

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

Приладобудівний факультет

Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Юрій КИРИЧУК

«__» _____ 20__ р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

**за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерно-інтегровані системи
та технології в приладобудуванні»**

спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

**на тему: «Пристрій виявлення землетрусу для системи забезпечення
життєдіяльності»**

Виконав:

студент IV курсу, групи ПК-01

Тиненік Григорій Романович _____

Керівник:

доцент, к.т.н.

Писарець Анна Валеріївна _____

Рецензент:

доцент, к.т.н.

Козир Олег Васильович _____

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2024 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4	ПК 01.20.1760.000 ПЗ	Пояснювальна записка	65	
2	A2	ПК 01.20.1760.001 СхС	Схема структурна	1	
3	A2	ПК 01.20.1760.002 СхФ	Схема функціональна	1	
4	A1	ПК 01.20.1760.003 СК	Складальний кресленик	1	
5	A1	ПК 01.20.1760.004 СхА	Схема алгоритму	1	
6	A1	ПК 01.20.1760.005	Код алгоритму	1	
7	A1	ПК 01.20.1760.006	Плакат	1	
8	A2	ПК 01.20.1760.007 СхЕ	Схема принципова	1	

				ДП ПК01.20.1760.000	
	ПІБ	Підп.	Дата		
Розробник	Тиненік Г.Р.			Лист	Листів
Керівник	Писарець А.В.			1	1
Консульт.				Відомість дипломного проекту КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. АСНК Гр. ПК-01	
Н/контр.					
Зав. каф.	Киричук Ю.В.				

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Пристрій виявлення землетрусу для системи
забезпечення життєдіяльності»

Київ – 2024 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Приладобудівний факультет
Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

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

Освітньо-професійна програма «Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Юрій КИРИЧУК

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Тиненіку Григорію Романовичу

1. Тема проєкту «Пристрій виявлення землетрусу для системи забезпечення життєдіяльності», керівник проєкту доцент, к.т.н. Писарець Анна Валеріївна затверджені наказом по університету від «30» травня 2024 р. №2121-с.

2. Термін подання студентом проєкту «11» червня 2024 року

3. Вихідні дані до проєкту: розробити пристрій для виявлення землетрусів з використанням мікроконтролера NodeMCU ESP8266 та акселерометра ADXL335, який забезпечуватиме своєчасне оповіщення про сейсмічну активність через Telegram бот. Пристрій повинен мати високу чутливість, швидку обробку даних, надійність у роботі та доступність у використанні.

4. Зміст пояснювальної записки:

Вступ, аналіз сучасних інструментів виявлення землетрусів (традиційні сейсмометри, акселерометри, геофони, системи раннього попередження в

різних країнах, висновки до розділу 1), розробка бюджетного пристрою для виявлення землетрусів та оповіщення органів безпеки (концепція та вимоги до пристрою, збірка пристрою, розробка ПЗ, висновки до розділу 2), розробка корпусу (вимоги до корпусу пристрою, порівняння матеріалів для корпусу, проектування корпусу, висновки до розділу 3), висновки, список використаних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо):

1 – Схема структурна

2 – Схема функціональна

3 – Складальний кресленик

4 – Схема алгоритму

5 – Код алгоритму

6 – Плакат

7. Дата видачі завдання: «01» березня 2024 року.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Формулювання завдання проекту	01.03.2024	
2	Проведення аналітичного огляду	15.04.2024	
3	Визначення алгоритму роботи	01.05.2024	
4	Підбір компонентів	20.05.2024	
5	Розробка креслеників	25.05.2024	

Студент

ТИНЕНІК Г.Р.

Керівник

ПИСАРЕЦЬ А.В.

Анотація

У цьому дипломному проєкті розроблено бюджетний пристрій для виявлення землетрусів та систему оповіщення відповідних служб через бота в месенджері Telegram. У першому розділі проаналізовано сучасні інструменти виявлення землетрусів, такі як традиційні сейсмометри, акселерометри, геофони, а також системи раннього попередження в різних країнах, зокрема ShakeAlert (США) та EEW (Японія). Другий розділ присвячено розробці бюджетного пристрою для виявлення землетрусів та оповіщення органів безпеки, включаючи різні алгоритми роботи. У третьому розділі розглянуто оптимізований корпус для приладу, що відповідає вимогам нашої схеми. Окрім цього, розглянуто різні аспекти впливу зовнішніх умов на роботу пристрою та запропоновано рішення для підвищення його стійкості та надійності. Використання доступних та недорогих компонентів забезпечує можливість широкого впровадження розробки у різних регіонах з високою сейсмічною активністю, що сприяє підвищенню рівня безпеки населення.

Ключові слова: виявлення землетрусу, система оповіщення, акселерометри, Telegram бот.

Annotation

In this project, a budget-friendly device for earthquake detection and a system for alerting relevant services via a bot in the Telegram messenger were developed. The first chapter analyzes modern earthquake detection tools, such as traditional seismometers, accelerometers, geophones, as well as early warning systems in various countries, including ShakeAlert (USA) and EEW (Japan). The second chapter is dedicated to the development of a budget device for earthquake detection and alerting safety authorities, including various operational algorithms. The third chapter examines the optimized casing for the device, which meets the requirements of our design. Additionally, various aspects of the impact of external conditions on the device's operation were considered, and solutions were proposed to enhance its resilience and reliability. The use of accessible and inexpensive components ensures the possibility of wide implementation of the development in different regions with high seismic activity, contributing to increased safety for the population.

Keywords: Earthquake detection, notification system, accelerometers, Telegram bot.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ВИЯВЛЕННЯ ЗЕМЛЕТРУСІВ	10
1.1 Традиційні сейсмометри	10
1.2 Акселерометри	13
1.3 Геофони.....	15
1.4 Системи раннього попередження в різних країнах.....	17
1.5 Висновки до розділу 1	19
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА БЮДЖЕТНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ЗЕМЛЕТРУСІВ ТА ОПОВІЩЕННЯ ОРГАНІВ БЕЗПЕКИ	22
2.1 Концепція та вимоги до пристрою.....	22
2.2 Збірка пристрою	29
2.3 Розробка ПЗ	40
2.4. Висновки до розділу 2	49
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА КОРПУСУ	52
3.1 Вимоги до корпусу пристрою.....	52
3.2 Порівняння матеріалів для корпусу	54
3.3 Проектування корпусу	57
3.4. Висновки до розділу 3	60
Висновки	62
Список використаних джерел	64

					ПК 01.20.1760.000 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Ар</i>	<i>№ до</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>	<i>Тиненік Г.Р.</i>				Пристрій виявлення землетрусу для системи забезпечення життєдіяльності	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.реві</i>	<i>Писарець А.В.</i>					8		
<i>Реценз.</i>						ПБФ, ПК-01		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>	<i>Писарець А.В.</i>							

ВСТУП

Землетруси є однією з найруйнівніших природних катастроф, що призводять до значних жертв, економічних втрат і соціальних проблем. Вивчення та розробка систем виявлення землетрусів стає дедалі важливішим, враховуючи, що 40% населення планети проживає в зонах з високою сейсмічною активністю. Землетруси можуть відбуватися несподівано, і навіть кілька секунд попередження можуть зберегти життя та мінімізувати збитки.

Глобальний моніторинг та раннє попередження землетрусів є надзвичайно важливим. Системи, такі як ShakeAlert у США та EEW у Японії, демонструють високий рівень технологічного прогресу. Проте ці системи дорогі у впровадженні та підтримці, що обмежує їх використання в менш розвинених країнах. Існує потреба в доступніших рішеннях для виявлення землетрусів.

На національному та місцевому рівнях ефективна система виявлення землетрусів може суттєво зменшити наслідки катастрофи. Важливим є забезпечення координації між різними організаціями для швидкого реагування на надзвичайні ситуації. Це потребує міждисциплінарного підходу, що включає інженерні рішення та інформаційні технології.

Цей дипломний проект спрямований на розробку бюджетного пристрою для виявлення землетрусів та систему оповіщення через бота в месенджері Telegram. Проект аналізує існуючі інструменти виявлення землетрусів та системи раннього попередження в різних країнах. Це дозволяє визначити основні вимоги та характеристики для створення ефективного пристрою.

Таким чином, цей проект пропонує комплексне рішення для виявлення землетрусів та оперативного оповіщення, що є важливим кроком до підвищення безпеки та зменшення наслідків землетрусів.

					ПК 01.20.1760.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1.

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ВИЯВЛЕННЯ ЗЕМЛЕТРУСІВ

1.1 Традиційні сейсмометри

Традиційні сейсмометри є основними інструментами для виявлення та аналізу сейсмічних хвиль. Їхня конструкція базується на маятниковому принципі, де інерційна маса залишається нерухомою при русі земної поверхні, дозволяючи реєструвати коливання землі.

Основні компоненти традиційних сейсмометрів

Традиційні сейсмометри складаються з кількох основних компонентів. Центральним елементом є маятник, що складається з масивної інертної маси, підвішеної на пружині або іншому типі підвіски. Каркас сейсмометра є фіксованою частиною, прикріпленою до землі або ґрунту, який рухається разом із земними коливаннями. Маятник залишається відносно нерухомим, що дозволяє вимірювати переміщення землі.

Датчик перетворює механічні рухи маятника в електричні сигнали, які можуть бути індуктивного, ємнісного або п'єзоелектричного типу. Підсилювач збільшує амплітуду сигналів від датчика, а реєстратор записує їх для подальшого аналізу. Ці компоненти забезпечують точне вимірювання та записування земних коливань, що дозволяє вивчати дані про землетруси та інші сейсмічні події з високою точністю. На рис. 1.1. можна побачити внутрішні елементи сучасного традиційного сейсмометра.

					ПК 01.20.1760.000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 1.1. Внутрішні компоненти сейсмометра SMG-3T

Принцип дії

Коли земна поверхня коливається через сейсмічну активність, ці коливання передаються на каркас сейсмометра. Маятник, завдяки своїй інерції, намагається залишатися нерухомим, і його відносний рух відносно каркасу реєструється датчиком. Цей рух перетворюється в електричний сигнал, який підсилюється і записується для подальшого аналізу.

Індуктивні датчики використовують зміну магнітного поля для генерації електричного сигналу. Коли маятник рухається, магнітний потік через котушку змінюється, що індукує електричний струм, пропорційний швидкості руху маятника.

Ємнісні датчики вимірюють зміну електричної ємності між рухомими і нерухомими пластинами. Рух маятника змінює відстань між пластинами, що змінює ємність і, відповідно, електричний сигнал.

П'єзоелектричні датчики використовують п'єзоелектричні матеріали, які генерують електричний заряд під дією механічного тиску. Коли маятник рухається, він створює тиск на п'єзоелектричний матеріал, що генерує електричний сигнал.

					ПК 01.20.1760.000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сучасне застосування традиційних сейсмометрів

Традиційні сейсмометри широко використовуються у сейсмології для моніторингу та вивчення землетрусів. Вони є основними інструментами в сейсмічних мережах, що розташовані по всьому світу, і забезпечують збір даних для аналізу сейсмічної активності [1]. На рис. 1.2 можна побачити глобальну сейсмографічну мережу.

Традиційні сейсмометри встановлюються у сейсмічних станціях, що розташовані в сейсмонебезпечних районах. Вони реєструють коливання земної поверхні, забезпечуючи дані для визначення місця, часу і магнітуди землетрусів. Ці дані використовуються для розуміння механізмів землетрусів та прогнозування майбутніх подій.

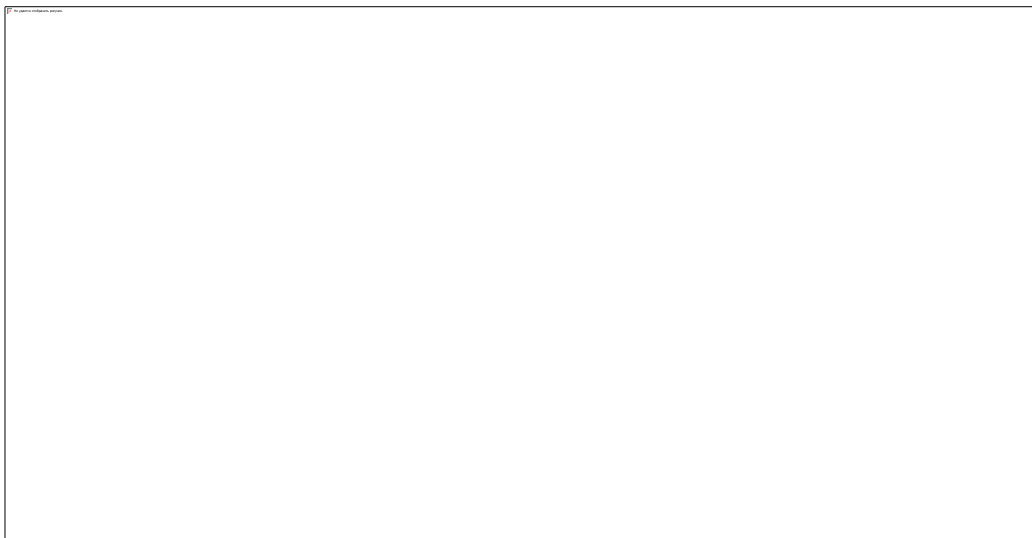


Рис. 1.2. Розподіл станцій Глобальної сейсмографічної мережі (GSN). Станції USGS GSN позначені синім, а станції IRIS/IDA позначені зеленим

Переваги та недоліки традиційних сейсмометрів

Традиційні сейсмометри мають кілька важливих переваг. Однією з них є простота конструкції, яка забезпечує їхню надійність і довговічність. Завдяки простій конструкції, ці прилади можуть працювати у важких умовах і забезпечувати надійні вимірювання протягом тривалого часу. Ще однією важливою перевагою є висока чутливість, що дозволяє традиційним

					ПК 01.20.1760.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

сейсмометрам реєструвати навіть найменші коливання земної поверхні. Це робить їх незамінними інструментами для точного моніторингу сейсмічної активності. Вони використовуються в багатьох сейсмологічних станціях по всьому світу, що підтверджує їх ефективність.

Проте, існують і деякі недоліки, властиві традиційним сейсмометрам. Одним з них є обмежений частотний діапазон, що може обмежувати їх здатність реєструвати коливання певних частот. Вони також можуть бути чутливими до змін зовнішніх умов, таких як температура і вологість, що може впливати на точність вимірювань. Для забезпечення стабільної точності вимірювань традиційні сейсмометри потребують регулярного калібрування і обслуговування, що може вимагати додаткових ресурсів і часу. Незважаючи на ці недоліки, вони залишаються важливими інструментами в арсеналі сейсмологів. [2]

1.2 Акселерометри

Акселерометри є ключовими інструментами для виявлення та аналізу землетрусів. Вони вимірюють прискорення, що виникає внаслідок сейсмічних хвиль, і перетворюють його в електричний сигнал, який може бути проаналізований для визначення характеристик землетрусу.

Основні компоненти акселерометрів

Акселерометри складаються з кількох ключових компонентів. Центральним елементом є маса, яка рухається під дією зовнішніх сил, таких як сейсмічні хвилі. Підвісна система утримує цю масу і дозволяє їй вільно рухатися відносно корпусу приладу.

Датчик перетворює механічний рух маси в електричний сигнал. Найчастіше використовуються п'єзоелектричні або ємнісні датчики, оскільки вони забезпечують високу точність і чутливість. Корпус акселерометра є

					ПК 01.20.1760.000 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

жорсткою оболонкою, яка захищає внутрішні компоненти від зовнішніх впливів, таких як пил, волога та механічні пошкодження.

Принцип дії

Акселерометри працюють за принципом інерції. Коли земна поверхня коливається через сейсмічну активність, інерційна маса акселерометра зсувається відносно свого корпусу. Цей рух реєструється датчиком, який перетворює його на електричний сигнал. Розглянемо два основні типи датчиків, які використовуються в акселерометрах:

1. П'єзоелектричні датчики: Використовують п'єзоелектричні матеріали, які генерують електричний заряд під дією механічного тиску. Коли маса рухається, вона створює тиск на п'єзоелектричний матеріал, що генерує сигнал, пропорційний прискоренню.
2. Ємнісні датчики: Вимірюють зміну електричної ємності між рухомими і нерухомими пластинами. Рух маси змінює відстань між пластинами, змінюючи ємність і, відповідно, електричний сигнал.

На рис. 1.3 можна побачити схему типового акселерометру.

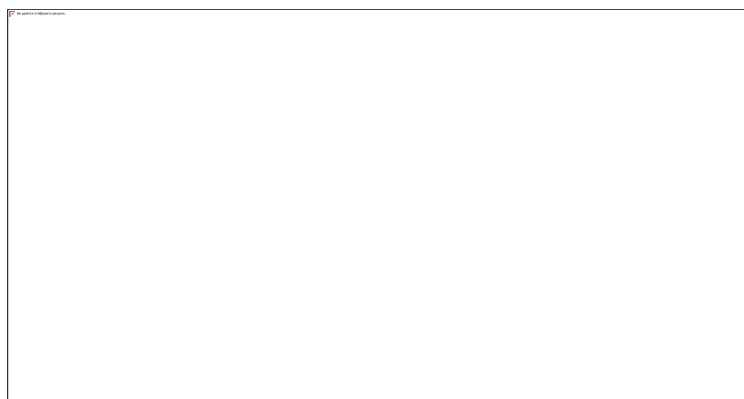


Рис. 1.3. Схема акселерометра

Переваги та недоліки акселерометрів

Акселерометри мають кілька важливих переваг. Вони відзначаються високою чутливістю, що дозволяє реєструвати дуже малі коливання землі. Це

					ПК 01.20.1760.000 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

робить їх незамінними для точних вимірювань сейсмічної активності. Крім того, акселерометри можуть вимірювати коливання в широкому діапазоні частот, що забезпечує їх універсальність у різних додатках. Висока надійність і стабільність вимірювань протягом тривалого часу також є важливою перевагою акселерометрів. Завдяки своїм невеликим розмірам, вони є компактними і можуть бути встановлені в різних місцях, включаючи важкодоступні [3].

Проте, акселерометри мають і деякі недоліки. Вони можуть бути чутливими до змін температури та вологості, що впливає на точність вимірювань. Це означає, що для забезпечення точних даних акселерометри потребують регулярного калібрування. Без належної калібровки їхні показники можуть втрачати точність, що знижує їх ефективність у довгостроковій перспективі.

1.3 Геофони

Геофони є одними з основних інструментів для виявлення сейсмічної активності. Вони використовуються для вимірювання швидкості руху ґрунту і часто застосовуються в сейсмологічних дослідженнях та сейсмічній розвідці.

Принцип роботи геофона

Геофон складається з кількох основних компонентів. Центральним елементом є інерційна маса, яка вільно підвішена всередині корпусу. Пружина утримує інерційну масу і дозволяє їй вільно рухатись у відповідь на зовнішні коливання. Катушка, закріплена на інерційній масі, розташована в магнітному полі, яке створює фіксований магніт.

Коли геофон піддається впливу сейсмічних хвиль, інерційна маса починає рухатись. Це рух призводить до переміщення катушки в магнітному полі, що індукує електричний струм у катушці. Величина і напрямок цього струму залежать від швидкості і напрямку руху інерційної маси. Таким чином,

					ПК 01.20.1760.000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

геофон перетворює механічні коливання у електричні сигнали, які можуть бути використані для подальшого аналізу сейсмічної активності.

Принцип роботи геофона базується на законі електромагнітної індукції. Коли земна поверхня коливається через сейсмічну активність, корпус геофона рухається разом із землею, в той час як інерційна маса через свою інерцію залишається відносно нерухомою. Це призводить до відносного руху між катушкою і магнітом, що індукує електричний струм у катушці. Величина та частота цього струму пропорційні швидкості та частоті коливань ґрунту.

Сучасне використання геофонів

Геофони широко використовуються в різних галузях, забезпечуючи точне вимірювання та аналіз сейсмічних хвиль. У сейсмології геофони є важливими інструментами для реєстрації сейсмічних хвиль, що виникають під час землетрусів. Вони встановлюються на сейсмологічних станціях та в сейсмічних мережах для моніторингу сейсмічної активності

У сейсмічній розвідці геофони використовуються для проведення сейсмічних досліджень, які застосовуються у нафтовій та газовій промисловості для виявлення родовищ корисних копалин. Вони розташовуються по сітці на досліджуваній території та реєструють сейсмічні хвилі, що відбиваються від різних шарів ґрунту, що дозволяє створювати детальні карти підземних структур.

В інженерній геології геофони застосовуються для оцінки стану ґрунту і визначення його властивостей. Це важливо при будівництві споруд, мостів та інших інфраструктурних об'єктів, щоб забезпечити їхню стійкість до сейсмічних навантажень. Геофони допомагають виявити можливі проблеми з ґрунтом та оцінити ризики, пов'язані з сейсмічною активністю в зоні будівництва [4].

					ПК 01.20.1760.000 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Переваги та недоліки геофонів

Геофони мають кілька важливих переваг. Вони відзначаються високою чутливістю, що дозволяє реєструвати дуже малі коливання ґрунту, роблячи їх незамінними для точних вимірювань сейсмічної активності. Завдяки простій конструкції, геофони забезпечують високу надійність та довговічність в експлуатації, що є важливою перевагою при тривалому використанні в різних умовах. Крім того, вони мають широкий діапазон застосувань і можуть використовуватися в різних галузях, від наукових досліджень до промислових застосувань, таких як нафтовидобуток, газова промисловість і будівництво.

Проте, геофони також мають деякі недоліки. Вони можуть бути чутливими до змін температури та вологості, що впливає на точність вимірювань. Для забезпечення точних даних важливо враховувати ці фактори при встановленні та експлуатації геофонів. Крім того, для точного вимірювання геофони повинні бути встановлені на поверхні ґрунту або закопані на невелику глибину, що може вимагати додаткових зусиль та часу під час монтажу.

1.4 Системи раннього попередження в різних країнах

Системи раннього попередження про землетруси є важливими інструментами для зменшення наслідків цих природних катастроф. Вони дозволяють вчасно оповістити населення та органи безпеки про наближення сейсмічних хвиль, що дозволяє вжити необхідних заходів для збереження життя та мінімізації збитків. Розглянемо дві з найрозвиненіших систем раннього попередження у світі — ShakeAlert у США та EEW у Японії.

Загальний принцип роботи

Обидві системи — ShakeAlert і EEW — працюють за схожим принципом. Вони використовують мережі високочутливих сейсмічних

					ПК 01.20.1760.000 ПЗ	Арк.
						17
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

датчиків, розташованих на великих територіях, для моніторингу сейсмічної активності в реальному часі. Коли сейсмічні датчики виявляють початкові ознаки землетрусу, система швидко аналізує дані для оцінки місця, часу та магнітуди події. Якщо землетрус має потенціал спричинити значні руйнування, система надсилає попередження до населення та органів безпеки [5].

Основні компоненти систем

Сейсмічні датчики: Мережі сейсмометрів, що безперервно реєструють коливання земної поверхні.

Центри обробки даних: Регіональні центри, які аналізують дані для визначення параметрів землетрусу.

Оповіщувальна система: Інфраструктура для надсилання попереджувальних повідомлень через різні канали зв'язку, включаючи мобільні додатки, SMS, соціальні мережі, телебачення та радіо.

Переваги та виклики

Система раннього попередження про землетруси має кілька важливих переваг. Однією з головних переваг є швидке реагування, оскільки попередження можуть надходити за кілька секунд до прибуття руйнівних сейсмічних хвиль. Це дає змогу людям вжити необхідних заходів безпеки, таких як евакуація або пошук укриття. Використання різних каналів зв'язку забезпечує широке охоплення населення, що дозволяє передати попередження максимально можливій кількості людей у найкоротший час. Крім того, система попередження дозволяє захистити інфраструктуру, автоматично зупиняючи поїзди, відключаючи газові системи та виконуючи інші захисні заходи, що можуть зменшити шкоду та зберегти життя.

Однак існують і виклики, пов'язані з реалізацією такої системи. Одним з головних викликів є технологічні обмеження, адже необхідно забезпечити високу точність даних для мінімізації помилкових спрацювань. Це вимагає

					ПК 01.20.1760.000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використання високоточних сейсмічних датчиків та складних алгоритмів обробки даних. Іншим викликом є високі інфраструктурні витрати на встановлення та підтримку мережі сейсмічних датчиків та центрів обробки даних. Це включає як фінансові витрати, так і значні ресурси для підтримки працездатності системи. Крім того, надсилання попереджень залежить від наявності стабільних каналів зв'язку, що може бути проблематичним в умовах зруйнованої інфраструктури або в районах зі слабкою телекомунікаційною мережею [6, 7].

Інші системи раннього попередження

Крім ShakeAlert і EEW, інші країни також розробляють та впроваджують власні системи раннього попередження про землетруси. Наприклад:

1. Китай: Має розгалужену систему сейсмічного моніторингу, що забезпечує раннє попередження в сейсмічно активних регіонах.
2. Мексика: Система SASMEX (Seismic Alert System of Mexico) діє на території країни та надсилає попередження через радіо, телебачення та мобільні додатки.

1.5. Висновки до розділу 1

Перший розділ дипломного проекту показує, що сучасні інструменти для виявлення землетрусів є ефективними і різноманітними, кожен з яких має свої переваги і виклики. Вивчення та використання цих інструментів дозволяє значно підвищити рівень безпеки та готовності до землетрусів. Комплексний підхід, що включає традиційні методи, сучасні технології та системи раннього попередження, є ключем до зменшення наслідків цих руйнівних природних явищ. Подальші дослідження та розвиток в цій галузі мають велике значення для забезпечення безпеки населення у сейсмічно активних регіонах.

					ПК 01.20.1760.000 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У першому розділі було розглянуто сучасні інструменти для виявлення землетрусів, включаючи традиційні сейсмометри, акселерометри, геофони та системи раннього попередження в різних країнах. Аналіз цих інструментів дозволяє зробити кілька важливих висновків щодо їх ефективності, переваг та недоліків, а також перспектив подальшого розвитку технологій для сейсмічного моніторингу.

Традиційні сейсмометри є основними інструментами для виявлення та аналізу сейсмічних хвиль. Вони мають просту та надійну конструкцію, що забезпечує їхню довговічність і точність вимірювань. Проте їхній обмежений частотний діапазон і чутливість до зовнішніх умов можуть впливати на точність отриманих даних. Незважаючи на ці недоліки, традиційні сейсмометри залишаються незамінними в сейсмічних мережах по всьому світу, забезпечуючи високоякісні дані для аналізу землетрусів.

Акселерометри представляють собою більш сучасний підхід до виявлення землетрусів, використовуючи технології, що дозволяють реєструвати прискорення земної поверхні. Їхня висока чутливість і здатність до вимірювання широкого діапазону частот роблять їх ефективними для виявлення як слабких, так і сильних сейсмічних хвиль. Важливою перевагою акселерометрів є їхня здатність до інтеграції у портативні пристрої, що відкриває нові можливості для масового моніторингу сейсмічної активності через мобільні додатки та інші портативні технології.

Геофони також відіграють важливу роль у сейсмічному моніторингу, особливо в галузях, що потребують детального аналізу сейсмічних хвиль на локальному рівні, таких як розвідка нафти та газу, а також геофізичні дослідження. Вони забезпечують високу точність вимірювань та можуть використовуватися в складних умовах, де необхідна висока роздільна здатність. Проте їхній основний недолік полягає у чутливості до механічних пошкоджень і необхідності ретельного калібрування.

Системи раннього попередження про землетруси, такі як ShakeAlert у США та EEW у Японії, є найсучаснішими інструментами для зменшення

					ПК 01.20.1760.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

наслідків землетрусів. Вони дозволяють вчасно оповістити населення та органи безпеки про наближення сейсмічних хвиль, що дає змогу вжити необхідних заходів для збереження життя та мінімізації збитків. Ці системи використовують мережі високочутливих сейсмічних датчиків та центри обробки даних, що забезпечують швидке та точне визначення параметрів землетрусу. Попри високу ефективність, основними викликами для таких систем є високі витрати на встановлення та підтримку, а також залежність від стабільності комунікаційних мереж.

					ПК 01.20.1760.000 ПЗ	Арк.
						21
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

РОЗДІЛ 2.

РОЗРОБКА БЮДЖЕТНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ЗЕМЛЕТРУСІВ ТА ОПОВІЩЕННЯ ОРГАНІВ БЕЗПЕКИ

2.1 Концепція та вимоги до пристрою

Цей розділ присвячений розробці бюджетного пристрою для виявлення землетрусів та системи оповіщення органів безпеки через Telegram бота. Основна мета полягає у створенні доступного, надійного та простого у використанні приладу, який зможе швидко і точно виявляти сейсмічні події та надсилати попередження через популярний месенджер Telegram.

Компоненти пристрою

Для реалізації пристрою використовуються наступні компоненти:

1. NodeMCU ESP8266 Breakout Board (рис. 2.1): Мікроконтролер, який забезпечує збір даних з датчика та їх обробку. Він також відповідає за відправлення даних до Telegram бота через Wi-Fi. [8]
2. 3-осьовий акселерометр ADXL335 (рис. 2.2): Датчик, що вимірює прискорення у трьох напрямках (X, Y, Z), але у нашому випадку буде використовуватись тільки для вимірювання по осі Z. [9]
3. Блок живлення USB: Забезпечує стабільне живлення для всіх компонентів пристрою.
4. USB кабель: Використовується для живлення пристрою та програмування мікроконтролера.

					ПК 01.20.1760.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 2.1. NodeMCU ESP8266 Breakout Board



Рис. 2.2. Трьох-осьовий акселерометр ADXL33

Вимоги до пристрою

При розробці пристрою для виявлення землетрусів та системи оповіщення через Telegram бот враховуються кілька важливих вимог. По-

					ПК 01.20.1760.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

перше, пристрій повинен мати високу чутливість, що дозволить виявляти навіть незначні коливання земної поверхні по осі Z. Це забезпечить точність і своєчасність виявлення сейсмічних подій. По-друге, важливою вимогою є швидка обробка даних. Для забезпечення своєчасного попередження про землетрус, пристрій має обробляти дані в режимі реального часу, що дозволить оперативно реагувати на сейсмічну активність.

Також важливим аспектом є надійність пристрою. Він повинен працювати безперервно в різних умовах, забезпечуючи стабільну і тривалу роботу. Доступність пристрою є ще однією важливою вимогою. Вартість компонентів і збірки повинна бути мінімальною, щоб зробити пристрій доступним для широкого використання, що дозволить його застосовувати в різних місцях та умовах.

Принцип роботи пристрою

Принцип роботи пристрою базується на використанні акселерометра для вимірювання прискорення земної поверхні по осі Z та мікроконтролера для обробки цих даних. Основні етапи роботи пристрою:

1. Збір даних: Акселерометр постійно вимірює прискорення по осі Z та передає ці дані на мікроконтролер.
2. Обробка даних: Мікроконтролер аналізує дані з акселерометра, виявляючи ознаки землетрусу. Для цього використовується алгоритм, що обчислює середнє значення прискорення та визначає відхилення від цього середнього значення.
3. Виявлення землетрусу: Якщо обчислене значення прискорення перевищує встановлений поріг, мікроконтролер визначає, що відбувається землетрус.
4. Надсилання попередження: У разі виявлення землетрусу, мікроконтролер надсилає повідомлення через Wi-Fi до Telegram бота, який, у свою чергу, оповіщає відповідні служби та користувачів.

					ПК 01.20.1760.000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Збірка пристрою

З'єднання компонентів: ADXL335 підключається до NodeMCU через аналоговий вхід A0 (Z-вісь). Підключення виконується за допомогою простого інтерфейсу з трьома проводами: живлення (3.3V), земля (GND) та аналоговий вихід. На рис. 2.3 зображена схема підключення ADXL335 до NodeMCU.

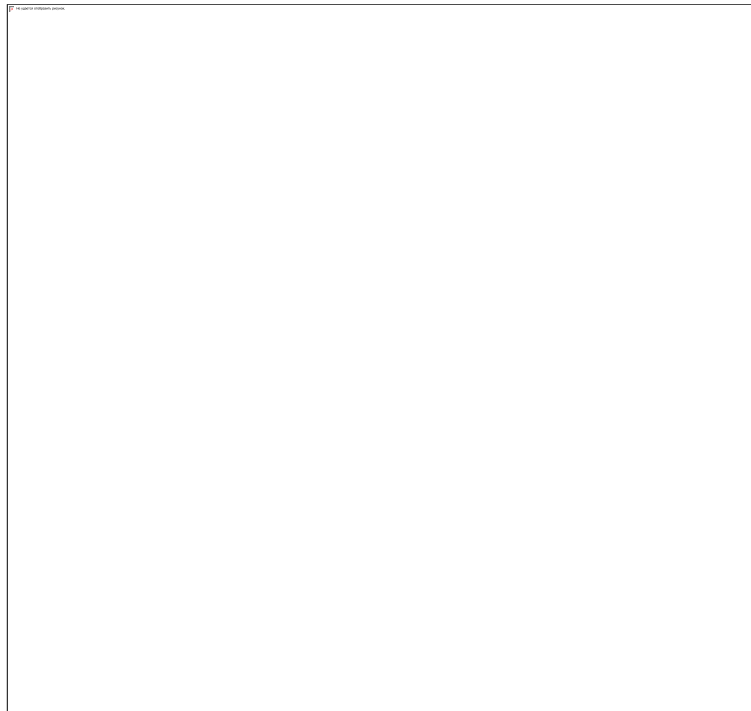


Рис. 2.3. Схема підключення ADXL335 до NodeMCU

Живлення: Пристрій живиться від блоку живлення USB, що підключається через USB кабель до NodeMCU.

Калібрування та тестування

Калібрування акселерометра: Перед початком використання необхідно калібрувати акселерометр, щоб забезпечити точність вимірювань. Це включає встановлення нульового рівня для осі Z та перевірку чутливості.

Тестування роботи: Після збирання пристрою проводяться тестові випробування для перевірки його працездатності. Для цього створюються

					ПК 01.20.1760.000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

умови, що імітують сейсмічну активність, і перевіряється коректність виявлення землетрусів та надсилання попереджень.

Реалізація програмної частини

Arduino IDE: Для програмування NodeMCU використовується середовище розробки Arduino IDE. До цього середовища додаються необхідні бібліотеки для роботи з ESP8266 та акселерометром ADXL335. На рис. 2.4 зображена середовище розробки [10].

доступ за зверненням до авторів

Рис. 2.4. Arduino IDE з фрагментом коду

Алгоритм обробки даних: Створюється скетч, що включає алгоритм обробки даних з акселерометра. Алгоритм повинен враховувати середні значення прискорення, відхилення та пороги для виявлення землетрусу. Код повинен забезпечити точне визначення порогових значень, при яких спрацьовує оповіщення.

Інтеграція з Telegram ботом: Для надсилання попереджень через Telegram, до скетча додаються функції для роботи з API Telegram. Це включає створення повідомлення, що містить інформацію про землетрус, та надсилання його до бота. Для цього використовується бібліотека для роботи з HTTP запитом, яка дозволяє взаємодіяти з серверами Telegram. Нижче на рис. 2.5 доданий опис взаємодії з Telegram API через HTTP-запити [11].

доступ за зверненням до авторів

Рис. 2.5. Опис взаємодії з Telegram-ботом через HTTP-запити

Реєстрація бота: Спочатку необхідно зареєструвати нового бота в Telegram за допомогою BotFather. Після реєстрації бот отримує унікальний токен для доступу до API Telegram. Процес створення зображений на рис. 2.6.

					ПК 01.20.1760.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Налаштування бота: Бот налаштовується для прийому та обробки повідомлень від NodeMCU. Це включає створення обробників для різних команд, таких як підписка на оповіщення та отримання інформації про останні землетруси.

Налаштування бота: Бот налаштовується для прийому та обробки повідомлень від NodeMCU. Це включає створення обробників для різних команд, таких як підписка на оповіщення та отримання інформації про останні землетруси.

Відправка повідомлень: Реалізуються функції для відправки повідомлень з інформацією про землетруси до користувачів, що підписалися на оповіщення. Бот може надсилати повідомлення з деталями про час, місце та силу землетрусу, а також рекомендації щодо дій у разі небезпеки.

доступ за зверненням до авторів

Рис. 2.6. Створення Telegram-боту

Розробка бюджетного пристрою для виявлення землетрусів та системи оповіщення через Telegram бота є важливим кроком для підвищення безпеки населення у сейсмічно активних регіонах. Такий пристрій дозволяє швидко і точно виявляти сейсмічні події та своєчасно оповіщати відповідні служби та користувачів. Використання доступних компонентів та простих алгоритмів обробки даних робить цей проект економічно вигідним та доступним для масового використання.

У наступних розділах буде детально розглянуто реалізацію апаратної та програмної частини пристрою, а також проведено аналіз його ефективності та надійності. Зокрема, буде описано архітектуру пристрою, алгоритми роботи, процес тестування та валідації конструкції, а також оповіщення через Telegram бота.

					ПК 01.20.1760.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

2.2 Збірка пристрою

Збірка пристрою для виявлення землетрусів та оповіщення через Telegram бот була складним, але цікавим процесом, який включав кілька етапів: підготовка акселерометра, його пайка, підключення до мікроконтролера, налаштування програмного забезпечення та тестування роботи. Кожен з цих кроків вимагав точності, уважності та терпіння, особливо коли виникали проблеми з обладнанням.

На початковому етапі потрібно було приготувати акселерометр ADXL335 для підключення до мікроконтролера NodeMCU. Акселерометр поставляється без припаяних пінів, тому їх необхідно було припаяти самостійно. Перша спроба пайки виявилася невдалою (рис. 2.7.): піни не припаялися належним чином, що спричинило нестабільний контакт. Основною причиною цієї проблеми був неякісний припій, який використовувався під час роботи. Крім того, під час пайки можливе перегрівання акселерометра, що призвело до згоряння одного з транзисторів на платі (рис. 2.8.). [12]

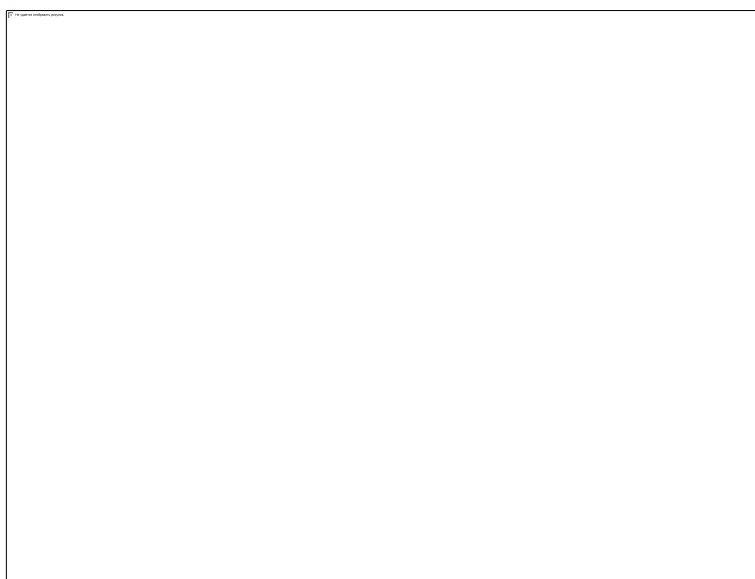


Рис. 2.7. Приклад першої пайки

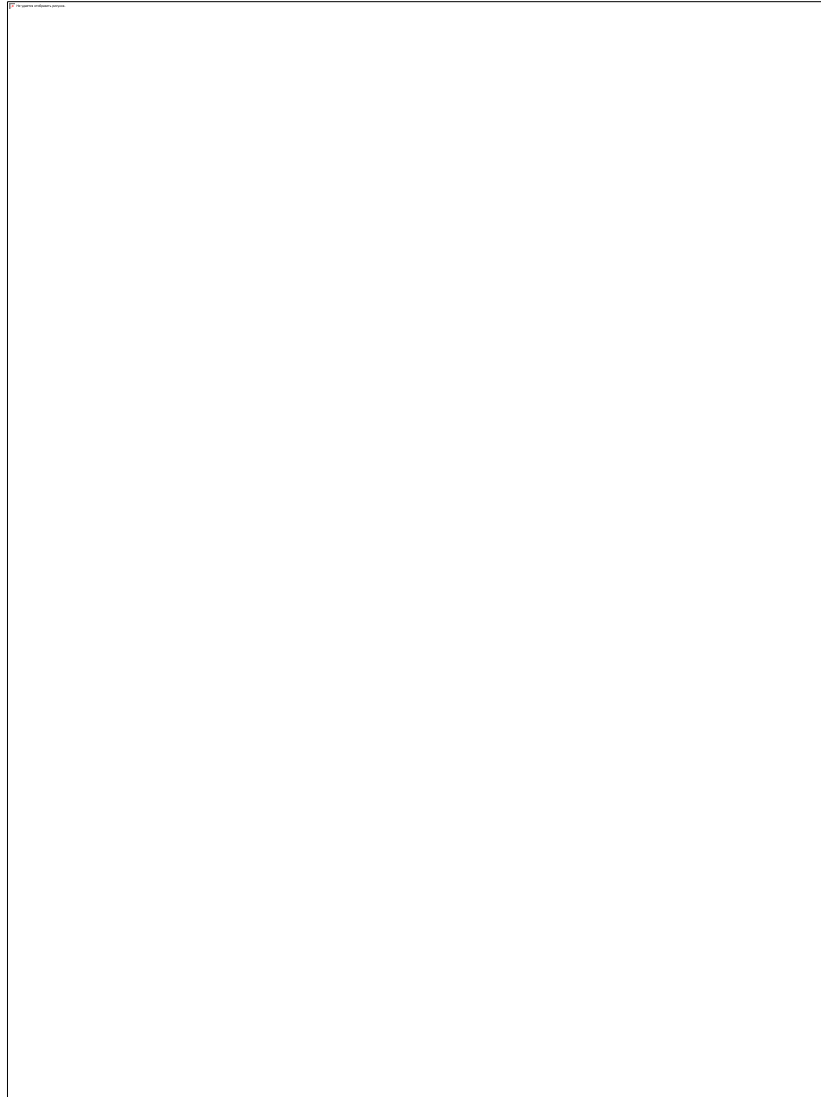


Рис. 2.8. Акселерометр зі згорівшим транзистором

Для уникнення таких проблем у майбутньому, я вирішив використовувати якісний припій з вмістом олова і свинцю, а також припій з вмістом флюсу всередині, який забезпечує додатковий захист від окислення. Перед повторною пайкою я ретельно підготував поверхні пінів і контактів на акселерометрі, очистивши їх від окислення за допомогою ізопропілового спирту. Під час пайки я використовував паяльник з регульованою температурою, налаштованою на оптимальний діапазон (близько 350°C), щоб уникнути перегріву компонентів (рис. 2.9). Ці кроки допомогли уникнути проблем з якістю припою та температурою паяльника, і в результаті мені

					ПК 01.20.1760.000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вдалося успішно припаяти піни до акселерометра ADXL335. Хоча пайка була не ідеальною, пристрій почав працювати належним чином.

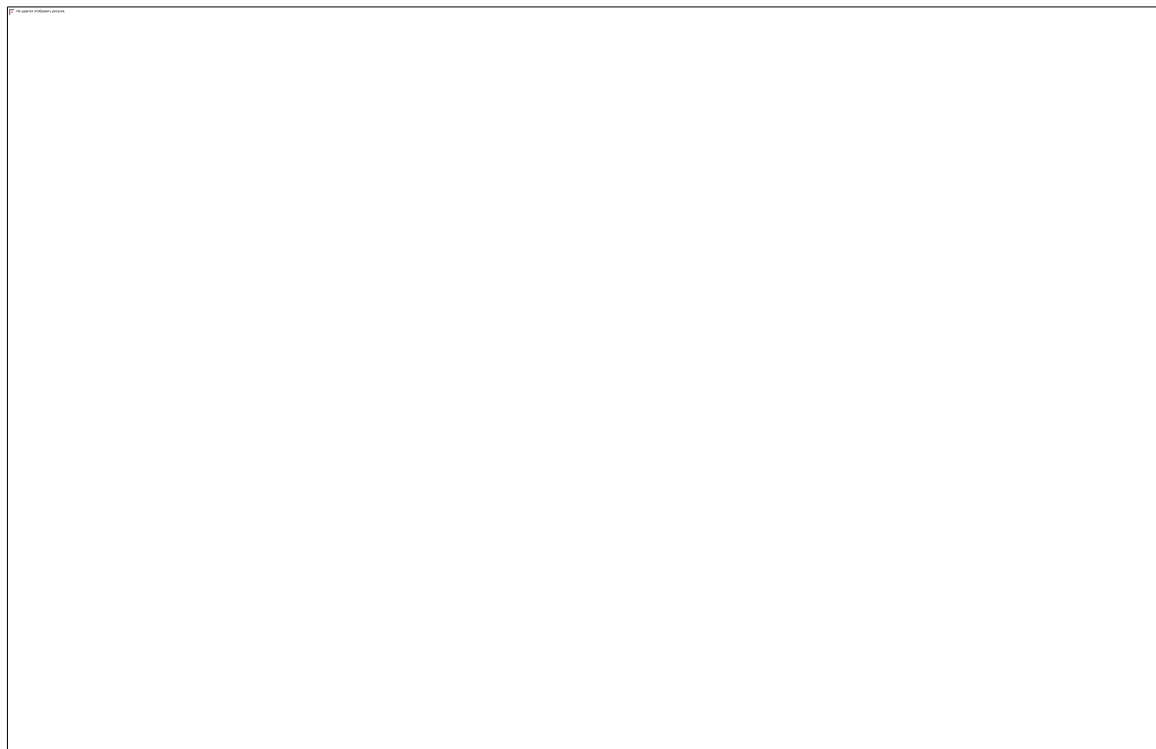


Рис. 2.9. Паяльник та інший припій

Після успішної пайки акселерометра (рис. 2.10) я приступив до підключення його до мікроконтролера NodeMCU. Для цього було необхідно під'єднати вивід 3.3V на акселерометрі до відповідного піну на NodeMCU, вивід GND на акселерометрі до GND на NodeMCU, та підключити вихід Z-осі акселерометра до аналогового входу A0 на NodeMCU. Це підключення забезпечило необхідну передачу даних від акселерометра до мікроконтролера [13].

Наступним кроком було підключення NodeMCU до комп'ютера для програмування. Для цього використовувався USB кабель, що з'єднує мікроконтролер з комп'ютером. Далі потрібно було оптимізувати Arduino IDE для роботи з ESP8266. Спочатку я встановив плату ESP8266, додавши відповідний URL до додаткових менеджерів плат у налаштуваннях Arduino

					ПК 01.20.1760.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

IDE. Після цього в менеджері плат я знайшов та встановив ESP8266, а потім вибрав плату NodeMCU 1.0 (ESP-12E Module) у меню.

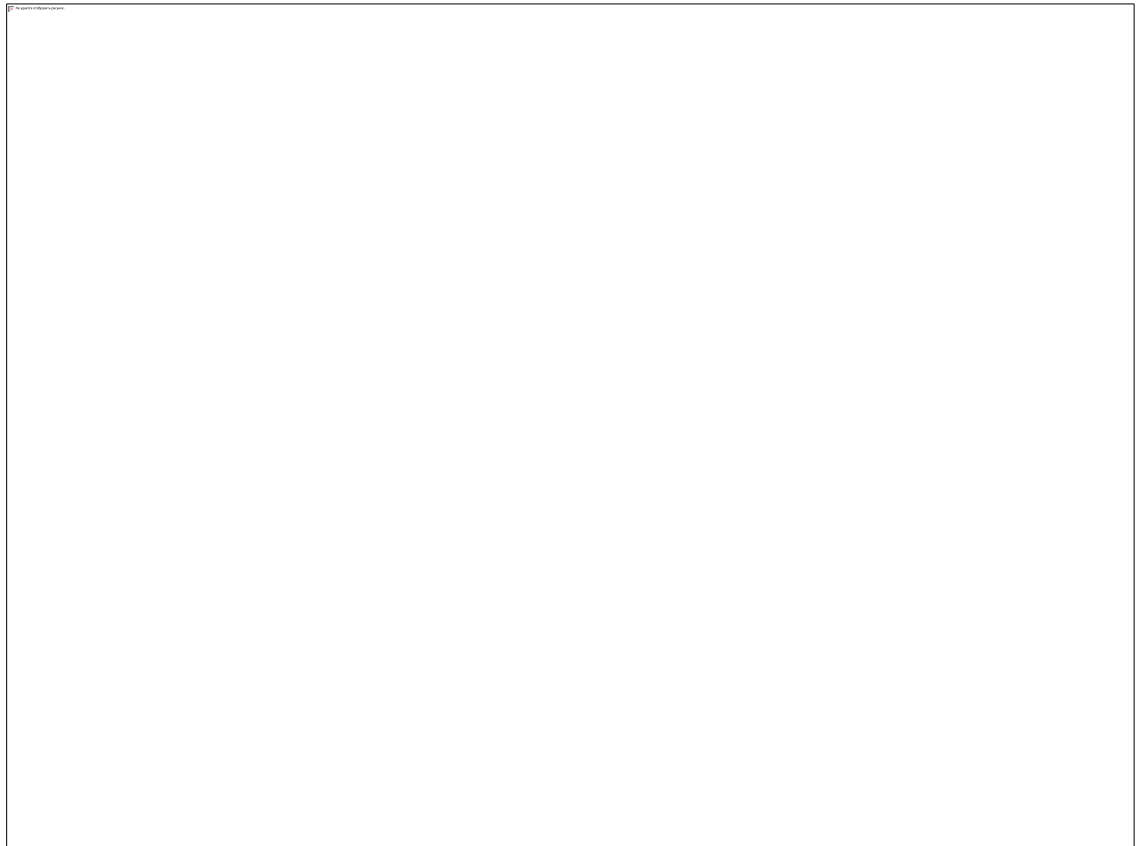


Рис. 2.10. Успішна пайка

Після встановлення і вибору плати (рис. 2.11) можна було приступати до написання та завантаження скриптів на мікроконтролер. На початковому етапі важливо було перевірити роботу мікроконтролера та акселерометра за допомогою простих скриптів. Наприклад, простий скрипт для зчитування значень з акселерометра і виведення їх на серійний монітор виглядав наступним чином:

```
void setup() {  
  Serial.begin(115200);  
}  
  
void loop() {  
  int sensorValue = analogRead(A0);
```

					ПК 01.20.1760.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

```
Serial.println(sensorValue);  
delay(1000);  
}
```

Цей скрипт дозволив переконатися, що акселерометр правильно підключений і передає дані на мікроконтролер. Значення, що виводилися на серійний монітор, відповідали очікуваним. Акселерометр ADXL335 передає аналогові значення, які відповідають прискоренню по осі Z. Значення змінюються в діапазоні від 0 до 1023, що відповідає напрузі від 0 до 3.3 В на аналоговому вході NodeMCU. Зчитування цих значень підтвердило правильність збору даних з сенсора (рис. 2.12.).

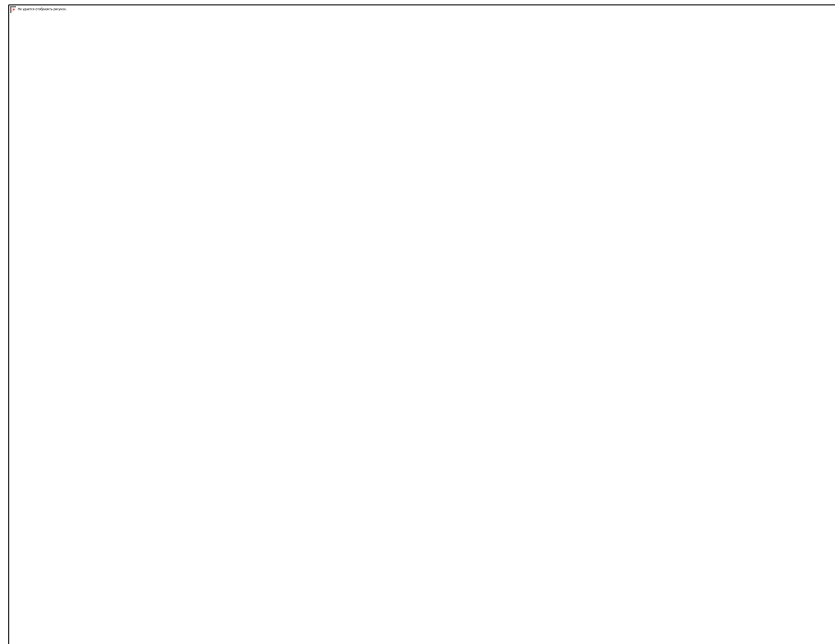


Рис. 2.11. Зібрана схема

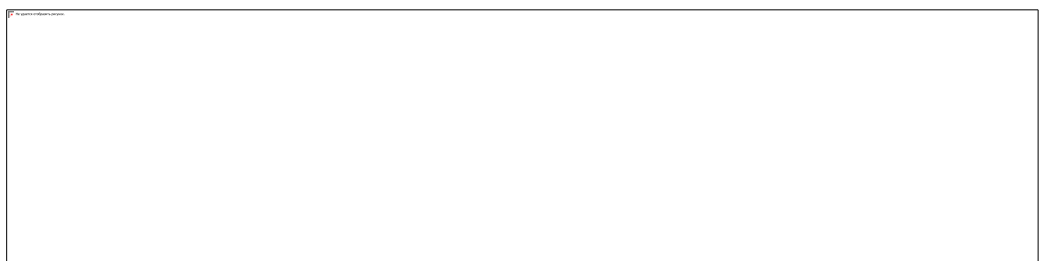


Рис. 2.12. Отримані показники на серійному моніторі

Акселерометр ADXL335 вимірює прискорення по трьох осях: X, Y і Z, але в нашому випадку використовувалося лише вимірювання по осі Z. Значення, які передаються від акселерометра до мікроконтролера, залежать від зміни положення або руху акселерометра. Ці дані дозволяють визначити, наскільки сильно прискорення відрізняється від середнього значення, що може вказувати на сейсмічну активність.

Дані, які передає акселерометр ADXL335, залежать від кількох факторів, а саме прискорення по трьох осях. У нашому випадку нас цікавить лише вісь Z, яка визначає вертикальні коливання. Кожне значення є результатом вимірювання прискорення в певний момент часу. Значення можуть змінюватися залежно від кута нахилу акселерометра відносно земної поверхні. Це може вплинути на базові значення напруги, що відповідають нульовому прискоренню. Будь-які вібрації або удари, які впливають на акселерометр, будуть викликати зміни в значеннях, що передаються до мікроконтролера. Зміни температури можуть впливати на точність вимірювань акселерометра, що може викликати дрейф значень з часом.

Похибка вимірювань акселерометра ADXL335 може бути зумовлена кількома факторами. Чутливість акселерометра ADXL335 становить приблизно 300 мВ/g, що означає, що на кожне прискорення в 1g (9.81 м/с^2) припадає зміна вихідної напруги на 300 мВ. Враховуючи діапазон вимірювань ($\pm 3\text{g}$), похибка у вимірюваннях може скласти до кількох відсотків від фактичного значення. Хоча акселерометр ADXL335 має досить високу лінійність, відхилення можуть виникати при вимірюваннях дуже малих або дуже великих прискорень. Вимірювання можуть містити шум, зумовлений електронними компонентами та оточуючим середовищем. Застосування ковзного середнього допомагає знизити вплив шуму на кінцеві значення. Температурні зміни можуть викликати невеликий дрейф значень, який зазвичай становить близько $0.2\%/^{\circ}\text{C}$. Це варто враховувати при тривалих вимірюваннях або в умовах значних температурних коливань.

					ПК 01.20.1760.000 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зменшення впливу зовнішнього середовища

Для зменшення впливу зовнішнього середовища та забезпечення стабільності вимірювань, я встановив плату та акселерометр в коробку з навушників (рис. 2.13., 2.14). Це дозволило знизити вплив пилу, вологи та інших зовнішніх факторів, що можуть вплинути на точність вимірювань. Плату та акселерометр я прикріпив на двосторонній скотч, що забезпечило їхню стабільність та фіксацію всередині коробки. Такий підхід допоміг створити більш захищене середовище для роботи датчика та електроніки, що в свою чергу покращило якість зчитуваних даних.

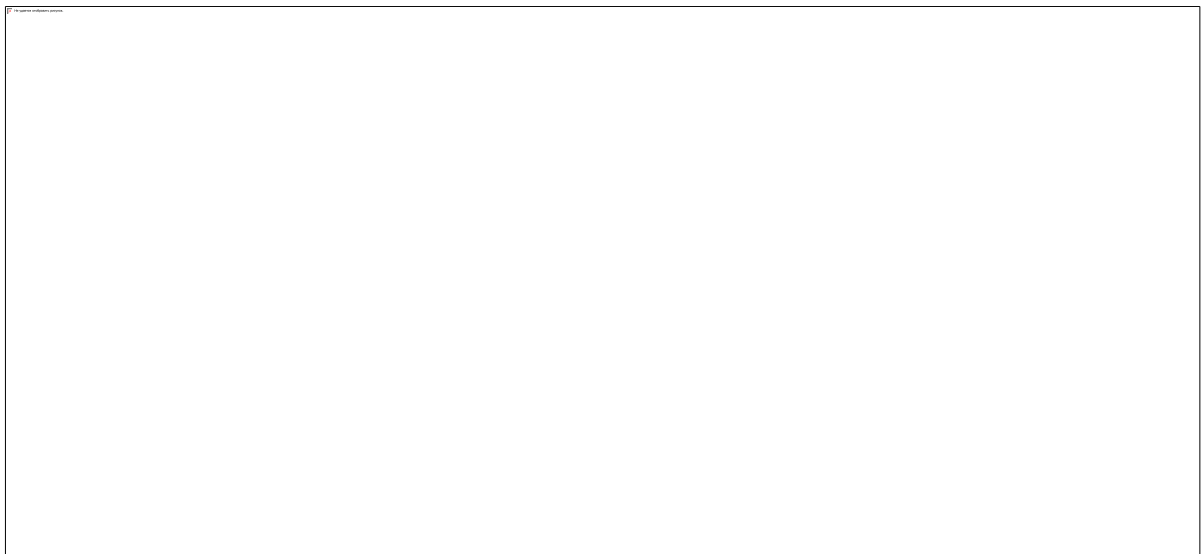


Рис. 2.13. Вигляд корпусу ззовні

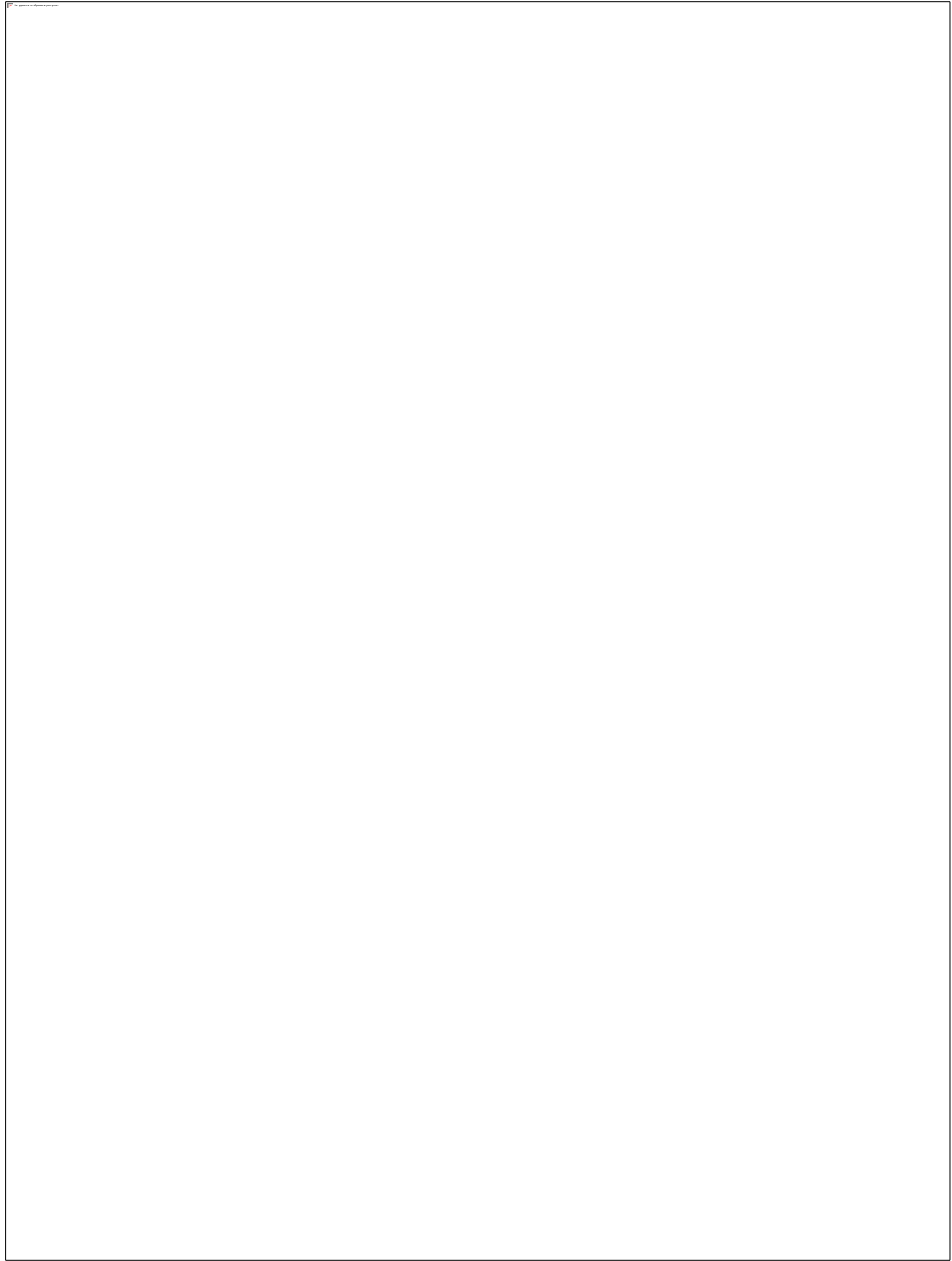


Рис. 2.14. Вигляд корпусу зсередини

Після успішної перевірки роботи акселерометра, було інтегровано основний скрипт для виявлення землетрусів та оповіщення через Telegram бот. На цьому етапі було важливо налаштувати всі параметри та перевірити роботу всіх функцій. Після налаштування параметрів і запуску основного скрипта, я спостерігав за значеннями, що виводилися на серійний монітор, для перевірки коректності роботи пристрою.

					ПК 01.20.1760.000 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Фінальним етапом було налаштування функції відправки повідомлень через Telegram. Це включало створення HTTP-запиту до Telegram API з використанням наданого токена та ідентифікатора чату. [14] Простий скрипт для відправки повідомлень через Telegram виглядав так:

доступ за зверненням до авторів

Цей скрипт створює HTTP-запит до Telegram API з використанням наданого токена та ідентифікатора чату. Якщо запит був успішним, на серійний монітор виводиться відповідь сервера, що підтверджує успішне надсилання повідомлення (рис. 2.15., 2.16.).



Рис. 2.15. Відповідь сервера на серійному моніторі

Таким чином, збірка пристрою для виявлення землетрусів та оповіщення через Telegram бот включала кілька важливих етапів: пайку компонентів, підключення до мікроконтролера, налаштування програмного забезпечення та тестування роботи системи. Незважаючи на початкові труднощі з пайкою акселерометра, завдяки дотриманню відповідних правил вдалося успішно завершити збірку та налагодити роботу пристрою. Інтеграція з Arduino IDE та налаштування Telegram бота дозволили створити ефективний інструмент для виявлення сейсмічної активності.



Рис. 2.16. Тестове повідомлення відправлено телеграм-ботом

Процес збірки почався з того, що я підготував акселерометр ADXL335 для підключення до мікроконтролера NodeMCU. При пайці пінів до акселерометра виникли труднощі, які вдалося подолати лише після кількох спроб. Перший досвід пайки був невдалим через неякісний припій, що спричинив нестабільний контакт, та перегрів акселерометра, який призвів до згоряння транзистора на платі. Після заміни припою на якісний з вмістом олова і свинцю, а також очищення поверхонь за допомогою ізопропілового спирту, вдалося успішно припаяти піни до акселерометра.

Наступним кроком було підключення акселерометра до мікроконтролера NodeMCU. Всі підключення були здійснені згідно зі схемою, яка включала під'єднання живлення, заземлення та аналогового виходу акселерометра до відповідних пінів на NodeMCU. Після цього я підключив NodeMCU до комп'ютера за допомогою USB кабелю для програмування.

Оптимізація Arduino IDE для роботи з ESP8266 включала встановлення плати ESP8266 через менеджер плат та вибір відповідної плати у меню. Після цього я написав і завантажив простий скрипт для перевірки роботи акселерометра. Скрипт зчитував значення з акселерометра і виводив їх на серійний монітор, що дозволило переконатися у правильності підключення та передачі даних.

					ПК 01.20.1760.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після успішної перевірки роботи акселерометра, я інтегрував основний скрипт для виявлення землетрусів та оповіщення через Telegram бот. На цьому етапі було важливо налаштувати всі параметри та перевірити роботу всіх функцій. Налаштування параметрів включало визначення змінних і констант для обробки сигналів від сенсора, а також налаштування функції відправки повідомлень через Telegram.

Завершальним етапом було налаштування функції відправки повідомлень через Telegram, яка включала створення HTTP-запиту до Telegram API з використанням наданого токена та ідентифікатора чату. Після успішного налаштування цієї функції, я протестував її, відправляючи тестові повідомлення через Telegram бот. Успішне відправлення повідомлень підтвердило коректну роботу всієї системи.

Загалом, збірка пристрою для виявлення землетрусів та оповіщення через Telegram бот була успішно завершена. Незважаючи на початкові труднощі з пайкою акселерометра та налаштуванням програмного забезпечення, дотримання відповідних правил та використання якісних матеріалів дозволило створити ефективний інструмент для виявлення сейсмічної активності.

2.3 Розробка ПЗ

Розроблений скрипт для виявлення землетрусів реалізує кілька ключових етапів обробки даних для забезпечення точного та своєчасного оповіщення. Основна логіка скрипта полягає у безперервному моніторингу вібрацій з використанням акселерометра, обчисленні ковзного середнього значення, фільтрації шуму та відправленні повідомлень через Telegram бот у разі виявлення сейсмічної активності.

Принцип роботи пристрою розпочинається з підключення до мережі Wi-Fi, що забезпечує можливість відправлення даних через Інтернет. Модуль ESP8266 використовується для збирання даних з датчика акселерометра

					ПК 01.20.1760.000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ADXL335, який вимірює прискорення по осі Z. Цей датчик обраний завдяки його високій чутливості та точності вимірювань. Дані з акселерометра надходять на мікроконтролер у реальному часі.

Для початку розглянемо, як саме відбувається підключення до Wi-Fi. У функції `setup()` реалізовано підключення до мережі Wi-Fi з використанням вказаних SSID та пароля. Мікроконтролер спочатку намагається підключитися до мережі, і якщо підключення успішне, виводить відповідне повідомлення на серійний монітор. Це необхідно для забезпечення зв'язку з сервером Telegram для подальшого відправлення повідомлень.

Після підключення до мережі пристрій переходить до основного циклу `loop()`, де відбувається зчитування даних з акселерометра. Основний цикл програми зчитує ці дані з частотою приблизно 1000 вибірок на секунду, що дозволяє оперативно реагувати на зміни вібрацій. Для зменшення впливу шумів та випадкових коливань використовується ковзне середнє значення, яке допомагає згладити сигнал, видаляючи високочастотні компоненти, які часто є шумом.

Фільтрація даних та розрахунок ковзного середнього

У циклі `loop()` реалізовано зчитування значень напруги з аналогового входу A0, до якого підключений акселерометр. Для кожного зчитаного значення застосовується ковзне середнє значення, яке згладжує сигнал. Фільтрація даних є критично важливою для забезпечення точності вимірювань та зменшення хибних спрацювань. Зчитування даних з акселерометра реалізується за допомогою функції `analogRead(A0)`, яка повертає значення напруги, що відповідає поточному прискоренню по осі Z. Це значення зберігається у масиві `sensorarray`. [15]

Відфільтровані значення додаються до об'єкта `RunningAverage`, який обчислює ковзне середнє значення. Це середнє значення використовується як база для визначення відхилень поточних даних від нормального рівня. Ковзне середнє обчислюється для кожного нового значення, що надходить від акселерометра, і дозволяє відстежувати середній рівень вібрацій за певний період.

					ПК 01.20.1760.000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ковзне середнє (або середнє значення рухомого вікна) є важливим методом фільтрації даних. Це метод усереднення, який використовується для згладжування сигналу та видалення шуму (рис. 2.17). Формула для розрахунку ковзного середнього виглядає наступним чином:

$$MA_n = \frac{1}{N} \sum_{i=n-N+1}^n x_i$$

де MA_n - ковзне середнє на момент n , N - кількість вибірок у вікні, x_i - значення сигналу на момент i .

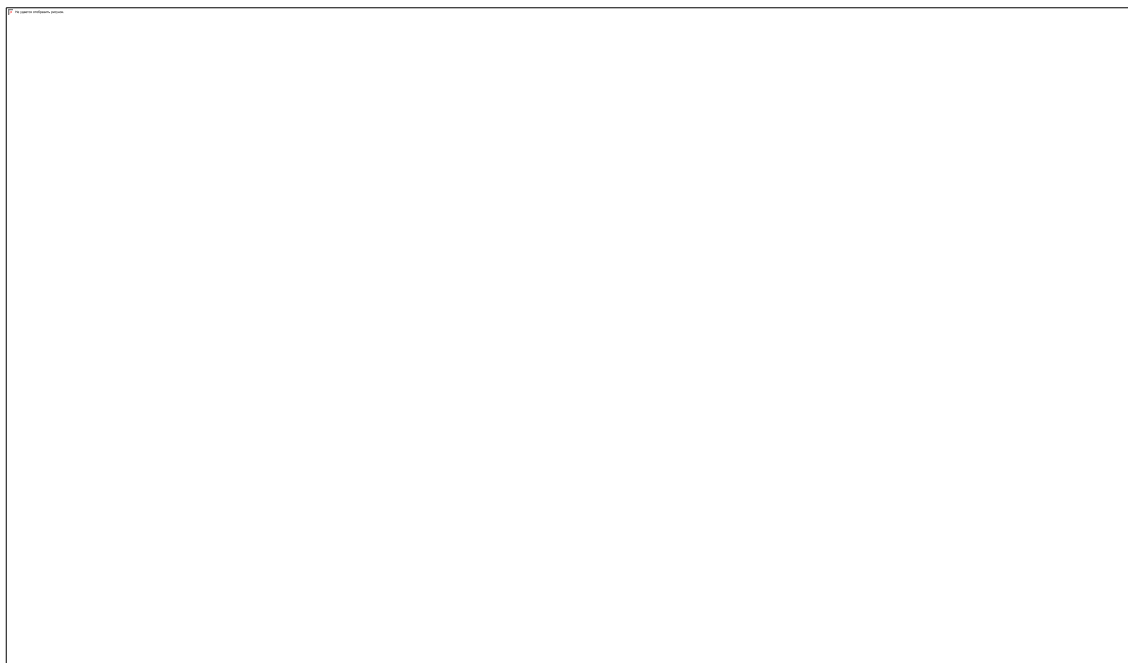


Рис. 2.17. Приклад ковзного середнього на графіку

У нашому кодї, об'єкт `RunningAverage` зберігає останні 1000 вибірок, що дозволяє нам обчислювати ковзне середнє значення на основї цього обсягу даних.

Обчислення квадратів відхилень

Після зчитування кожного значення та обчислення ковзного середнього, ми визначаємо відхилення поточних даних від цього середнього значення. Це

відхилення потім підноситься до квадрату для отримання значення квадрата відхилення. Формула для розрахунку квадрату відхилення виглядає наступним чином:

$$SD_n = (x_n - MA_n)^2$$

де SD_n - квадрат відхилення на момент n , x_n - поточне значення сигналу, MA_n - ковзне середнє на момент n .

Ці значення квадратів відхилень сумуються протягом визначеного інтервалу часу для отримання суми квадратів відхилень.

Порівняння з порогом та відправка повідомлень

Середнє значення суми квадратів відхилень обчислюється та порівнюється з встановленим порогом. Якщо це середнє значення перевищує порогове значення, лічильник вікон з високими відхиленнями збільшується. Якщо кількість таких вікон перевищує задану межу, відправляється повідомлення через Telegram бот, повідомляючи про виявлену сейсмічну активність.

Функція `sendTelegramMessage` реалізує відправлення HTTP-запитів до сервера Telegram з використанням токена. Для налаштування бота та відправки повідомлень використовується бібліотека `HttpClient`, яка дозволяє створювати та відправляти HTTP-запити. У разі виявлення землетрусу мікроконтролер формує повідомлення з інформацією про подію та надсилає його до Telegram бота, який у свою чергу оповіщає відповідні служби та користувачів.

Детальний аналіз коду

Функція `setup()` виконує ініціалізацію серійного зв'язку та підключення до Wi-Fi. Ця функція викликається один раз при старті програми і забезпечує

					ПК 01.20.1760.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

налаштування всіх необхідних компонентів перед початком роботи основного циклу [16].

доступ за зверненням до авторів

Ця функція починається з ініціалізації серійного зв'язку для відлагодження за допомогою `Serial.begin(115200)`. Далі виконується підключення до мережі Wi-Fi з використанням SSID та пароля. Поки з'єднання не встановлено, система очікує та виводить повідомлення про спробу підключення. Після успішного підключення виводиться повідомлення "Підключено до WiFi".

Основний цикл `loop()` виконується безперервно і включає зчитування даних з акселерометра, їх фільтрацію, обчислення ковзного середнього, визначення відхилень та відправлення повідомлень через Telegram бот у разі виявлення землетрусу.

доступ за зверненням до авторів

У цьому фрагменті коду відбувається зчитування значень з аналогового входу A0, обчислення ковзного середнього значення та квадратів відхилень. Обчислені значення сумуються і порівнюються з пороговим значенням. Якщо середнє значення суми квадратів відхилень перевищує поріг, лічильник вікон з високими відхиленнями збільшується.

Основний цикл програми включає зчитування значень з акселерометра, застосування ковзного середнього для фільтрації сигналу, обчислення середнього значення суми квадратів відхилень, порівняння з пороговим значенням та відправлення повідомлень у разі виявлення землетрусу.

Надсилення запиту до Telegram

					ПК 01.20.1760.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Функція `sendTelegramMessage` відповідає за надсилання повідомлення через Telegram API, використовуючи безпечне з'єднання HTTPS. Основні кроки включають встановлення з'єднання з Wi-Fi, створення HTTPS-запиту, надсилання даних та обробку відповіді сервера. Якщо з'єднання з Wi-Fi успішне, функція використовує об'єкт `WiFiClientSecure` для встановлення безпечного HTTPS-з'єднання з сервером Telegram. Потім створюється об'єкт `HTTPClient` для формування HTTP-запиту.

доступ за зверненням до авторів

Функція починається з перевірки статусу з'єднання з Wi-Fi. Якщо мікроконтролер підключений до мережі, створюється об'єкт `WiFiClientSecure` для встановлення безпечного HTTPS-з'єднання. Використання методу `setInsecure()` дозволяє ігнорувати сертифікати, що спрощує тестування, але у виробничому середовищі слід використовувати перевірку сертифікатів для забезпечення безпеки. Далі створюється об'єкт `HTTPClient` і виконується метод `begin()` з параметрами `wifiClient` та `url`, що вказує на адресу API Telegram. Наступним кроком є додавання заголовка HTTP-запиту, який вказує на тип вмісту (`Content-Type: application/x-www-form-urlencoded`). Це потрібно для правильного формату запиту.

Потім формується тіло запиту (`payload`), яке включає ідентифікатор чату та текст повідомлення. Функція `urlencode()` використовується для кодування тексту повідомлення, щоб забезпечити правильний формат URL. Метод `POST()` виконує запит і повертає HTTP-код відповіді. Якщо код відповіді більше нуля, запит був успішним, і виводиться відповідь сервера на серійний монітор. Якщо виникає помилка, виводиться повідомлення про помилку. В кінці запиту викликається метод `end()`, який закриває з'єднання.

Функція `urlencode`

					ПК 01.20.1760.000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Функція `urlencode` використовується для кодування спеціальних символів у рядку для передачі через HTTP-запити. Ця функція перетворює пробіли на `+`, а інші спеціальні символи на їхні шістнадцяткові значення, передані в форматі `%XX`.

доступ за зверненням до авторів

Функція починається з ініціалізації порожнього рядка `encodedString`. Далі в циклі обробляється кожен символ рядка `str`. Якщо символ є пробілом, він замінюється на `+`. Якщо символ є алфавітно-цифровим (`isalnum(c)`), він додається до `encodedString` без змін. Якщо символ є спеціальним, він кодується в шістнадцятковий формат. Код символу розбивається на дві частини: молодші чотири біти (`c & 0xf`) та старші чотири біти (`((c >> 4) & 0xf)`). Для кожної частини обчислюється відповідний символ шістнадцяткової системи числення. Ці символи додаються до `encodedString` у форматі `%XX`.

Ця функція забезпечує коректне кодування символів у рядку для передачі через URL, що є необхідним для правильного функціонування HTTP-запитів до Telegram API.

Скрипт реалізує комплексний алгоритм для виявлення землетрусів, який включає зчитування даних з акселерометра, їх фільтрацію, обчислення ковзного середнього значення, порівняння з пороговими значеннями та відправлення повідомлень через Telegram бот. Завдяки використанню модулів ESP8266 та ADXL335, цей скрипт забезпечує точне та своєчасне виявлення сейсмічної активності.

2.4. Висновки до розділу 2

Другий розділ дипломної роботи присвячений детальному опису процесу розробки та збірки пристрою для виявлення землетрусів, а також його програмного забезпечення. Цей пристрій був розроблений з метою

					ПК 01.20.1760.000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

забезпечення своєчасного оповіщення про сейсмічну активність за допомогою Telegram бота. У ході роботи було вирішено кілька ключових задач, включаючи підготовку та пайку акселерометра, підключення його до мікроконтролера, налаштування програмного забезпечення та інтеграцію з мережевими службами.

Першим важливим етапом стало підключення акселерометра ADXL335 до мікроконтролера NodeMCU. Незважаючи на початкові труднощі з пайкою пінів акселерометра, було знайдено рішення, яке включало використання якісного припою та дотримання оптимальної температури пайки. Це дозволило забезпечити надійний контакт і коректну роботу датчика. Встановлення акселерометра в коробку з навушників і закріплення його на двосторонній скотч забезпечили захист від зовнішніх впливів, таких як пил та волога, що могло б вплинути на точність вимірювань.

Другим важливим кроком було підключення мікроконтролера NodeMCU до комп'ютера та налаштування програмного середовища Arduino IDE. Інтеграція необхідних бібліотек, таких як ESP8266WiFi, ESP8266HTTPClient, RunningAverage та ArduinoJson, дозволила забезпечити функціональність пристрою. Після налаштування середовища розробки було створено простий тестовий скрипт для перевірки роботи акселерометра. Це дозволило впевнитися, що акселерометр правильно підключений і передає дані на мікроконтролер.

Розробка основного програмного забезпечення для виявлення землетрусів включала кілька ключових етапів. Першим з них стало зчитування даних з акселерометра. Використання функції `analogRead(A0)` дозволило отримувати значення напруги, що відповідають поточному прискоренню по осі Z. Наступним етапом стало застосування ковзного середнього для фільтрації даних. Ковзне середнє дозволяє згладити сигнал, видаляючи високочастотні компоненти шуму. Використання об'єкта `RunningAverage` забезпечило обчислення середнього значення на основі останніх 1000 вибірок.

					ПК 01.20.1760.000 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Детально розглянутий процес фільтрації даних та розрахунку ковзного середнього показав свою ефективність у згладжуванні сигналу та видаленні шуму. Формула ковзного середнього дозволила отримувати точніші дані про вібрації, що виникають у результаті сейсмічної активності. Використання цієї методики дозволило значно знизити кількість хибних спрацювань та підвищити точність виявлення землетрусів.

Обчислення квадратів відхилень від середнього значення стало наступним важливим етапом у розробці програмного забезпечення. Це дозволило отримувати сумарну оцінку енергії вібрацій, що значно покращило точність виявлення землетрусів. Встановлення порогових значень для середнього значення суми квадратів відхилень дозволило визначати моменти, коли вібрації перевищують нормальні значення, що може свідчити про сейсмічну активність.

Для забезпечення своєчасного оповіщення про виявлення землетрусів було розроблено функцію `sendTelegramMessage`. Вона дозволяє відправляти повідомлення через Telegram бот, використовуючи HTTPS-з'єднання з сервером Telegram. Функція реалізує створення та відправку HTTP-запиту, а також обробку відповіді сервера. Використання бібліотеки `HttpClient` спростило процес інтеграції з мережевими службами та забезпечило надійне відправлення повідомлень.

Розробка функції `urlencode` дозволила кодувати спеціальні символи у рядку для передачі через HTTP-запити. Це забезпечило правильний формат URL та коректне функціонування запитів до Telegram API. Функція використовує методи обробки символів, що дозволяють перетворювати пробіли на `+` та інші спеціальні символи на їхні шістнадцяткові значення у форматі `%XX`.

Загалом, розробка пристрою для виявлення землетрусів включала кілька важливих етапів, кожен з яких вимагав детального підходу та уважності. Від підготовки та пайки акселерометра до налаштування програмного забезпечення та інтеграції з мережевими службами – кожен крок був

					ПК 01.20.1760.000 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

спрямований на створення надійного та ефективного інструменту для виявлення сейсмічної активності. Успішне виконання всіх етапів дозволило створити пристрій, який здатний своєчасно виявляти землетруси та оповіщати про них через Telegram бот, що є важливим для забезпечення безпеки та оперативного реагування на сейсмічні події.

					ПК 01.20.1760.000 ПЗ	Арк.
						47
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

РОЗДІЛ 3.

РОЗРОБКА КОРПУСУ

3.1 Вимоги до корпусу пристрою

Корпус пристрою для виявлення землетрусів є однією з ключових складових, яка забезпечує захист електронних компонентів від зовнішніх впливів та забезпечує стабільну роботу системи. Вимоги до корпусу пристрою включають кілька важливих аспектів, таких як міцність, герметичність, захист від електромагнітних завад, температурна стабільність та зручність монтажу.

Міцність і стійкість до механічних впливів

Корпус пристрою повинен бути достатньо міцним, щоб витримувати механічні впливи, які можуть виникнути під час експлуатації, транспортування та монтажу. Це включає удари, вібрації та інші механічні навантаження. Матеріал корпусу повинен бути стійким до механічних пошкоджень і забезпечувати надійний захист внутрішніх компонентів. Наприклад, використання міцного пластику або металу забезпечить довговічність і стійкість корпусу.

Герметичність і захист від пилу та вологи

Корпус повинен забезпечувати високий рівень герметичності для захисту електроніки від пилу та вологи. Це особливо важливо для роботи пристрою у важких умовах, де можлива наявність пилу, бризок води або високої вологості. Використання ущільнювачів і спеціальних герметичних конструкцій дозволить забезпечити необхідний рівень захисту. Ступінь захисту IP (Ingress Protection) повинен бути не менше IP54 (рис.3.1.), що забезпечує захист від пилу та бризок води з будь-якого напрямку. [17]

					ПК 01.20.1760.000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Захист від електромагнітних завад

Електронні компоненти пристрою можуть бути чутливими до електромагнітних завад, які можуть викликати некоректну роботу або пошкодження. Тому корпус повинен забезпечувати екранування від електромагнітних випромінювань. Використання металевих матеріалів або спеціальних покриттів для внутрішніх поверхонь корпусу допоможе знизити вплив електромагнітних завад.

Рис. 3.1. Порівняння типів захисту від зовнішнього впливу

					ПК 01.20.1760.000 ПЗ	Арк.
						49
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Температурна стабільність

Пристрій може експлуатуватися в умовах різних температур, тому корпус повинен забезпечувати стабільну роботу електроніки при різних температурних режимах. Матеріали корпусу повинні мати низький коефіцієнт теплового розширення і бути стійкими до температурних коливань. Це дозволить уникнути деформацій та пошкоджень компонентів внаслідок температурних змін. Корпус також повинен забезпечувати достатню вентиляцію для запобігання перегріву.

Зручність монтажу та обслуговування

Корпус пристрою повинен бути зручним для монтажу та обслуговування. Це включає можливість легкого доступу до внутрішніх компонентів для їх налаштування або заміни. Конструкція корпусу повинна передбачати зручне кріплення на стінах, підлогах або інших поверхнях. Використання стандартних кріпильних елементів та роз'ємів забезпечить простоту монтажу та демонтажу пристрою.

3.2 Порівняння матеріалів для корпусу

Вибір матеріалу для корпусу пристрою є важливим аспектом розробки, оскільки він визначає міцність, захист від зовнішніх факторів, теплову стабільність та інші характеристики пристрою. У цьому розділі буде детально розглянуто матеріали, які можуть бути використані для виготовлення корпусу, зокрема пластик, алюміній, нержавіюча сталь та титан.

Пластик є одним з найпоширеніших матеріалів для виготовлення корпусів завдяки своїм характеристикам та доступності. Він має щільність у діапазоні від 0.9 до 1.5 г/см³, залежно від типу пластику, такого як ABS або полікарбонат. Міцність на розрив становить від 40 до 70 МПа, що забезпечує достатню стійкість до механічних навантажень. Модуль пружності пластику

					ПК 01.20.1760.000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

варіюється від 2 до 3 ГПа. Теплопровідність пластику низька, становить близько 0.2–0.3 Вт/(м·К), що може обмежувати його використання у випадках, коли потрібне ефективне відведення тепла. Пластик здатний працювати в температурному діапазоні від -40°C до +85°C, а для деяких видів до +120°C. Корпуси з пластику можуть забезпечувати ступінь захисту від IP54 до IP65, за умови додаткової герметизації.

Алюміній є одним з найбільш популярних металів для виготовлення корпусів завдяки своїм відмінним фізичним властивостям і легкій вазі. Він має високу корозійну стійкість, особливо при покритті анодуванням. Алюміній має низьку щільність, що становить приблизно 2.7 г/см³, що робить його легким матеріалом, зручним для мобільних та переносних пристроїв. Міцність на розрив у діапазоні від 200 до 300 МПа забезпечує достатню стійкість до механічних навантажень. Модуль пружності алюмінію становить 69 ГПа, що робить його досить гнучким, але водночас міцним матеріалом. Алюміній має високу теплопровідність – 205 Вт/(м·К), що дозволяє ефективно відводити тепло від електронних компонентів. Він може працювати в широкому діапазоні температур від -60°C до +200°C, що робить його придатним для різних умов експлуатації. Алюмінієві корпуси можуть забезпечувати ступінь захисту від IP65 до IP68 залежно від конструкції та додаткових ущільнювачів.

Нержавіюча сталь відома своєю високою корозійною стійкістю і механічною міцністю. Цей матеріал часто використовується в умовах, де потрібна висока стійкість до корозії, наприклад, у морських або хімічних середовищах. Нержавіюча сталь має щільність близько 7.8 г/см³, що робить її значно важчою за алюміній. Міцність на розрив становить приблизно 520 МПа, що забезпечує високу стійкість до механічних навантажень. Модуль пружності нержавіючої сталі – 190 ГПа, що робить її дуже міцною і менш гнучкою порівняно з алюмінієм. Теплопровідність нержавіючої сталі становить близько 16 Вт/(м·К), що значно нижче, ніж у алюмінію. Нержавіюча сталь може експлуатуватися в діапазоні від -200°C до +800°C, що робить її придатною для екстремальних умов. Корпуси з нержавіючої сталі можуть

					ПК 01.20.1760.000 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

забезпечувати високий ступінь захисту, до IP68, завдяки своїй міцності та можливості герметизації.

Титан є дуже міцним і легким металом, відомим своєю винятковою корозійною стійкістю і високою температурною стійкістю. Він часто використовується в аерокосмічній та медичній галузях. Титан має щільність приблизно 4.5 г/см³, що є середнім показником між алюмінієм і нержавіючою сталлю. Міцність на розрив титану становить близько 900 МПа, що робить його одним з найміцніших доступних металів. Модуль пружності титану – 116 ГПа, що забезпечує хороше співвідношення гнучкості та міцності. Теплопровідність титану становить близько 21 Вт/(м·К), що є вищим за нержавіючу сталь, але нижчим за алюміній. Титан може працювати в умовах від -250°C до +600°C, що робить його ідеальним для екстремальних температурних умов. Корпуси з титану можуть забезпечувати ступінь захисту до IP68, завдяки високій міцності і можливості надійної герметизації (табл. 2.1) [18].

Табл. 2.1. Порівняння матеріалів

Властивість	Пластик	Алюміній	Нержавіюча сталь	Титан
Щільність (г/см ³)	0.9–1.5	2.7	7.8	4.5
Міцність на розрив (МПа)	40–70	200–300	520	900
Модуль пружності (ГПа)	2–3	69	190	116
Теплопровідність (Вт/м·К)	0.2–0.3	205	16	21
Температурний діапазон	-40°C до +85°C	до -60°C до +200°C	до -200°C до +800°C	до -250°C до +600°C
Ступінь захисту	IP54-IP65	IP65-IP68	IP68	IP68
Вартість	Низька	Середня	Середня-Висока	Висока

Вибір матеріалу для корпусу пристрою залежить від конкретних вимог до експлуатації, бюджету та умов використання. Пластик є доступним та легким

матеріалом, що підходить для загального використання, але може бути менш міцним. Алюміній забезпечує високу міцність та теплопровідність, що робить його ідеальним вибором для багатьох застосувань. Нержавіюча сталь забезпечує виняткову корозійну стійкість і міцність, що робить її придатною для важких умов експлуатації. Титан поєднує в собі високу міцність і легкість, а також надзвичайну стійкість до корозії та екстремальних температур, що робить його найкращим вибором для найвибагливіших застосувань.

Для нашого пристрою, враховуючи необхідність захисту від пилу, вологи та механічних пошкоджень, а також вимоги до тепловідведення, найкращим вибором може бути використання алюмінію або титану. Це забезпечить довговічність та надійність пристрою в різних умовах експлуатації.

3.3 Проектування корпусу

У процесі створення пристрою для виявлення землетрусів було розроблено складальний кресленик у програмі AutoCAD. Цей кресленик надає детальну інформацію про конструкцію пристрою, включаючи розташування всіх його елементів, їх розміри та взаємозв'язок. [19]

Складальний кресленик

Складальний кресленик був створений з метою детального представлення конструкції пристрою. Він включає в себе основні елементи: корпус, кришку, плату LOLIN nodemcu v3, сенсор Adxl335 gy-61 та кріпильні гвинти. Кресленик був створений у масштабі 2,5:1 для забезпечення високої точності та деталізації всіх компонентів.

Корпус пристрою має прямокутну форму з розмірами 100 мм на 80 мм, що забезпечує достатній простір для розміщення всіх внутрішніх компонентів. Така форма вибрана для зручності монтажу та надійності кріплення на різних поверхнях. Корпус виготовлений з матеріалу, стійкого до механічних

					ПК 01.20.1760.000 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пошкоджень, що забезпечує захист внутрішніх елементів від зовнішніх впливів (рис. 3.2.).

Рис. 3.2. Розташування podetcu i Adxl335 в корпусі

На кресленику також вказані розташування та розміри отворів для кріпильних гвинтів M4x22, M3x10 та M2x10 згідно з ГОСТ 17473-80. Ці гвинти використовуються для надійного закріплення плати та сенсора всередині корпусу. Вони розташовані таким чином, щоб забезпечити максимальну стійкість та мінімізувати вібрації, які можуть впливати на точність вимірювань сенсора (рис. 3.3.).

					ПК 01.20.1760.000 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рис. 3.3. Гвинти для кріплення

Кришка корпусу щільно прилягає до основної частини, забезпечуючи герметичність та захист від пилу та вологи. Це є важливим для забезпечення довговічності та надійності роботи пристрою в різних умовах експлуатації. Кришка закріплюється гвинтами, що полегшує доступ до внутрішніх компонентів при необхідності їх обслуговування або заміни.

Елементи пристрою та їх розташування

Основними елементами пристрою є плата LOLIN nodemcu v3 та сенсор Adxl335 gy-61. Плата розташована в центральній частині корпусу, що забезпечує зручний доступ до неї для підключення живлення та інших необхідних з'єднань. Сенсор Adxl335 gy-61 розміщений таким чином, щоб його осі були вирівняні з осями пристрою, що забезпечує точні вимірювання сейсмічних коливань по осі Z.

Розташування компонентів було вибрано з урахуванням їх функціональних особливостей та вимог до стабільності роботи пристрою.

					ПК 01.20.1760.000 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Плата та сенсор закріплені таким чином, щоб мінімізувати вплив вібрацій та зовнішніх впливів на точність вимірювань.

3.4. Висновки до розділу 3

У третьому розділі дипломного проекту було детально розглянуто проектування корпусу та конструкцію пристрою для виявлення землетрусів. Основна увага приділялася розробці корпусу, створенню складального кресленника та вибору матеріалів і компонентів для забезпечення надійності та ефективності роботи пристрою.

Під час проектування корпусу було враховано кілька важливих аспектів. По-перше, корпус повинен забезпечувати захист внутрішніх компонентів від механічних пошкоджень, пилу та вологи. Для цього була вибрана прямокутна форма корпусу з надійною кришкою, яка забезпечує герметичність та захист від зовнішніх впливів. Використання стійких до корозії матеріалів підвищує довговічність пристрою.

Розташування основних компонентів, таких як плата LOLIN nodemcu v3 та сенсор Adxl335 gy-61, було ретельно продумано для забезпечення стабільності та точності вимірювань. Плата розміщена в центральній частині корпусу, що дозволяє зручно підключати живлення та інші необхідні з'єднання. Сенсор розташований таким чином, щоб його осі були вирівняні з осями пристрою, що забезпечує точні вимірювання сейсмічних коливань.

Розробка складального кресленника в програмі AutoCAD дозволила детально представити конструкцію пристрою, включаючи розміри, розташування та взаємозв'язок всіх елементів. Кресленник також містить інформацію про розташування отворів для кріпильних гвинтів, що забезпечує надійне закріплення компонентів та мінімізацію вібрацій.

Специфікація, розроблена на основі кресленника, містить повний перелік необхідних компонентів для складання пристрою. Це включає деталі корпусу, кришки, стандартні кріпильні вироби та електронні компоненти. Специфікація

					ПК 01.20.1760.000 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

також вказує кількості кожного елементу, що полегшує процес виробництва та складання.

Таким чином, у третьому розділі було успішно розроблено проект корпусу та конструкцію пристрою для виявлення землетрусів. Вибір матеріалів, розташування компонентів та створення детального складального кресленика забезпечили високу надійність, точність вимірювань та зручність обслуговування пристрою. Ці досягнення є важливими кроками до створення ефективної системи для моніторингу сейсмічної активності та своєчасного попередження про землетруси.

					ПК 01.20.1760.000 ПЗ	Арк.
						57
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ВИСНОВКИ

Дипломний проект спрямований на розробку доступного, надійного та ефективного засобу для виявлення сейсмічної активності та оперативного оповіщення відповідних служб через Telegram бот. Під час роботи над проектом було проведено всебічний аналіз сучасних інструментів для виявлення землетрусів, а також розроблено власне рішення, яке включає як апаратну, так і програмну частини.

Для створення пристрою було обрано компоненти, що забезпечують високу чутливість та надійність вимірювань. Мікроконтролер NodeMCU ESP8266 використовується для збору даних з акселерометра ADXL335, який вимірює прискорення по осі Z. Пайка компонентів була здійснена з урахуванням можливих проблем, пов'язаних з якістю припою та перегрівом елементів. Для забезпечення стабільної роботи пристрою всі компоненти були встановлені в захищену коробку, що знижує вплив зовнішніх факторів на точність вимірювань.

Програмне забезпечення для пристрою було розроблено з використанням середовища розробки Arduino IDE. Основний алгоритм включає зчитування даних з акселерометра, їх фільтрацію та обчислення ковзного середнього значення. Особливу увагу приділено налаштуванню функцій для відправки повідомлень через Telegram бот, що забезпечує оперативне оповіщення користувачів про виявлену сейсмічну активність. Використання HTTPS-з'єднання для передачі даних підвищує безпеку та надійність комунікації.

Тестування пристрою показало його здатність точно виявляти навіть незначні коливання земної поверхні та своєчасно відправляти попередження. Проведена калібрування акселерометра та оптимізація програмного забезпечення дозволили досягти високої точності вимірювань. Результати

					ПК 01.20.1760.000 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тестування підтвердили ефективність розробленого рішення для виявлення землетрусів та оповіщення користувачів.

Розроблений пристрій має великий потенціал для подальшого розвитку та вдосконалення. Можливими напрямками вдосконалення є підвищення точності вимірювань шляхом використання більш чутливих сенсорів, інтеграція з іншими системами оповіщення, а також розширення функціональності програмного забезпечення. Крім того, можлива адаптація пристрою для використання в різних умовах, включаючи сейсмічно активні зони та регіони з різними кліматичними умовами.

					<i>ПК 01.20.1760.000 ПЗ</i>	Арк.
						59
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. GSN - Global Seismographic Network. GSN - Global Seismographic Network | U.S. Geological Survey. (n.d.) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.usgs.gov/programs/earthquake-hazards/gsn-global-seismographic-network>
2. Liu, Ting & Wu, Yong & Lin, Jun. (2013). Data Acquisition System Connect to CMG-3T Low-Frequency Seismic Pendulum. Advanced Materials Research. 734-737. 2945-2948. 10.4028. www.scientific.net/AMR.734-737.2945.
3. Esposito, Marco & Marzorati, Simone & Belli, Alberto & Ladina, C. & Palma, Lorenzo & Calamita, Carlo & Pantaleo, Debora & Pierleoni, Paola. (2024). Low-cost MEMS accelerometers for earthquake early warning systems: a dataset collected during seismic events in Central Italy. Data in Brief. 53. 110174. 10.1016/j.dib.2024.110174
4. Tungka M. Determining subsurface geology with seismic refraction tomography survey / Marie Tungka // 2022 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 1003 012037.
5. McBride, Sara & DeGroot, Robert. (2023). Social Science and ShakeAlert, the earthquake early warning system for the West Coast of the United States. 10.34191/SNT-55-3.
6. Куц, Ю. В. Новітні системи та технології. Частина I. Загальні питання побудови та опрацювання даних в комп'ютерно-інтегрованих системах НКТД [Електронний ресурс] / Ю. В. Куц, Ю. Ю. Лисенко, А. С. Момот ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 123 с.
7. Галаган Р.М. Комп'ютерне проектування електронних схем. Комп'ютерний практикум: навчальний посібник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 419 с.

					ПК 01.20.1760.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

8. ESP8266EX datasheet. (n.d.-a) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://cdn-shop.adafruit.com/product-files/2471/0A-ESP8266_Datasheet_EN_v4.3.pdf
9. ADXL335. ADXL335 Datasheet and Product Info | Analog Devices. (n.d.) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.analog.com/en/products/adxl335.html>
10. Arduino Docs | Arduino Documentation. (n.d.) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://docs.arduino.cc/>
11. Telegram Bot API. (n.d.) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://core.telegram.org/bots/api>
12. Квасницький В., Єрмолаєв Г., Квасницький В., Максимова С., Хорунов В., Чигарьов В. (2015) ПАЯННЯ МАТЕРІАЛІВ. - Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, 2015.
13. Farhana Sayed, Juthi. (2022). Disaster Management Earthquake Early Detection Alarm System Using Arduino.
14. Santos, R., & Santos, R. (2022, October 27). ESP8266 NodeMCU HTTP GET and HTTP POST with Arduino IDE | Random Nerd Tutorials. Random Nerd Tutorials. <https://randomnerdtutorials.com/esp8266-nodemcu-http-get-post-arduino/>
15. Adams, Terrence & Rosenblatt, Joseph. (2023). Moving Averages
16. Mesquita, Joao & Guimarães, Diana & Pereira, Carlos & Santos, Frederico & Almeida, Luís. (2018). Assessing the ESP8266 WiFi module for the Internet of Things. 10.1109/ETFA.2018.8502562.
17. Shin, G. (2023, December 8). IP65 or IP54: the difference and what industrial manufacturers need to know. LabTest Certification Inc. <https://labtestcert.com/ip65-and-ip54-differences/>
18. Berdnyk, Oksana. (2023). Матеріалознавство та машинобудування.
19. Product Documentation | Autodesk Help. (n.d.) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://help.autodesk.com/>

20. Муравьев А. В. Основные тенденции, проблемы и перспективы развития дисплейной наноэлектроники / А. В. Муравьев // Неруйнівний контроль в контексті асоційованого членства України в Європейському союзі: 71 матеріали 2-гої науково-технічної конференції з міжнародною участю. – Польща, Люблін, 2018. – С. 10-11.
21. Куц Ю.В. Спеціальні розділи математики. Курс лекцій: навчальний посібник / Ю. В. Куц, Ю. Ю. Лисенко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 180 с.
22. Статистичні методи визначення залежностей між випадковими величинами: навчальний посібник / Ю. В. Куц, Ю. Ю. Лисенко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 115 с.
23. Баженов В.Г. Електроніка. Лабораторний практикум: навчальний посібник / В. Г. Баженов, Є. Ф. Суслов, Ю. Ю. Лисенко, А.С. Момот; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 70 с.
24. Lysenko, Iuliia, Kuts, Yurii, Uchanin, Valentyn, Mirchev, Yordan and Levchenko, Oleksandr. "Evaluation of Eddy Current Array Performance in Detecting Aircraft Component Defects" Transactions on Aerospace Research, vol.2024, no.2, 2024, pp.1-9.
25. Lysenko I, Kuts Y, Petryk V, Malko V, Melnyk A. Automated eddy current system for aircraft structure inspection. Transactions on Aerospace Research. 2023;4(273):33–40.