \cdot \frac{1}{360} = 0,356 \text{ мг/м}^3,$$

Згідно ГОСТ 12.1.005-88 гранично допустима концентрація аерозолю свинцю дорівнює $0,01 \text{ мг/м}^3$, таким чином, концентрація аерозолю свинцю перевищує ГДК, що потребує введення додаткових заходів захисту.

5.3 Електробезпека

Найбільш ймовірною причиною поразки робітників електричним струмом є дотик до струмоведучих частин електрообладнання при його аварійному режимі роботи, наприклад, у результаті руйнування робочої ізоляції.

Електрична мережа, що підведена до робочого місця – трьохфазна електромережа змінного струму частотою 50 Гц і напругою 220 В з заземленою нейтраллю, зануленням та з застосуванням автоматів струмового захисту.

Для підвищення електробезпеки в робочому приміщенні застосовується понижена напруга для електропаяльника (потужністю 25 Вт – 36 В). Для ви-

мірювальної апаратури використовується електромережа – 220 В. Клеми введення електроенергії до робочого місця обгороджені кожухом, щоб уникнути випадкового дотику. Штепсельні роз'єми, а також закріплення проводів і кабелів в електроінструментах відповідають технічним вимогам і мають елементи заземлення. Використовується подвійна ізоляція проводів, що живлять електропаяльники. Електроапаратуру підключають до джерела живлення через запобіжники з відповідними по струму і напрузі нормованими плавкими вставками [21].

Дане робоче приміщення, згідно НПАОП 40.1-1.21-98, відноситься до приміщень без підвищеної небезпеки.

Вимірювальна апаратура згідно з вимогами ГОСТ 12.2.007.0-75 має 0І та І класи щодо електрозахисту.

5.4 Нормалізація повітря робочої зони

Відповідно до СНиП 2.09.02-85 «Производственные здания»:

- Виробничі приміщення, в яких знаходяться ділянки пайки, повинні бути обладнані постійно діючою загальнообмінною та місцевою припливною - витяжною вентиляцією з розводкою припливу в робочу зону;
- На ділянках, де застосовуються речовини першого класу небезпеки (олово - свинцеві припої, берилій і його сплави, флюси та інші сполуки), системи місцевих відсмоктувачів повинні включатися до початку робіт і вимикатися після їх закінчення. Робота вентиляційних установок повинна контролюватися за допомогою світлової та звукової сигналізації, автоматично включатися при зупинці вентиляції;
- Приймачі повітря повинні кріпитися на гнучких або телескопічних повітроводах, здатних переміщатися в процесі монтажних робіт для максимального наближення до місця пайки, при цьому повинна бути надійна фіксація положення приймачів повітря;

- Повітря, що видаляється витяжними установками з виробничих приміщень і від устаткування, що містить токсичні гази і пил, повинне перед викидом в атмосферу проходити очищення через фільтри - вловлювачі.
- Внутрішні поверхні повітроводів витяжних систем і вентилятори повинні періодично очищатися від флюсу, забрудненого свинцем;
- Аналіз повітряного середовища повинен проводитися за графіком, що затверджується роботодавцем, не менше 1 разу на місяць. Крім того, незалежно від існуючого графіка, аналіз повітряного середовища повинен проводитися після кожної зміни технологічного процесу. оживість ураження електричним струмом;

5.5 Виробниче освітлення

У виробничих приміщеннях, призначених для пайки, має передбачатися природне і штучне освітлення відповідно до вимог будівельних норм і правил;

- Для місцевого освітлення робочих місць при виконанні робіт з паяння виробів повинні бути світильники з непросвічуваними відбивачами. Світильники повинні розташовуватися таким чином, щоб їх світіння, не влучало в поле зору працівників;
- На робочих місцях, призначених для виконання робіт з використанням мікроскопа, освітленість від системи комбінованого освітлення повинна бути не нижче 2500 лк;
- Контрольні вимірювання освітленості на робочих місцях в цехах і на ділянках пайки необхідно проводити не рідше двох разів на рік і результати вимірювань заносити у відповідний журнал реєстрації;
- У цехах і на ділянках пайки повинно бути обладнане автоматичне аварійне освітлення. До мережі аварійного освітлення не допускається приєднувати інші струмоприймачі;

– Для очищення світильників, ліхтарів і вікон необхідно застосовувати пристрої, що забезпечують безпеку робіт (сходи, пересувні підйомники тощо). Очищення світильників загального освітлення повинна проводитися два рази на місяць. Скло вікон і ліхтарів повинні очищатися періодично, не рідше двох разів на рік.

5.6 Технічні та організаційні вирішення питань з пожежної безпеки

В приміщенні лабораторії знаходиться багато твердих легкозаймистих речовин та матеріалів (меблі з дерева, пластикові вироби, гума, паперові вироби, що поглинає покриття на стінах). Згідно НАПБ Б.07.005-86 «Визначення категорій приміщень та споруд з вибухопожежної та пожежної безпеки», наукову та дослідницьку лабораторії відносять до пожежо- небезпечних приміщень категорії В (тверді горючі й важкогорючі речовини й матеріали, речовини й матеріали, що при взаємодії з водою, киснем, повітрям або одним з іншим можуть лише горіти).

Згідно з класифікацією що до робочої зони відповідно до ДНАОП 0.00-1.32-01 науково-дослідницької лабораторії та робочих зон, що відносяться до зон класу П-Па—пожежонебезпечне, які містять тверді легкозаймисті речовини, які не здатні до переходу у зважений стан.

Загоряння може бути через електричні іскри, коротке замикання, перевантаження електричних провідників, несправність електроапаратури, куріння в приміщенні. Тому для запобігання пожеж в приміщеннях проводять пожежно-профілактичні заходи: застосування запобіжників в електричних мережах, використання пило непроникних сполучних і розподільних коробок, а також проводиться інструктаж з техніки пожежної безпеки.

Згідно з ДСТУ 3675-98 12.4.009-75 та ISO 3941-77 в лабораторії знаходяться вогнегасники двох типів: вуглекислотний типу «ОУ-5» і порошковий «ОП-2». «ОУ-5» розташований на висоті 1,5 м від підлоги поруч з виходом.

В коридорах знаходяться ящики, в яких знаходиться пожежний кран і пожежний рукав, а також вогнегасник типу «ОХП-2».

В протилежних кінцях коридору розташовані телефонні апарати, над якими розміщено таблички з номерами телефонів для виклику внутрішньої і міської пожежної служби.

В науково-дослідних лабораторіях є план евакуації на випадок виникнення надзвичайної ситуації. Максимальна віддаль робочих місць від евакуаційних виходів і ширина евакуаційних проходів відповідають вимогам СНиП 2.02.02-85 та СНиП 2.01.02-85.

В робочому приміщенні виконано всі вимоги НАПБ А.01.001-2004 «Правил пожежної безпеки України».

5.7 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Безпека в НС регламентується ПЛІАС (План Ліквідації Аварійних Ситуацій). Основними складовими частинами ПЛІАС є розробка технічних рішень та організація заходів щодо оповіщення, евакуації та дій персоналу при виникненні НС, а також визначення основних заходів з пожежної безпеки.

5.7.1 Вимоги до ефективності роботи систем оповіщення персоналу у разі виникнення надзвичайної ситуації

Розміри зон оповіщення, черговість оповіщення та час початку оповіщення людей в окремих зонах визначаються, виходячи з умов забезпечення безпечної та своєчасної евакуації людей у разі виникнення НС. Оповіщення про НС та управління евакуацією людей здійснюється одним з наступних способів або їх комбінацією:

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

- трансляція текстів про необхідність евакуації, шляхи евакуації, напрямки руху й інші дії, спрямовані на забезпечення безпеки людей;
- трансляція спеціально розроблених текстів, спрямованих на запобігання паніці й іншим явищам, що ускладнюють евакуацію;
- трансляція спеціально розроблених текстів, спрямованих на запобігання паніці й іншим явищам, що ускладнюють евакуацію;
- трансляція спеціально розроблених текстів, спрямованих на запобігання паніці й іншим явищам, що ускладнюють евакуацію;
- розміщення знаків безпеки на шляхах евакуації згідно з ДСТУ ISO 6309;
- ввімкнення евакуаційних знаків «Вихід»;
- ввімкнення евакуаційного освітлення та світлових покажчиків напрямку евакуації.

Кількість оповіщувачів, їх розміщення та потужність повинні забезпечувати необхідну чутність у всіх місцях постійного чи тимчасового перебування людей. У місцях, де є небезпека механічного ушкодження оповіщувачів, повинен бути забезпечений їх захист, що не порушує працездатності оповіщувачів. Встановлення звукових та мовних оповіщувачів у виробничих приміщеннях повинно виключати можливість концентрації та нерівномірного розподілу звуку. Оповіщувачі повинні підключатися до мережі без роз'ємних пристроїв і не мати регуляторів гучності. Сигнали оповіщення про пожежу повинні відрізнятися від сигналів іншого призначення. Комунікації системи оповіщення людей про пожежу можуть проектуватися суміщеними з радіотрансляційної мережею будівлі. Електропостачання, заземлення, занулення, вибір та прокладання мереж оповіщення приймаються згідно з вимогами до систем пожежної сигналізації за ДБН В.2.5-56-2014 «Системи протипожежного захисту». Управління системою оповіщення слід передбачати з приміщення пожежного поста, диспетчерської або іншого спеціального приміщен-

ня. Вимоги до такого приміщення приймаються за аналогією з вимогами до приміщень чергового персоналу з ДБН В.2.5-56-2010.

5.7.2 *Обов'язки та дії персоналу у разі виникнення надзвичайної ситуації*

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

- повідомити про НС керівника, адміністрацію, пожежну охорону підприємства;
- організувати оповіщення людей про НС;
- вжити заходів щодо евакуації людей та матеріальних цінностей;
- вжити заходів щодо ліквідації наслідків НС з використанням наявних засобів.

Керівник та пожежна охорона установки, яким повідомлено про виникнення пожежі, повинні:

- перевірити, чи викликані підрозділи ДСНС;
- 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 ліквідації НС;
- перевірити здійснення оповіщення людей про НС;
- забезпечити дотримання техніки безпеки працівниками, які беруть участь у ліквідації НС;
- організувати зустріч підрозділів ДСНС та Державної пожежної охорони, надати їм допомогу у локалізації і ліквідації НС.

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

6 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ

Мета розділу — проведення маркетингового аналізу стартап проекту задля визначення принципової можливості його ринкового впровадження та можливих напрямів реалізації цього впровадження.

6.1 Опис ідеї

В межах цього підрозділу аналізується зміст ідеї, можливі напрямки застосування, основні вигоди які може отримати користувач товару та відмінності від існуючих аналогів та заміників.

Таблиця 6.1— Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Розробка конструкції ультразвукового далекоміру та відповідного для роботи програмного забезпечення	Побут	Більш точне визначення відстані

Основним конкурентом розроблюваного приладу є інші пристрої визначення відстані (лазерні далекоміри). Основною відмінністю є алгоритм роботи, спосіб відтворення результатів та доступність пристрою.

Таблиця 6.2— Визначення характеристик ідеї

№ п/п	Техніко- економічні характеристики ідеї	W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
1	Простота			+
2	Дешевизна			+

3	Швидкодія		+	
---	-----------	--	---	--

6.2 Технологічний аудит ідеї проекту

В межах даного підрозділу проводиться аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею проекту.

Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз таких складових табл. 6.3:

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

Таблиця 6.33 — Технологічна можливість проекту

п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
	Покращення параметрів та характеристик активної безпеки автомобіля та розширення її застосування.	Технологія 1 (надання послуги)	Потрібно розробити	Доступні
		Технологія 2 (Наявність бази досліджень)	Наявні	Доступні
		Технологія 3 (База проведення досліджень (випробувань))	Потрібно розробити	Доступні
		Технологія 4 (Оформлення результатів дослідження)	Потрібно розробити	Доступні
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: Технологія 2				

6.3 Аналіз ринкових можливостей запуску

В межах даного підрозділу проводиться визначення ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту. Визначення ринкових можливостей дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів.

Таблиця 6.4 — Попередня характеристика потенційного ринку

№ п/п	Показники стану ринку	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	1
2	Середня норма рентабельності в галузі, %	Невідома
3	Динаміка ринку	Зростає
4	Наявність обмежень для входу	Невідома
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Існують

За результатами аналізу важливо зробити висновок щодо привабливості для впровадження проекту за попереднім оцінюванням.

Визначимо потенційні групи клієнтів. Цільова аудиторія — люди з обмеженими можливостями зору, будівельники та фанати пригородницьких квес-тів.

Проведемо аналіз ринкового середовища: складемо таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому перешкоджають.

Таблиця 6.4— Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Новий функціонал ПЗ конкурентів	Покращення технології, що призведе до збільшення точності вимірів або зменшення собівартості	Вихід з ринку

Таблиця 6.5— Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Новий функціонал проєкті що розробляється	Покращення технології, що призведе до збільшення точності вимірів або зменшення собівартості	Розроблення цього функціоналу

Проведемо SWOT-аналіз.

Таблиця 6.11 — SWOT-аналіз стартап-проєкту

<p>Сильні сторони:</p> <p>Простота</p> <p>Дешевизна</p> <p>Швидкодія</p>	<p>Слабкі сторони:</p> <p>Невідома компанія</p> <p>Відсутність стартового капіталу</p>
<p>Можливості:</p> <p>Розширення функціоналу</p> <p>Нові технології</p>	<p>Загрози:</p> <p>Продукти-замінники</p>

За результатами аналізу можна зробити висновок, що працювати на даному ринку можна незважаючи на конкурентну ситуацію. Для поширення

продукту він повинен володіти рядом факторів, які відрізняють його від існуючого конкурента.

З огляду на SWOT-аналіз можна прийти до висновку що нема потреби розробляти альтернативи ринкового впровадження цього проекту.

Розробимо три-рівневу маркетингову модель товару з метою уточнення ідеї продукту, його фізичних складових, особливостей його надання табл. 6.6.

Таблиця 6.6—три-рівнева маркетингова модель

Рівні товару	Сутність та складові
I. Товар за задумом	Опис базової потреби споживача, яку задовольняє товар (згідно концепції), її основної функціональної вигоди
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики
	1. Нові способи відтворення результатів. 2. Зниження вартості більш точного виміру відстані
	Якість: стандарти, нормативи, параметри тестування тощо
	Пакування
	Марка: назва організації-розробника + назва товару
III. Товар із підкріпленням	До продажу — рівень розробки
	Після продажу — алгоритм та метод роботи
За рахунок цього потенційний товар буде захищено від копіювання: Захист інтелектуальної власності	

Варто відзначити, що товар буде захищено від копіювання за рахунок захисту ідеї товару (захист інтелектуальної власності).

ВИСНОВКИ

1. З аналізу аналогів видно, що в даного пристрою будуть конкуренти, але він зможе знайти своє місце на ринку за рахунок своєї доступності, простоти та унікального способу відтворення результатів (за рахунок звуку з динаміку та *LCD*-дисплею).
2. Розроблений пристрій має такі параметри:
 - друкована плата — 50 x 60 x 1мм;
 - корпус — 145 x 81 x 48;
 - частота імпульсів — 40 кГц;
 - напруга живлення — 5 В.
3. По результатах експериментальних досліджень видно, що похибка вимірів відстані коливається в межах 1,5...0,1% (по модулю). Найкращі умови вимірювання для датчика у тому випадку, коли перешкоди мають плоску, перпендикулярну промінню, поверхню. У разі більш округлої поверхні (в даному випадку циліндр та конус) рівня відбитого сигналу може бути не достатньо для отримання результату. Циліндр з діаметром 10 см було зафіксовано тільки на відстані 50 см і при нульовому куті зміщення. Також було зафіксовано, що при збільшенні відстані до об'єкта зондування відносна похибка вимірювань зростає, на відміну від циліндра, зміщеного на кут 10° та 20° . У даному випадку похибка зі збільшенням відстані зменшується. Цей результат було зафіксовано, але пояснити не вдалося.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. ГОСТ 15150-69.Машины, прилади та інші технічні прилади. Виконання для різних кліматичних районів. Категорії, умови експлуатації, зберігання і транспортування. – Введ. 2005-12-21.– Москва : Держстандарт Росії, 2001. – 6 с. – (Міжнародний стандарт)
2. ГОСТ 16019-2001. Апаратура сухопутного рухомого зв'язку. Вимоги по стійкості до дії механічних і кліматичних факторів. Методи випробувань. – Введ. 2002-02-12. – Москва : Держстандарт Росії, 2001. – 6 с. – (Міжнародний стандарт)
3. Ультразвуковий далекомір з лазерною указкою *CAPITAL CP3009* | Інтернет — магазин «*Masteram*» — *Masteram.com.ua* [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://masteram.com.ua/uk/Ultrasonic-Distance-Meter-Laser-Point-CAPITAL-CP-3009-2-60-feet.php> - назва з екрану.
4. Лазерний далекомір *CAPITAL CP3007* | Інтернет — магазин «*hotzone*» — <https://hotzone.com.ua> [Електронний ресурс]. — Режим доступу:<https://hotzone.com.ua/shop/393/desc/ultrazvukovoj-dalnomer-s-lazernoj-ukazkoj-capital-cp-3007>.
5. С2-33-05 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.kontest.ru/datasheet/unknown/cf012510k-5.pdf> – назва з екрану.
6. К50-68 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.trzrus.narod.ru/cap/k50-68r.pdf> – назва з екрану.
7. К10-17Б [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://lib.chipdip.ru/056/DOC000056282.pdf> – назва з екрану.
8. *Atmega 328* [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://www.atmel.com/images/Atmel-8271-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega48A-48PA-88A-88PA-168A-168PA-328-328P_datasheet_Complete.pdf – назва з екрану.

9. *HS-SR04* [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://arduino-kit.ru/catalog/id/ultrazvukovoy-datchik-hc-sr04> - назва з екрану.
10. *WH0802* [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.promelec.ru/pdf/wh0802a.pdf> - назва з екрану.
11. *BMT-1203UX* [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.kosmodrom.com.ua/el.php?name=BMT-1203UX> – назва з екрану.
12. *AM1/4S-0503SZ* [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://cdn-shop.adafruit.com/product-files/2165/LD1117.pdf> –назва з екрану.
13. Кварцевий резонатор [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://lib.chipdip.ru/051/DOC000051109.pdf> – назва з екрану.
14. *KCD-102-1* [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.hobbytronics.co.za/Content/external/1106/JINGHAN_ROCKER_SWITCH_KCD1_101.pdf– назва з екрану.
15. Склотекстоліт *FR-4* [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.rcscomponents.kiev.ua/datasheets/FR4_datasheet.pdf – назва з екрану.
16. Коваленко М.М. Проектування друкованої плати. Навчально методичний посібник для студентів радіотехнічних спеціальностей. Київський радіомеханічний технікум/Коваленко М.М. — К.:1998.– 26 с.: іл.
17. Белинский Т.В. Практическое пособие по учебному конструированию РЭА / Белинский Т. В., Гондюл В.П., Грозин А.Б., Круковський-Синевич К.Б., Мазор Ю.Л. — К.: Вища школа, 1992. —496 с.
18. Баканов Г. Ф. Основы конструирования и технологии радиоэлектронных средств / Баканов Г.Ф., Соколов С.С., Суходольский В.Ю.] под редакцией И.Г. Мироненко М.: Издательский центр «Академия», 2007. — 368 с.
19. Ямпурин Н.П. Основы надежности электронных средств: учеб. Пособие для студентов всех форм обучения / А.В. Баранова, Н.П. Ямпурин; НГТУ (АПИ) – Нижний Новгород: НГТУ, 2005. — 97 с Баканов Г.Ф.

20. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів ДНАОП0.00-121-98 —1С Основа,1998. — 380 с.

21. Вимоги безпеки до електричного устаткування для вимірювання, керування та лабораторного застосування. Частина 1. Загальні вимоги ІЕС 61010-1:2005 — К.: Держспоживстандарт України, 2008 — 96 с. : табл. (Національний стандарт України).

Савицький, С. Ю. РІ-72МП, 2018