

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

Радіотехнічний факультет

(повна назва інституту/факультету)

Кафедра радіоконструювання та виробництва радіоапаратури

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Г. А. Марту
(підпис) (ініціали, прізвище)

«18» серпня 2019 р.

Дипломний проект
на здобуття ступеня бакалавра

За напрямом підготовки 6.050902 Радіoeлектронні апарати

(код та назва спеціальності)

на тему: Детектор землетрусу на базі Arduino

Виконав (-ла): студент (-ка) IV курсу, групи РК-51

(шифр групи)

Кубай Вадим Сергійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

[підпис]
(підпис)

Керівник асистент Зінгер Я. П.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

[підпис]
(підпис)

Консультант з охорони праці доцент, к.т.н., Каптанов С.Ф.

(назва розділу) (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

[підпис]
(підпис)

Рецензент доцент каф. РОС, к.т.н. Мачевська Н.О.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

[підпис]
(підпис)

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

Студент [підпис]
(підпис)

Київ – 2019 року

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

Факультет (інститут) радіотехнічний
(повна назва)

Кафедра радіоконструювання та виробництва радіоапаратури
(повна назва)

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

За напрямом підготовки 6.050902 Радіоелектронні апарати
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Нелін Є.А.
(підпис) (ініціали, прізвище)
«15» травня 2019 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект (роботу) студенту

Кубай Вадим Сергійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Детектор землетрусу на базі Arduino

керівник проекту (роботи) Зінгер Ірина Леонідівна
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «27» травня 2019 р. №1399-с

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 14.06.2019 р.

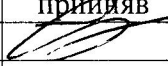
3. Вихідні дані до проекту (роботи) Напрямок живлення 5В
управління: дві кнопки для збільшення та зме-
нення порогів пультівості, габаритні пара-
метри: 110 x 45 x 30.

4. Зміст (дипломної роботи) розрахунково-пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити) Вступ. Огляд існуючих рішень.
Аналіз технічного завдання. Обґрунтування схемотех. виконання,
Проектування електронного модуля, Проектування приладу

Та аналіз його працездатності, Охорона праці, Висновки.

5. Перелік (ілюстративного) графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів тощо) Структурна схема
схема електрична принципова, електричне креслення друкованої плати, друкована плата

6. Консультанти розділів проекту (роботи)*

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

7. Дата видачі завдання 15 травня 2019 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Узгодження ТЗ з керівником	16.05 - 17.05. 2019 р	
2	Оформлення готової продукції	20.05 - 22.05. 2019 р	
3	Аналіз структурної та принципової схем	23.05 - 29.05. 2019 р	
4	Вибір елементів та розрах. параметр.	28.05. - 31.05. 2019 р	
5	Проектування друкованої плати	02.06 - 05.06. 2019 р	
6	Розрахунки, що підтверджені проекту	06.06 - 10.06. 2019 р	
7	Охорона праці	11.06 - 12.06. 2019 р	
8	Виконання граф. матеріалів	13.06 - 14.06. 2019 р	

Студент


(підпис)

В.С. Кубай
(ініціали, прізвище)

Керівник проекту (роботи)


(підпис)

Л.А. Зінгер
(ініціали, прізвище)

* Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проекту (роботи)

АНОТАЦІЯ

Дипломний проект виконано на 53 сторінках, що включають 31 ілюстрацій, 4 таблиць, 28 бібліографічних посилань та 4 додатки.

Існує багато сфер де необхідно забезпечувати аварійний захист та попередження землетрусу. Метою даного проекту є розробка детектора землетрусу на базі Arduino. Завданням є фіксування вібрацій та подання сигналу тривоги про можливу небезпеку землетрусу.

Проведено аналіз існуючих технічних рішень, визначенні переваги та недоліки. Виконано розрахунки параметрів для схемотехнічного виконання та надійності пристрою. Розроблено комплект конструкторської документації.

Ключові слова: землетрус, вібрація, детекція, попередження, запобігання.

ANNOTATION

The diploma project written on 53 pages, including 31 illustrations, 4 tables, 28 citations and 4 appendices.

There are many areas where emergency protection and earthquake prevention are required. The purpose of this project is to develop an Arduino-based earthquake detector. The task is to record vibrations and alert the possible earthquake hazard. An analysis of existing technical solutions was carried out, and the pros and cons of theirs were found. There are calculations of parameters done for circuit design and reliability of the gadget. A set of design documentation is developed

Keywords: earthquake, vibration, detection, prevention, prevention.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Огляд існуючих рішень.....	5
1.1 Огляд та аналіз аналогів на ринку	5
1.1.1 Детектор землетрусу «GTLC».....	5
1.1.2 Панель сейсмічного захисту з резервним акумуляторним живленням «DATAKOM DSD-080»,.....	6
1.1.3 Детектор землетрусу для управління подачі газу «DATAKOM DSD-050».....	7
1.1.4 Детектор землетрусу з датчиком сейсмічної активності «DATAKOM DSD-060»	8
1.1.5 Сейсмічний вимикач «GST-43-M»,	9
1.2 Огляд та аналіз схемотехнічних рішень	11
2 Аналіз технічного завдання. Обґрунтування схемотехнічного виконання	13
2.1 Аналіз структурної схеми.....	14
2.2 Вибір елементної бази.....	16
Вибір головного елементу обробки сигналу	16
2.2.1 Вибір акселерометра	16
2.2.2 Вибір дисплея	17
2.2.3 Вибір підстроюваного резистора.....	18
2.2.4 Вибір резисторів	19
2.2.5 Вибір електролітичного конденсатора.....	19

					PK51. 402221.001 ПЗ		
		№ Докум.	Підпис				
Розроб.	Кубай В.С.				Детектор землетрусу на базі Arduino	Літ.	Лист
Перев.	Зінгер Я.Л.						Листів
							1
							53
Затв.						НТУУ КПІ ім. І. Сікорського, РТФ гр.РК-51	

2.2.6	Вибір керамічного конденсатора	20
2.2.7	Вибір транзисторів	20
2.2.8	Вибір світлодіода.....	21
2.2.9	Вибір зумера звуковипромінювача	21
2.2.10	Вибір перемикача	22
3	Проектування електронного модуля	23
3.1	Розрахунок габаритів плати	23
3.2	Вибір класу точності друкованої плати та щільність друкованого монтажу	24
3.3	Розрахунок ширини друкованих провідників	25
3.4	Обґрунтування методу виготовлення друкованої плати	26
3.5	Вибір матеріалу основи друкованого монтажу і провідникового матеріалу.	26
3.6	Вибір виду друкованої плати	27
3.7	Вибір варіанту електричного приєднання ДП та варіанту її закріплення в пристрої.....	28
3.8	Результати проектування ДП	28
4	Проектування приладу та аналіз його працездатності	30
4.1	Проектування корпусу	30
4.2	Розрахунок надійності	30
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	33
5.1	Визначення основних потенційно шкідливих та небезпечних .. факторів.	33
5.2	можливість поразки електричним струмом Технічні рішення та організаційні заходи з безпеки і гігієни праці та виробничої санітарії	34
5.2.1	Електробезпека.....	34

					РІ41. 464411.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2.2 Освітлення робочого місця	35
5.2.3 Виробничий шум.....	36
5.3 Відповідність параметрів повітря робочої зони санітарним нормам при проведенні процесу пайки.	37
5.4 Пожежна безпека.....	39
Висновки.....	41
Перелік джерел посилань	42
Додаток А Технічне завдання.....	
Додаток Б Специфікація на друкований вузол	
Додаток В Перелік Елементів.....	

					ПІ41. 464411.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Землетрус є непередбачуваним і неминучим природним явищем, що часто завдає шкоди життю та майну людей. Ми не можемо з цим боротися, але можемо розпізнавати загрозу заздалегідь, використовуючи технології, які можуть захистити нас і нашу промисловість.

Одними із очевидних сфер, де необхідно передбачити землетрус — промислові і житлові об'єкти в районах з частими і можливими сейсмічними поштовхами. Варто додати, що під час землетрусу, окрім природної катастрофи, як наслідок, може виникнути наступна техногенна, тож проблема інформування землетрусу і буде вирішена даним приладом.

Існуючі аналогічні, які фіксують вібрації, за допомогою вбудованих реле здатні вимикають різні промислові прилади, такі як газові труби, печі для плавки металів і т.п. Запропонований прилад призначений для побутового користування та моніторингу наявності вібрації.

Метою даного дипломного проєкту є розробка детектора землетрусу на базі Arduino, який фіксуватиме вібрації за допомогою акселерометра та після обробки даних попереджуватиме про землетрус.

					РК51. 402221.001 ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ

1.1 Огляд та аналіз аналогів на ринку

В сучасному світі існує особливий попит на детектори землетрусу в районах з особливо активними сейсмічними зонами. Але не завжди пропозиція ринку задовольняє користувача. Основною проблемою на даний вид товару є цінова політика та невідповідність потребам.

В даному розділі буде розглянута пропозиція основних ринків та порівняння характеристик товарів а також проведена аналогія з розроблювальним пристроєм.

На сьогодні існує небагато виробників детекторів землетрусу. Далі розглянуто їх характеристики.

1.1.1 Детектор землетрусу «GTLC»



Рисунок 1.1 — Детектор землетрусу «GTLC»

Прилад на рис. 1.1 має такі властивості [1]:

- висока передача даних;
- РК дисплей;
- реєстрація сейсмічних рухів у трьох осях координат;

					РК51. 402221.001 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- записування та зберігання даних;
- вбудований світлодіод високої яскравості для підсвічування в темну пору доби;
- вбудована батарея що перезаряджається;
- голосове сповіщення;
- настройка тригера прискорення;
- можливість кріплення до промислових приладів;
- діапазон частот від 0,5 до 80 Гц;
- вартість 32621 грн.

Проаналізувавши характеристики даного приладу можна сказати що він дуже зручний у використанні через яскраву підсвітку, голосове сповіщення та відсутність складної калібровки, а також його перевагою є те, що в промисловості його можна кріпити до газових об'єктів, трубопроводів, ліфтів з подальшим налаштуванням на запобігання небезпеки в разі аварійної ситуації. Недоліком даного приладу є його ціна.

1.1.2 Панель сейсмічного захисту з резервним акумуляторним живленням «DATAKOM DSD-080»,

Портативна аналого-цифрова рація «Puxing PX-800» (рис. 1.2), яка може працювати в режимі ближньої розмови і ретрансляції.



Рисунок 1.2 — Панель сейсмічного захисту з резервним акумуляторним живленням «DATAKOM DSD-080»

					PK51. 402221.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Прилад на рис. 1.2 має такі властивості [2]:

- реєстрація сейсмічних рухів у трьох осях координат;
- 5 програмуємих релейних виходів;
- автоматичне самонастроювання;
- живлення від внутрішньої батареї на 24 В;
- автоматична підзарядка;
- вартість 11 645 грн;
- діапазон частот від 0,5 до 25 Гц.

Проаналізувавши характеристики даного приладу можна сказати що основними його перевагами є широкий діапазон робочих напруг (85 В – 305 В змінного струму), зручний дисплей з індикаторами стану батареї та стану приладу та кнопки налаштування приладу.

Мінусом даного приладу є висока ціна та неможливість легкого встановлення.

1.1.3 Детектор землетрусу для управління подачі газу «DATAKOM DSD-050»



Рисунок 1.3 — Детектор землетрусу для управління подачі газу «DATAKOM DSD-050»

Прилад на рис. 1.3 має такі властивості [3]:

- реєстрація сейсмічних рухів у двох осях координат;
- візуальні і звукові сигнали тривоги;

					РК51. 402221.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

- автоматичне самонастроювання;
- живлення від мережі на свинцево – кислотного акумулятора;
- автоматична підзарядка;
- діапазон частот від 0,5 до 10 Гц;
- вартість 9608 грн.

Проаналізувавши характеристики даного приладу можна сказати що основними його перевагами є вузька спеціалізація на мінімізацію ризиків виникнення пожеги при землетрусі та відсутність в необхідності обслуговування.

Мінусом даного приладу є висока ціна та відсутність монітору

1.1.4 Детектор землетрусу з датчиком сейсмічної активності «DATAKOM DSD-060»



Рисунок 1.4 — Детектор землетрусу з датчиком сейсмічної активності
«DATAKOM DSD-060»

Прилад на рис. 1.4 має такі властивості [4]:

- два незалежних вихідних реле;
- світлові індикатори;
- реєстрація сейсмічних рухів у двох осях координат;
- встановлений настроюваний потенціометр;
- діапазон частот від 0,5 до 10 Гц;
- вартість 5176 грн.

					PK51. 402221.001 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Переваги:

- чутливе додаткове реле для попередження аварійних ситуацій у випадку землетрусу;
- самонастроювання;
- компактність;

Недоліки:

- вартість;
- відсутність екрану.

1.1.5 Сейсмічний вимикач «GST-43-M»,



Рисунок 1.5 — Сейсмічний вимикач «GST-43-M»

Прилад на рис. 1.5 має такі властивості [5]:

- цифровий екран;
- реєстрація сейсмічних рухів у трьох осях координат;
- два цифрових виходи;
- здійснює зв'язок через RS-232/ RS-485 I Ethernet;

					PK51. 402221.001 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- діапазон частот від 20 до 160 Гц;
- вартість 20 000 грн.

Переваги:

- два цифрових виходи доступні для виконня вимог контролю користувача;
- висока точність аналізу сейсмічних поштовхів;
- самотестування для автоматичного виявлення нульового рівня;
- підключення до ПК, PLC, HMI.

Недоліки:

- вартість.

Таблиця 1.1 — Порівняння загальних властивостей

	<i>GTLC</i>	DATAK OM DSD- 080	DATAK OM DSD- 050	DATAK OM DSD- 060	GST-43- M
1	2	3	4	5	6
Монітор	Так	Так	Ні	Ні	Так
К-сть осей	3	3	2	2	3
Автонастроювання	Так	Так	Так	Так	Так
Автономне живлення	Так	Так	Так	Так	Так
Вартість, грн	31621	11645	9608	5176	20000
Діапазон, Гц	0,5-80	0,5-25	0,5-10	0,5-10	20-160

Виконано огляд переваг та недоліків приладів реєстрації землетрусу. Можна зробити наступні висновки: усі прилади мають такі переваги як додаткові реле для запобігання аварійних ситуацій. Деякі з приладів мають автоматичне налаштування та екрани для виведення інформації. Проте найголовні-

ший недолік — це вартість. Прилади зі схожими характеристиками мають дуже велику різницю в ціні, що не завжди може влаштувати споживача.

1.2 Огляд та аналіз схемотехнічних рішень

В даному розділі буде розглянуто популярні схеми для підключення датчиків землетрусу та схеми детекторів землетрусу.

Наприклад схема підключення двох акселерометрів до Arduino на рис. 1.6 [6].

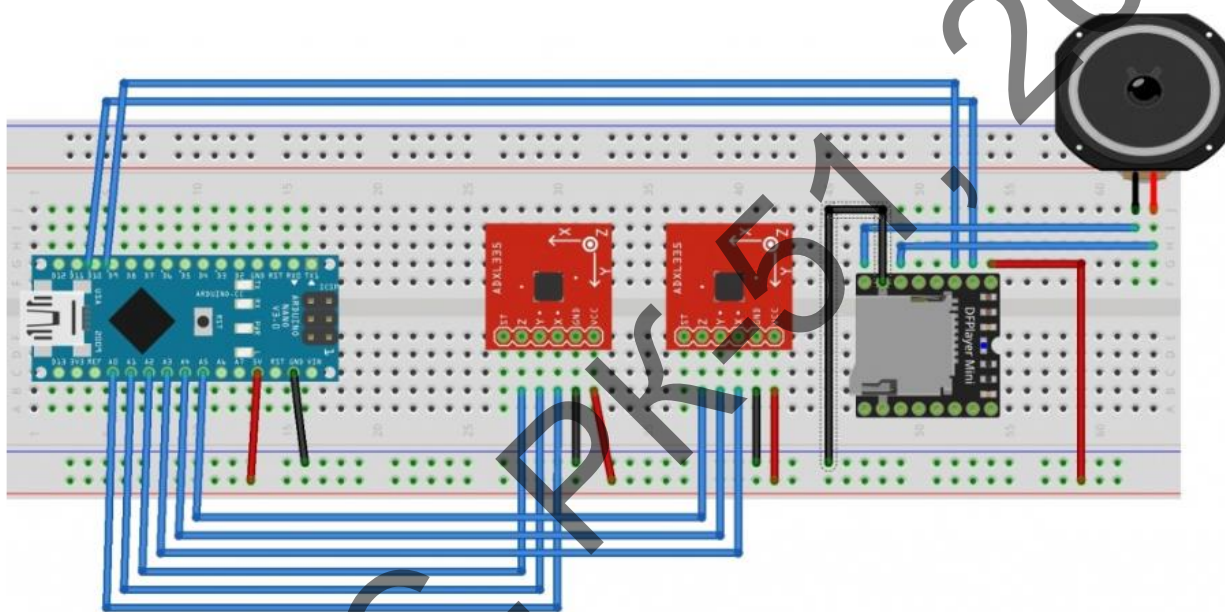


Рисунок 1.6 — Схема на основі датчиків ADXL335

Вібрація фіксується двома чутливими акселерометрами та перетворюється в цифрові дані, після чого поступає на Arduino. Після обробки даних, у разі небезпеки Arduino подає сигнал на динамік. Порог чутливості можливо налаштовувати в програмному коді.

Схема на основі вібродатчика та генератора частоти зображена на рис. 2.9 [7].

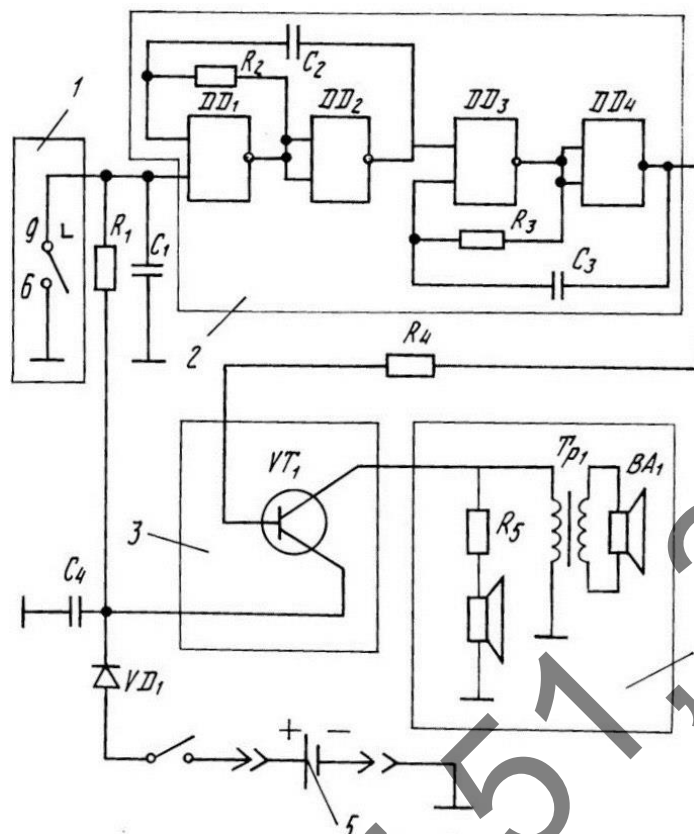


Рисунок 1.7 — Схема на основі вібродатчика та генератора частоти

Схему на рис. 1.7 виконано як аналог сейсмографу, яка фіксує механічні коливання і подає звуковий сигнал.

Всі вище зазначені схеми мають один головний недолік — відсутність монітору та засобів регулювання чутливостю що не забезпечує нормальне налаштування приладу на роботу.

					РК51. 402221.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ. ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМОТЕХНІЧНОГО ВИКОНАННЯ

У даному дипломному проєкті розробляється детектор землетрусу. Даний модуль перетворює сигнал, який фіксується чутливим акселерометром, який в подальшому обробляється за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення та виводить дані на дисплей.

Згідно з технічним завданням кліматичне виконання УХЛ 4.2 за ГОСТ 15150-69 [8]. Це передбачає наступні вимоги:

- Робоча температура в межах від $+10^{\circ}\text{C}$ до $+35^{\circ}\text{C}$;
- Гранична температура в межах від $+1^{\circ}\text{C}$ до $+40^{\circ}\text{C}$;
- Середнє значення відносної вологості повітря — 60 % при температурі $+20^{\circ}\text{C}$;
- Граничне значення відносної вологості повітря — 80 % при температурі $+25^{\circ}\text{C}$;
- Робоче значення атмосферного тиску — 104 кПа;
- Мінімально допустиме значення атмосферного тиску — 84 кПа.

Умови транспортування згідно ГОСТ 23216-78 [9] — дуже легкі. Перевезення без перевантажень автомобільним транспортом — транспортними засобами з пневматичним демпфуванням по дорогам з асфальтним та бетонним покриттям (дороги 1-ї категорії по будівельним нормам та правилам затвердженими Укравтодором) на відстані до 1000 км.

За ГОСТ 30773-2001 [10] утилізацією займається сторона виробника. При утилізації всі частини пристрою розділяються на ті що йдуть в подальшу переробку та ті що повністю ліквідуються.

Захист від механічних впливів С1 згідно ГОСТ 16019-2001 [11]. Це передбачає вимоги зазначені у табл. 2.1.

					PK51. 402221.001 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 — Характеристики та значення механічних та кліматичних чинників

Чинник	Характеристика чинника	Значення чинника
Синусоїдальна вібрація	Діапазон частот, Гц	10-70
	Амплітуда прискорення, м/с ² (g)	19,6 (2)
	Тривалість впливу, хв	90
Знижена температура	Робоча, °С	+5
	Гранична, °С	−40
Підвищена температура	Робоча, °С	+40
	Гранична, °С	+55
Знижений атмосферний тиск	Тиск, кПа	55

За показниками надійності пристрій повинен мати гарантійний термін не менше 3-х років та середній час напрацювання на відому складає не менше 20000 годин. Ремонт та технічне обслуговування здійснюється у виробника.

Корпус повинен бути виготовлений з металу для кращої передачі вібрації. Також для забезпечення можливості технічного обслуговування пристрою корпус доцільно зробити розбірним.

Готовий пристрій запакувати в бульбашко-повітряну плівку і помістити в картонну коробку.

2.1 Аналіз структурної схеми

Процесор в реальному часі буде обробляти дані, що поступатимуть від акселерометра.

Для отримання максимально прийнятних параметрів схеми (рис. 2.1) необхідно провести аналіз і порівняння її окремих складових.

					РК51. 402221.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

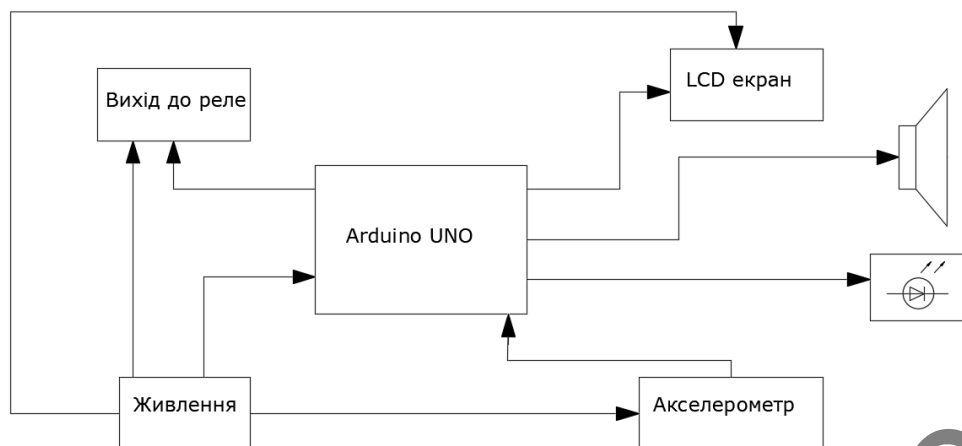


Рисунок 2.1 — Структурна схема пристрою

Живлення приладу виконується як від автономного елемента живлення, так і від USB 5В.

Схема електрична принципова (рис 2.2) розроблялась відповідно до поставленої задачі. Зменшення габариту пристрою можливе за рахунок готового схемотехнічного рішення головного елемента обробки сигналу Arduino Uno. Пристрій використовує плату Arduino Uno, підключену до акселерометра ADXL335. Дві кнопки використовуються для збільшення та зменшення порогу виявлення вібрації. РК-дисплей підключений до Arduino. Транзистор VT2 підключений до Arduino призначений для включення світлодіода тривоги і п'єзовипромінювача. Інший VT1 призначений для знеструмлення контакту для реле у разі спрацювання сигналізації для промислового PLC-інтерфейсу.

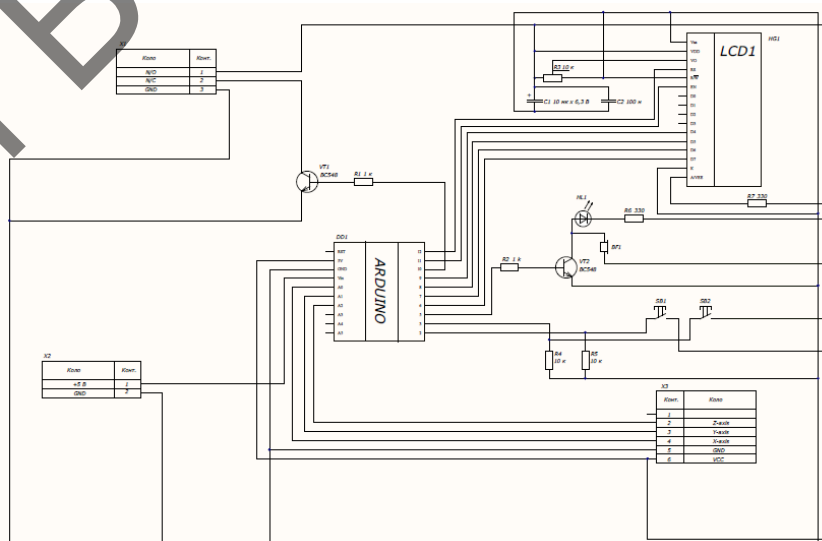


Рисунок 2.2 — Схема електрична принципова

					РК51. 402221.001 ПЗ	Арк. 15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Вибір елементної бази

Вибір головного елементу обробки сигналу

Провівши аналіз порівнянь між Arduino UNO та Arduino NANO, було обрано Arduino UNO через більший об'єм доступної пам'яті та можливість додаткового встановлення деталей (рис. 2.3, 2.4) [12, 13].



Рисунок 2.3 — Arduino NANO



Рисунок 2.4 — Arduino UNO

2.2.1 Вибір акселерометра

Основним параметром акселерометра є його чутливість. Обрано модель GY-61 ADXL335 з чутливістю 300 В/г [14].

ADXL335 (рис. 2.5) — акселерометр, розроблений для плат Arduino порівняно простий і дешевший в ціні з аналогом GY87 12С (рис. 2.5), який окрім

датчика прискорення має датчик Холла, тиску та гіроскоп, що в розроблюваному приладі не є необхідним [15].

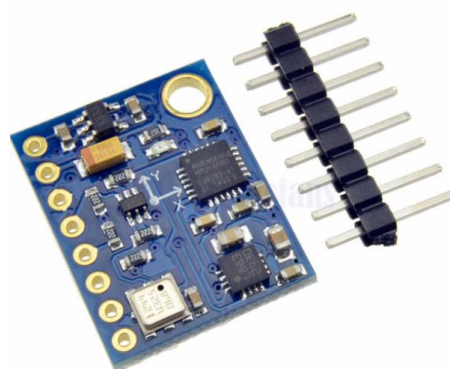


Рисунок 2.5 — GY87 12C



Рисунок 2.6 — GY-61 ADXL335

GY-61 має досить малі розміри — 21 мм на 16 мм відповідно і досить малу вагу — 2 г, також цей елемент підходить за діапазоном частот, а саме від 0,5 до 1600 Гц для осі x та y , і від 0,5 до 550 для осі z .

2.2.2 Вибір дисплея

Для даного пристрою потрібен не дорогий дисплей для відображення інформації з готовими програмними бібліотеками для Arduino, який може відображати ASCII символи в 2 рядки, при чому 16 знаків в одному рядку і кожен символ являє собою матрицю 5x7 пікселів [16].

Саме через простоту у використанні, компактність та доступність було вибрано дисплей LCD 1602A (рис. 2.7).

					PK51. 402221.001 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

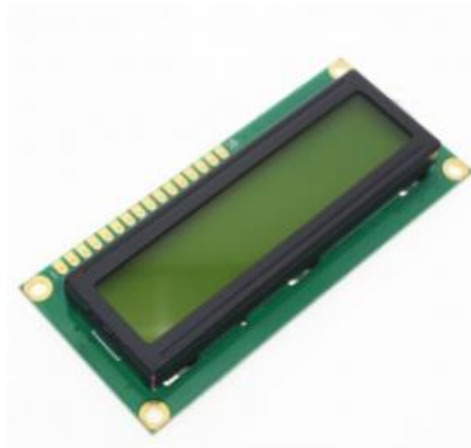


Рисунок 2.7 — LCD 1602A

LCD 1602A має розміри — 36 мм на 80 мм відповідно і вагу — 36 г

2.2.3 Вибір підстроюваного резистора

Для розроблюваного приладу необхідний підстроювальний резистор номіналом 10 кОм, провівши аналогію між схожими елементами, було обрано модель Baoter 3296 (рис. 2.8) [17].



Рисунок 2.8 — Baoter 3296



Рисунок 2.9 — RM065

Було проведено огляд між схожим елементом RM065 (рис. 2.9), який не задовольняє умови нашої схеми, є не таким надійним та доступним [18].

					PK51. 402221.001 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2.4 Вибір резисторів

Щоб забезпечити меншу площу плати та зменшити кількість отворів свердління, за можливості було обрано елементи поверхневого монтажу. У виборі резисторів це і було основним критерієм. Було обрано SMD резистори типорозміру 0805 та 0603 (рис. 2.10) які мають переваги через легкість пайки.



Рисунок 2.10 —типорозмір SMD 0805 та SMD 0603 та розмір вивідного резистора

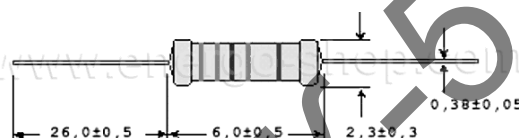


Рисунок 2.11 — Розміри вивідного резистора

Такі типорозміри використовуються для 330 Ом та 1 кОм і 10 кОм відповідно і порівнюючи розміри з вивідним резистором (рис. 2.11), SMD має значну перевагу в розмірі .

2.2.5 Вибір електролітичного конденсатора

Основним критерієм при виборі електролітичного конденсатора була ємність та номінальна напруга. Порівняно з іншими марками, конденсатори Hitano більш доступні на ринку та мають кращу надійність. (рис. 2.12) [19].



Рисунок 2.12 — Електролітичний конденсатора Hitano

Даний елемент має досить малі розміри — 5 мм у діаметрі і досить малу вагу — 0.478 г

2.2.6 Вибір керамічного конденсатора

Основним критерієм при виборі керамічного конденсатора була ємність та розміри. Тому було обрано SMD конденсатор типорозміру 0805 ємністю 100 нФ. (рис. 2.13).

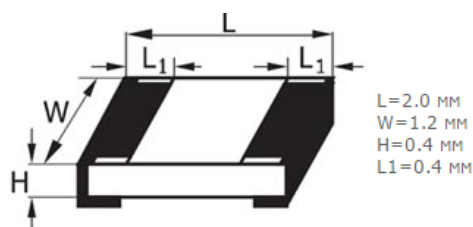


Рисунок 2.13 — Керамічний конденсатор типорозміру 0805

2.2.7 Вибір транзисторів

Транзистор в даному приладі призначений для включення індикаторів та знеструмлення виходу до реле, тому за своїми характеристиками і надійністю була обрана модель BC548 (рис. 2.14).

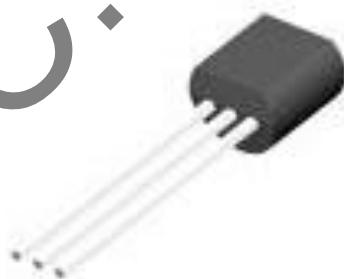


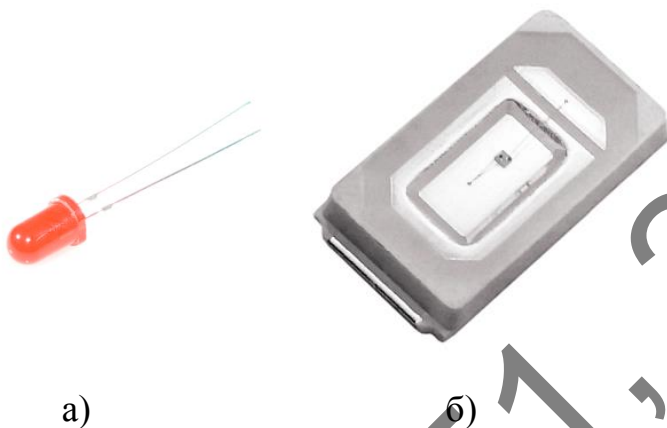
Рисунок 2.14 — Транзистор BC548

Даний транзистор є п-р-п типу, напруга емітер-база не більше 5 В, колектор-база і колектор-емітер не більше 30 В. Коефіцієнт підсилення за струмом від 110 до 800. Деталь виконана в корпусі TO-92 [20].

					РК51. 402221.001 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2.8 Вибір світлодіода

Основним критерієм при виборі світлодіода була яскравість та розміри. Тому було обрано SMD світлодіод типорозміру 5730 яскравістю 1500 К. (рис. 2.11).



а) б)
Рисунок 2.15 — Red LED: а) вивідний, б) SMD

Порівняно з вивідним світлодіодом, даний в майже 10 разів яскравіший та практичніший в процесі монтажу.

2.2.9 Вибір зумера звуковипромінювача

Для розроблюваного приладу необхідний елементарний двоконтактний зумер, що видає монотонний звук. Тому було активний зумер випромінювач 5 В, 2300 Гц для Arduino (рис. 2.12).



Рисунок 2.16 — звуковипромінювач 5 В, 2300 Гц

Даний елемент має досить малі розміри — 12,6 мм у діаметрі і досить малу вагу — 2 г [21].

					РК51. 402221.001 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2.10 Вибір перемикача

Для розроблюваного приладу необхідний двоконтактний перемикач, що підходить для невеликих схем і миттєво реагує на натискання. Тому було обрано SPST перемикач SWT10 (рис. 2.6) [22].

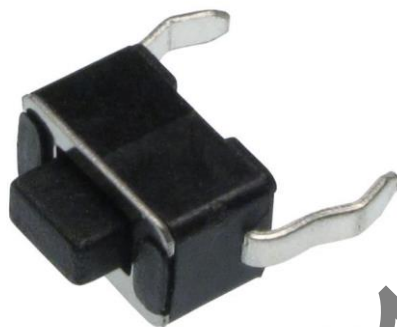


Рисунок 2.17 — Перемикач SWT10

Даний елемент має досить малі розміри — 3 мм і 4 мм відповідно і відносно малу вагу — 1 г [22].

					ПК51. 402221.001 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРОННОГО МОДУЛЯ

Розрахунок габаритів плати та елементів друкованого потрібний для врахування можливих параметрів при розробці.

3.1 Розрахунок габаритів плати

Щоб розрахувати площу проектованої друкованої плати, необхідно врахувати габарити усіх елементів з урахуванням коефіцієнта габаритності k , де надалі скористаємося наступною формулою (3.1) для розрахунків:

$$S_{\text{дп}} = 1 \sum s_{\text{мг}} + 1,5 \sum s_{\text{сг}} + 2(\text{чи } 3) \sum s_{\text{вг}}, \quad (3.1)$$

де $S_{\text{дп}}$ — площа друкованої плати; $S_{\text{мг}}$ — площа малогабаритних елементів; $S_{\text{сг}}$ — площа середньогабаритних елементів; $S_{\text{вг}}$ — площа великогабаритних елементів; 1; 1,5; 2(3) — коефіцієнти габаритності k .

Елемент	Розміри, мм		Площа одного, мм	Коефіцієнт	Кількість	Загальна лоща елементів
	W	L				
Arduino Uno	53.4	75	4005	2	1	8010
LCD 1602	36	80	2880	2	1	5760
Резистор 0805	1.2	2	2.4	1	2	4.8
Резистор 0603	0.8	1.6	1.28	1	4	5.12
Конденсатор 0805	1.2	2	2.4	1	1	2.4
Конденсатор 10uF 16V	Ø5		19.63	2	1	39.26
LED Red	Ø5.9		27.33	2	1	54.66
Piezoelectric	Ø12.6		124.63	2	1	249.26
Pushbutton	3	4	12	1	2	24
Роз'єм	1.5	16.5	24.75	1	1	24.75
3296 - ETECH	5	10	50	2	1	100
						14274.25

Рисунок 3.1 — Мінімальна площа плати

За значеннями табл. 3.1 було розраховано значення усіх площ компонентів (з врахуванням коефіцієнтів), що становить 14274 мм^2 . Для забезпечення оптимального розміщення елементів, було обрано плату 115×110 , площа якої 12650 мм^2 .

3.2 Вибір класу точності друкованої плати та щільність друкованого монтажу

Для даної ДП обрано третій клас точності виготовлення для мікросхем зі штирьовими і планарними виводами при середньому і високому насиченні поверхні ДП елементами згідно [23]. Оскільки даний клас точності також відповідає параметрам обраного методу виготовлення ДП.

Таблиця 3.5 — Клас точності ДП

№	Умовні позначення елементів друкованого монтажу	Клас точності друкованої плати				
		1	2	3	4	5
1	t , мм	0,75	0,45	0,25	0,15	0,1
2	s , мм	0,75	0,45	0,25	0,15	0,1
3	b , мм	0,3	0,2	0,1	0,05	0,025
4	$\gamma = d/H$	0,4	0,4	0,33	0,25	0,2
5	Δt , мм (без покриття)	$\pm 0,15$ $+0,25$	$\pm 0,1$ $+0,15$	$\pm 0,05$	$\pm 0,03$	$-0,03$
6	Δt , мм (з покриттям)	$-0,2$	$-0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,05$	$\pm 0,03$
7	T_1 , мм (ОПП, ДПП, ГПК і МПП — поверхневі шари)	0,15	0,1	0,05	0,03	0,03
8	T_1 , мм (МПП — поверхневі шари)	0,2	0,12	0,1	0,05	0,03

3.3 Розрахунок ширини друкованих провідників

Для розрахунку ширини друкованих провідників було знайдено який максимальний струм та напруга проходять через силові та сигнальні ланцюги. Аналізуючи отримане завдання отримуємо, що за умови живлення від 5 В розрахунок потрібно проводити лише для силових провідників. Максимальний струм в силових провідниках дорівнює 0,3 А. Проведемо розрахунки мінімальної ширини друкованих провідників у вузькому та широкому місці за допомогою формули:

$$t_1 = t_{minDS} + |\Delta t_{noS}|,$$

де t_{minDS} — мінімальне значення ширини друкованого провідника; Δt_{noS} — допуск на ширину провідника.

Мінімальне значення ширини друкованого провідника t_1 у вузькому місці, мм: 0,3 мм.

Мінімальне значення ширини друкованого провідника t_1 у широкому місці, мм: 0,55 мм.

Мінімально допустиму ширину провідника t_2 з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому (3%) розрахуємо за формулою:

$$t_2 = \frac{I_p I_{max_p} \rho}{h_p U_p 0.03},$$

де I_p — довжина провідника; I_{max_p} — максимальний струм у провіднику; ρ — питомий опір провідників; h_p — товщина фольги провідника; U_p — прикладена напруга на провідник.

Мінімально допустиму ширину провідника t_3 з урахуванням допустимого рівня струму на ньому розрахуємо за формулою:

$$t_3 = \frac{I_{max_p}}{h_p j_p} = 0,429 \text{ мм},$$

де I_{max_p} — максимальний струм; h_p — товщина фольги; j_p — допустима щільність струму в провіднику.

Розрахована ширина для силового провідника: 0,55 мм.

					РК51. 402221.001 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Найменшу номінальну відстань $S_{\min}$ між елементами провідникового рисунку (між двома провідниками) розрахуємо за формулою:

$$S_{\min} = S_m + \Delta t_{\text{во}} = 0,35 \text{ мм},$$

де S_m – мінімально допустима відстань між сусідніми друкованими об'єктами;

$\Delta t_{\text{во}}$ – допуск на ширину провідника;

3.4 Обґрунтування методу виготовлення друкованої плати

Для даного пристрою ми обрали двосторонню друковану плату, виготовлення якої буде комбінованим позитивним методом [24].

Метод представляє собою виготовлення друкованої плати на фольгованому діелектрику з металізацією отворів, при якому спочатку виконується свердління отворів і металізація, а потім травлення міді з пробільних місць. При нанесенні рисунку сземи пробільні місця покриваються захисним шаром. Після свердління і хімічного міднення отворів здійснюється гальванічне осадження міді на провідники, контактні площадки та в отвори, потім наноситься шар металу (срібло, сплав олово-свинець, сплав Розе і т.п.), після чого видаляється захисний шар із пробільних місць і стравлюється фольга. Метод дозволяє виготовляти друковані плати з підвищеною щільністю монтажу, високими електричними параметрами і високою міцністю зчеплення провідників. Рекомендується для виготовлення друкованих плат для апаратури, що працює в жорстких умовах експлуатації.

3.5 Вибір матеріалу основи друкованого монтажу і провідникового матеріалу.

Матеріалом для розроблюваної друкованої плати буде склотекстоліт *FR-4* [25], з товщиною діелектрика 1,6 мм та товщиною фольги 35 мкм. Далі наведені його характеристики у порівнянні з склотекстолітом *FR-5*:

					РК51. 402221.001 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.4 — Характеристика матеріалів.

№	Характеристики	Од. вим.	Склотекстоліт	
			FR4	FR5
1	Щільність	г/см ³	1,7	1,7
2	Міцність на вигин перпендикулярно шарам при нормальних умовах	МПа	340	340
3	Ізоляційний опір при зануренні у воду	W	5,0x10 ⁸	5,0x10 ⁸
4	Діелектрична проникність (50 Гц)	—	5,5	5,5
5	Тангенс кута втрат (50 Гц)	—	0,04	0,04

Як видно з порівняння, характеристики матеріалів майже однакові, тому відштовхуючись від цінової політики та поширеності FR-4 було обрано саме цей матеріал.

3.6 Вибір виду друкованої плати

Для подальшого проектування було обрано двосторонню друковану плату (ДДП).

ДДП мають високу щільність монтажу, що важливо при використанні мікросхем високої інтеграції для малогабаритних ЕА. Зменшення довжини провідників, що забезпечує значне підвищення швидкодії, можливість екранізування ланцюгів змінного струму, вища стабільність параметрів друкованих провідників під впливом зовнішніх умов [26].

Попри це, двосторонні друковані плати мають більшу вартість у зв'язку з вищою точністю порівняно з односторонніми друкованими платами.

					РК51. 402221.001 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.7 Вибір варіанту електричного приєднання ДП та варіанту її закріплення в пристрої

По завершенню монтажу плати, вона кріпиться до нижньої кришки за допомогою 4-х гвинтів М3х10 ГОСТ 17473-80. Вкінці роботи закривається верхня кришка та фіксується до нижньої за допомогою 4-х гвинтів М3х10 ГОСТ 17473-80 [27].

3.8 Результати проектування ДП

По закінченню всіх розрахунків було спроектовано ДП (рис. 3.1), яка відповідає розрахованим параметрам.

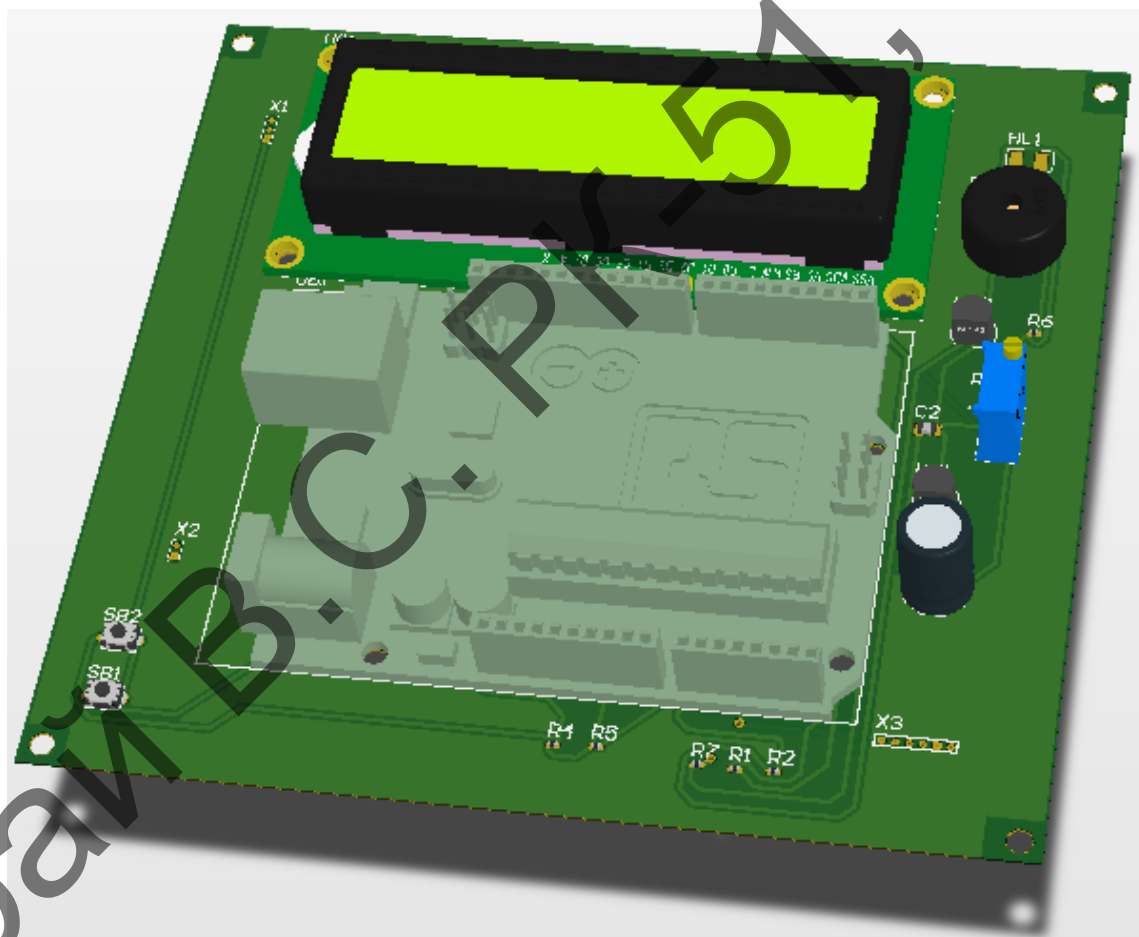


Рисунок 3.2 — Зображення 3D моделі плати

Вигляд 3D моделі друкованої плати повністю відповідає очікуванням.

Виконано розводку плати і отримана наступна топологія шару (рис.3.3, 3.4)

					PK51. 402221.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

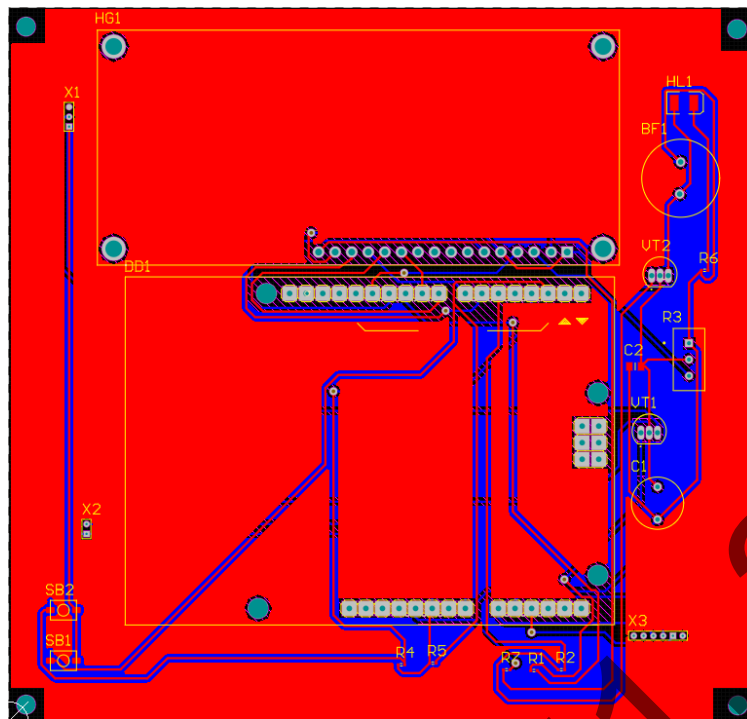


Рисунок 3.3 — Зображення топології верхнього шару ДП

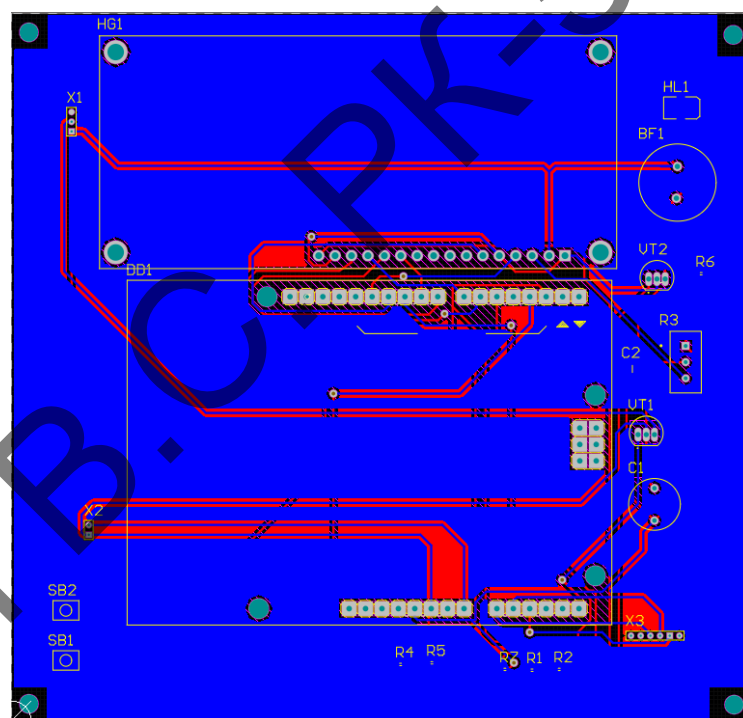


Рисунок 3.2 — Зображення топології нижнього шару ДП

Після трасування провідників, заливкою було виконано з'єднання ланцюгу землі (GND), після чого виконано перевірку результату трасування на помилки. Усі виявлені помилки було виправлено, тому можна переходити до проектування корпусу.

					PK51. 402221.001 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ПРОЕКТУВАННЯ ПРИЛАДУ ТА АНАЛІЗ ЙОГО ПРАЦЕЗДАТНОСТІ

4.1 Проектування корпусу

Відповідно до умов технічного завдання було спроектовано корпус приладу (рис. 4.1). В корпусі передбачено місце для елементів живлення а також отвори для органів керування та сповіщення.

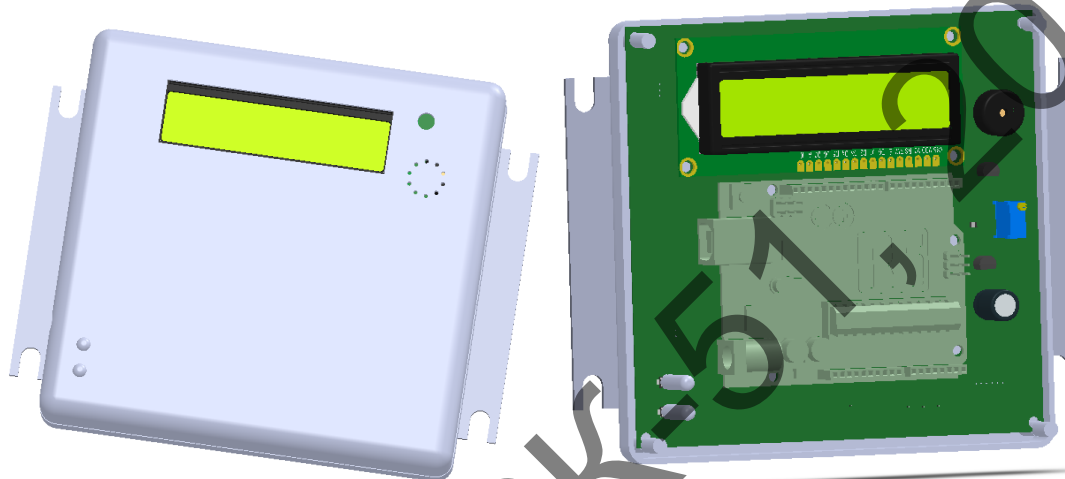


Рисунок 4.1 — модель корпусу детектора землетрусу

Для зумера та світлодіода в корпусі використовується отвори. Для кнопок на платі, через їх малий розмір було нарощено додаткові елементи в корпусі для їх натискання.

Виготовлення корпусу передбачено на спеціальних станках з листового металу.

Для кріплення приладу на поверхню стін і тому подібного було передбачено в корпусі відведені місця.

На задній кришці під платою відведене місце для літій-іонного акумулятора.

4.2 Розрахунок надійності

Проведемо розрахунок віброміцності плати.

Вхідні дані:

					РК51. 402221.001 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- довжина плати $a = 0,120$ м;
- ширина плати $b = 0,110$ м;
- товщина плати $h = 1,6 \cdot 10^{-3}$ м.

Матеріалом друкованої плати обрано фольгований двосторонній склотекстоліт FR4 з такими параметрами:

- щільність $\rho = 2,05 \cdot 10^3$ кг/м³;
- модуль пружності $E = 3,02 \cdot 10^{10}$ Н/м²;
- коефіцієнт Пуассона $\xi = 0,22$.

Маса елементів що встановлені на платі $M = 0,087$ кг.

Розрахуємо приведену масу друкованої плати:

$$m_n = \rho h = 3,2 \text{ кг/м}^2$$

Розрахуємо приведену масу плати з деталями:

$$m = m_n + m_e = 3,6 \text{ кг/м}^2$$

Розрахуємо циліндричну жорсткість:

$$D = \frac{Eh^3}{12(1-\xi^2)} = 10,83 \text{ Нм}$$

Розрахуємо значення функції $\varphi(\beta)$ для кріплення плати в чотирьох точках:

$$\varphi(\beta) = \pi^2 \sqrt{\frac{1 + 1,621 \frac{\xi}{\beta} + \frac{1}{\beta^2}}{1 + 1,621 \frac{1}{\beta^3} + \frac{1}{\beta^6}}} = 10,49$$

де $\beta = a/b = 1,09$ – коефіцієнт, що залежить від співвідношення довжини та ширини плати.

Розрахуємо значення резонансної частоти плати:

$$f_0 = \frac{\varphi(\beta)}{2\pi a^2} \sqrt{\frac{D}{m}} \approx 130 \text{ Гц}$$

Висновки: так як резонансна частота плати $f_0 = 130$ Гц, що майже в 2 рази перевищує максимальну частоту вібраційних впливів ($f = 60$ Гц), то обраний варіант кріплення плати влаштовує вимоги віброміцності.

					РК51. 402221.001 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оскільки на платі не має елементів які здійснюють інтенсивну тепловіддачу, розрахунки теплового режиму проводити недоцільно.

Кубай В.С. РК-51, 2019

					РК51. 402221.001 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В даному розділі дипломного проекту визначені основні потенційно небезпечні і шкідливі виробничі фактори що можливі при розробці, виготовленні та експлуатації спроектованого пристрою. Детально розглянуті питання з охорони праці при виготовленні друкованих плат та при виконанні технологічного процесу пайки. Ці процеси супроводжуються цілим рядом шкідливих та небезпечних факторів [28].

Необхідною умовою також є розгляд електробезпеки та пожежної безпеки на робочому місці, при виконанні згаданих робіт.

5.1 Визначення основних потенційно шкідливих та небезпечних факторів.

Проаналізуємо основні потенційно шкідливі і небезпечні фактори, що виникають при виготовленні даного пристрою:

- небезпека ураження електричним струмом;
- недостатня освітленість робочого місця;
- підвищений рівень шуму;
- значні психофізіологічні навантаження;
- небезпека використання ручної пайки.

Одним з найбільш небезпечних і шкідливих факторів, при виробництві спроектованого пристрою, є пайка виводів радіо компонентів. При пайці використовується припій ПОС–61, до складу якого входить свинець, що відноситься до першого класу небезпеки. Потенційно небезпечними і шкідливими виробничими факторами при ручній пайці є:

- пил і загазованість в повітрі робочої зони;
- наявність інфрачервоного випромінювання від паяльника;
- незадовільна освітленість робочих місць або підвищеною яскравістю світла;

					РК51. 402221.001 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- незадовільні метеорологічні умови в робочій зоні;
- вплив бризів та крапель розплавленого припою;
- група психологічних шкідливих виробничих факторів: напруженість праці,
- нервово–психічні перевантаження;

5.2 можливість поразки електричним струмом Технічні рішення та організаційні заходи з безпеки і гігієни праці та виробничої санітарії

5.2.1 Електробезпека

Згідно ПУЕ науково-дослідницька лабораторія відноситься до приміщень без підвищеного ризику ураження персоналу електричним струмом, так як відсутні підвищена температура, вологість, підлога не електропровідна.

Електроустаткування належить до приладів до 1000 В. Електроустаткування, що використовується, відповідно до ГОСТ 12.2.007.0-75 належить до устаткування класів 0, 0I, і I за електрозахистом. Спроектований пристрій відносяться до III класу за електрозахистом ($U_{\max} < 5V$).

Небезпеки дотику до струмоведучих частин відноситься до визначення сили струму, що протікає через тіло людини, і порівняння його із допустимим значенням відповідно до ГОСТ 12.1.038-88. У загальному випадку допустима величина струму, що протікає через тіло людини, залежить від схеми підключення електроустаткування до електромережі, роду й величини напруги живлення, схеми включення .

При виконанні розрахунків для дипломного проекту використовувався персональний комп'ютер — згідно з ГОСТ 12.2.007.0-75 системний блок відноситься до I класу та ВДТ — до II класу за електрозахистом. Для правильного визначення необхідних засобів та заходів захисту від ураження електричним струмом необхідно знати допустимі значення напруг доторкання та струмів, що проходять через тіло людини. Основними технічними засобами, що забезпечують безпеку робіт (згідно ПУЕ та ДБН (1-2) є: надійна ізоляція, захи-

					РК51. 402221.001 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сне заземлення, захисне відключення. У системі трифазних мереж із глухо заземленою нейтраллю, яка використовується у науково-дослідницькій лабораторії, найкращими засобами захисту є: надійна ізоляція струмоведучих частин електроустаткування відповідно до ГОСТ 12.1.009-76 і занулення відповідно до ПУЕ.

Підвищена напруга живлення спонукає до додаткових заходів безпеки, а саме: використання сертифікованої елементної бази, та електроізоляційних матеріалів. Між блоком живлення та гальванічними елементами з'єднання повинні виконуватися провідниками, що розраховані на відповідну напругу і струм.

5.2.2 Освітлення робочого місця

Перевіримо освітленість, що забезпечується загальним рівномірним штучним освітленням. Для визначення освітленості застосуємо метод коефіцієнта використання світлового потоку.

Як джерело світла використовуємо люмінесцентні лампи ЛБ-80 потужністю 80 [Вт]. Застосовуються світильники ПВЛМ чи ЛСПО62-80-08.

Освітленість дорівнює:

$$E = \frac{N\Phi_0\eta}{SK_3Z},$$

де $N=12$ — кількість світильників у приміщенні; $\Phi_0=5220$ Лм — світловий потік світильника; K_3 — коефіцієнт запасу; $S=35$ м² — площа освітлюваного приміщення; η — коефіцієнт використання світлового потоку. Визначається в залежності від індексу приміщення і коефіцієнтів відбиття стелі, $\eta_1=0,7$, стін $\eta_2=0,5$, підлоги $\eta_3=0,1$.

$$i = \frac{lb}{h(l+b)},$$

де $l=7$ [м] — довжина приміщення, $b=5$ [м] — ширина приміщення;

$h=3$ [м] — висота підвісу світильників, $i=7\cdot5/(3\cdot(7+5))=0,96$.

Визначаємо $\eta=0,34$.

					РК51. 402221.001 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При використанні люмінесцентних ламп у приміщеннях з повітряним середовищем, що містить менше за 1мг/м³ пилу; $K_z = 1,5$; $Z=1,1$ — коефіцієнт нерівномірності освітлення

$$E = 12 \cdot 5220 \cdot 0,34 / (35 \cdot 1,5 \cdot 1,1) = 368,78 \text{ [Лк]}.$$

Норма загального освітлення робочих місць (контраст об'єкта розрізнення середній, фон середній; робота високої точності) складає 300 Лк. Фактичне E більше необхідного, і норми ДБН В 2.5–28–2006 виконуються.

На робочому місці монтажу РЕА комбіноване освітлення повинне забезпечити освітленість місця $E_{\text{норм}} = 750 \text{ Лк}$. Загальне освітлення за

безпечує 369 Лк, місцеве повинно бути $E_{\text{норм}} - E_{\text{заг}} = 750 - 369 = 381 \text{ [Лк]}$.

Застосуємо джерело місцевого освітлення МЛ–2х80. Перевіримо чи забезпечить даний світильник необхідну освітленість

$$E = \frac{n \Phi_0 L N \mu \psi}{1000 K_z},$$

де $N = 1$ — число світильників; E — освітленість, яку забезпечує місцевий світильник; $K_z = 1,5$ — коефіцієнт запасу; $n = 2$ — число ламп у світильнику, $\Phi_0 = 4070 \text{ [Лм]}$ — світловий потік лампи ЛД80; $\mu = 1,2$ — коефіцієнт збільшення освітленості від навколишніх предметів, $L = 100$ — умовна освітленість за графіком, $\psi = 1$ — враховує кут нахилу робочої площини, тоді, $E = 2 \cdot 4070 \cdot 100 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 / 1000 / 1,5 = 651,2$.

Комбіноване освітлення з джерелом МЛ–2х80 забезпечить необхідну освітленість на робочому місці монтажника ($651,2 > 381$).

5.2.3 Виробничий шум

Для умов, що розглядаються в проекті і характеру роботи, рівні шуму визначені ДСН 3.3.6.037-99. «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку» та ГОСТ 12.1.003-83. «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности».

					РК51. 402221.001 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Джерелами шуму в умовах робочого приміщення, що розглядається в роботі є вентилятори охолодження внутрішніх систем персонального комп'ютера (вентилятори блоку живлення, радіатора процесора та відеокарти) і система кондиціонування повітря.

Очікувані рівні звукового тиску і рівень звуку відповідно до шумових характеристик цих джерел (ШХ) :

- рівень шуму, створюваний внутрішніми елементами ПК дорівнює 35 дБ;
- рівень шуму системи кондиціонування на низьких/високих частотах дорівнює 25/30 дБ.

Оскільки рівні звуку потенційних джерел шуму нижчі допустимих, умови робочого приміщення відповідають вимогам.

5.3 Відповідність параметрів повітря робочої зони санітарним нормам при проведенні процесу пайки.

Одним з небезпечних і шкідливих факторів в процесі виробництва пристроїв, є пайка виводів радіокомпонентів. Сутність пайки — процес з'єднання твердих металевих поверхонь за допомогою проміжного металу чи сплаву в розплавленому стані з послідуною його кристалізацією. При цьому основний метал з'єднання розчиняється у рідкому припої і відбувається взаємна дифузія металів. Припій для пайки вибирається в залежності від виду металів чи сплавів, які з'єднуються, розміру деталей, потрібної механічної міцності та стійкості до корозії. Наявність радіоелементів, які працюють при невисоких температурах, вимагає використовувати низькоплавкі припої. Цим вимогам відповідає припій ПОС-61 ГОСТ1499-79. До складу припою входить 59–61% олова, інше свинець. В якості флюсу при пайці використовується соснова каніфоль. Пайка проводиться електропаяльником потужністю 60 Вт. Операція пайки супроводжується забрудненням повітряного середовища аерозолем припою, в зоні паяння на робочому місці і приміщенні парами олова і свинцю, а також парами каніфолі. Пари, потрапляючи в атмосферу, конденсуються і перетво-

					РК51. 402221.001 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рюються в аерозоль — астинки, які по своїй дисперсності наближені до диму [26].

Ступінь впливу аерозолів залежить від хімічного складу та марки припою. Більшість хімічних елементів, що входять до складу припоїв, які на сьогоднішній день застосовуються є шкідливими для здоров'я та життя людини. В процесі пайки елементів шкідливі речовини, що виділяються з припою та каніфолі, попадають на слизову оболонку порожнини рота, очей, верхніх дихальних шляхів, зі слиною заковтуються в травний тракт, вдихаються в легені.

Основною професійною шкідливістю при пайці являється потрапляння в організм аерозолу свинцю. Частина свинцю, який потрапляє в організм людини затримується і відкладається в кістковій речовині, м'язах, мозку, печінці. При небажаних умовах свинець починає циркулювати у крові, тим самим викликаючи явище свинцевого отруєння.

Згідно ГОСТ 12.1.005-88 — нормується — гранично допустима концентрація шкідливих речовин у повітрі робочої зони. Гранично допустима концентрація у повітрі робочої зони — це така кількість шкідливих речовин, яка при щоденній роботі протягом 8 г або іншої тривалості (40 годин у тиждень) протягом всього робочого стажу не може викликати захворювань або відхилень у стані здоров'я.

По ступеню небезпеки всі шкідливі речовини діляться на 4 класи небезпеки:

Надзвичайно небезпечні гранично допустима концентрація $< 0,1 \text{ мг/м}^3$ (свинець, ртуть);

Високо небезпечні гранично допустима концентрація $0,1 - 1 \text{ мг/м}^3$ (хлор, бром, йод);

Помірно небезпечні гранично допустима концентрація $1,1 - 10 \text{ мг/м}^3$ (оксид цинку);

Малонебезпечні гранично допустима концентрація $> 10 \text{ мг/м}^3$ (пари спирту, бензину, ацетону).

					РК51. 402221.001 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Найбільш небезпечною речовиною аерозолі є свинець. Виходячи з вищесказаного, небезпека процесу визначається токсичністю свинцю, причому наявність олова знижує токсичний ефект [28].

Зробимо розрахунок концентрації аерозолі свинцю в повітрі робочої зони. На робочих місцях питома утворення аерозолі свинцю при пайці електропаяльником з потужністю 60 Вт складає 0,04 мг/100 пайок.

Визначаємо концентрацію в атмосфері аерозолі свинцю при ручній пайці по формулі:

$$C = 0,6 \frac{y n t N}{v}, \quad (5.1)$$

де $y = 0,04$ мг/100 пайок питома утворення свинцю; $n = 10$ — кількість пайок у хвилину, шт; $t = 8$ — тривалість зміни, год; $N = 1$ — кількість робочих місць, на яких ведеться пайка, шт; $v = 150 \text{ м}^3$ — об'єм приміщення, За (5.1) $C = 0.0012 \text{ мг/м}^3$.

Концентрація свинцю в повітрі робочої зони не перевищує гранично допустимої концентрації, тому не має необхідності у використанні засобів індивідуального захисту чи додаткової вентиляції [28].

5.4 Пожежна безпека

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

- несправність в електроустаткуванні – наприклад, пробій ізоляції, несправності, що виникли внаслідок механічних ушкоджень і т.д.;
- порушення протипожежного режиму – наприклад, паління в недозволених місцях, користування побутовими електронагрівальними приладами і т.д.

Речовинами які можуть горіти є:

- меблі — столи, стільці, тумбочки, виготовлені з дерева;
- папір — документація, папір для принтера;
- кабельні лінії та радіодеталі.

					РК51. 402221.001 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Так як усі вище перераховані речовини є твердими речовинами і матеріалами, здатними при взаємодії з повітрям горіти, то розглянуте приміщення, згідно НАПБ Б. 03.002-07, можна віднести до пожежонебезпечної категорії «В».

Згідно з НПАОП 40.1-1.32-01 робочі зони приміщення відносяться до пожежонебезпечних робочих зон класу П-Па.

У приміщенні знаходяться первинні засоби пожежогасіння - це вуглекислотний вогнегасник марки ВВ-5 у кількості двох штук. Застосування вогнегасника даної марки можливо при пожежогасінні електромереж і електроустановок, що знаходяться під напругою до 1000 В, що відповідає класу пожежі «Е». Відповідно до ДСТУ 3675-98 та ISO3941-72 норматив на кількість вогнегасників виконується.

З метою профілактики загоряння електропроводки необхідно не менш одного разу в три місяці проводити профілактичні огляди електромережі.

Рубильники для відключення мережі знаходяться на видному місці, проходи не загородженні.

У випадку виникнення пожежі в приміщенні, згідно державних будівельних норм ДБНВ.1.1-8-2016, забезпечена можливість безпечної евакуації людей, що знаходяться в приміщенні, через евакуаційні виходи.

Коридор не повинен бути захащеним, мати аварійне освітлення (у даному випадку штучне), міститися в чистоті і порядку. Основні параметри евакуаційних виходів вказані у державних будівельних нормах.

Засоби пожежної сигналізації та пожежогасіння відповідають вимогам ДБН В.2.5-56-2014. Виклик пожежної охорони здійснюється набором номера 101. План евакуації знаходиться на видному місці.

					РК51. 402221.001 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

1. Аналіз ринку показав, що існуючі рішення мають певні переваги та недоліки. До переваг можна віднести наявність додаткового реле. До недоліків можна віднести ціну та малий діапазон фіксування вібрацій, а також у деяких моделей відсутні вивідні дисплеї. Оскільки частота хвиль землетрусу сягає від 0 до 50 Гц, деякі прилади не в змозі виявити весь діапазон на відміну від розроблювального приладу.
2. Наявність існуючих рішень дозволив зробити аналіз критеріїв, за якими було спроектований даний виріб, який в реальному часі виводить інформацію на монітор, сигналізує про можливу небезпеку та по собівартості коштує значно дешевше.
3. Аналіз схемотехнічних рішень дозволив розробити структурну схему, та на її основі виконати розроблення принципової схеми пристрою. Щоб зменшити розмір пристрою, були використані SMD елементи та готові схемотехнічні рішення, а саме модуль Arduino Uno, акселерометр ADXL335 та дисплей LCD1602A. В результаті прилад вийшов малогабаритний та енергоефективний.
4. Розрахований час безвідмовної роботи пристрою 20 тис.год., що є більшим за час вказаний ТЗ, та підтверджує працездатність розроблюваного пристрою.
5. Розроблений прилад задовольняє всі вимоги ТЗ.

					РК51. 402221.001 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Детектор землетрусу «GTCL» alibaba.com [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://russian.alibaba.com/product-detail/earthquake-sensor-vibration-sensor-50045409334.html> — Назва з екрану.
2. Панель сейсмічного захисту з резервним акумуляторним живленням DATAKOM DSD-080 datakom.kiev.ua [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://www.datakom.kiev.ua/catalog/detektory_zemletryaseniya_dlya_zashchity_oborudovaniya/datakom_dsd_080_panel_seysmicheskoy_zashchity_s_rezervnym_akkumulyatornym_elektropitaniem/ — Назва з екрану.
3. Детектор землетрусу для управління подачею газу — datakom.kiev.ua [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://www.datakom.kiev.ua/catalog/detektory_zemletryaseniya_dlya_zashchity_oborudovaniya/datakom_dsd_050_detektor_zemletryaseniya_dlya_upravleniya_podachey_gaza/ — Назва з екрану.
4. Детектор землетрусу з датчиком сейсмічної активності — datakom.kiev.ua [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://www.datakom.kiev.ua/catalog/detektory_zemletryaseniya_dlya_zashchity_oborudovaniya/datakom_dsd_060_detektor_zemletryaseniya_s_datchikom_seysmicheskoy_aktivnosti/ — Назва з екрану.
5. Сейсмічний вимикач «GST-43-M» [Електронний ресурс]. — icpdas-usa.com Режим доступу: <https://www.icpdas-usa.com/products.php?PID=3567> — Назва з екрану.
6. Схема на основі датчиків ADXL335 [Електронний ресурс]. 3d-diy.ru — Режим доступу: <https://3d-diy.ru/wiki/arduino-datchiki/trekhosevoy-akselerometr-gy-61-adxl335/> — Назва з екрану.

					PK51. 402221.001 ПЗ	Арк. 42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7. Схема на основі вібродатчика та генератора частоти [Електронний ресурс]. freepatent.ru — Режим доступу: <http://www.freepatent.ru/patents/2034312> — Назва з екрану.
8. ГОСТ 15150-69 — Cntd.ru [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://docs.cntd.ru/document/1200003320> — Назва з екрану.
9. ГОСТ 23216-78 — Cntd.ru [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://docs.cntd.ru/document/1200007148> — Назва з екрану.
10. ГОСТ 30773-2001 — Cntd.ru [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://docs.cntd.ru/document/1200028876> — Назва з екрану.
11. ГОСТ 16019-2001 — Cntd.ru [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://docs.cntd.ru/document/1200026583/> — Назва з екрану.
12. Arduino Nano [Електронний ресурс]. prom.ua — Режим доступу: <https://prom.ua/p629169492-arduino-nano-v30.html> — Назва з екрану.
13. Arduino Uno [Електронний ресурс]. prom.ua — Режим доступу: <https://prom.ua/p621632355-arduino-uno-atmega328.html> — Назва з екрану.
14. ADXL335 [Електронний ресурс]. prom.ua — Режим доступу: <https://prom.ua/p443218849-akselerometr-osevoj-adxl335.html> — Назва з екрану.
15. GY-87 [Електронний ресурс]. arduino.ua — Режим доступу: <https://arduino.ua/prod2009-gy-87-kompoziciya-datchikov-imu-mpu6050--hmc5883l--bmp180> — Назва з екрану.
16. LCD 1602 [Електронний ресурс]. prom.ua — Режим доступу: <https://prom.ua/p369401543-lcd-1602-displej.html> — Назва з екрану.
17. Baoter 3296 [Електронний ресурс]. prom.ua — Режим доступу: <https://prom.ua/p785249689-rezistor-podstroechnyj-mnogooborotnyj;wholesale.html> — Назва з екрану.
18. R063 [Електронний ресурс]. prom.ua — Режим доступу: <https://prom.ua/p890453257-rezistor-podstroechnyj-10k;wholesale.html> — Назва з екрану.

					PK51. 402221.001 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

19. ECR100M16B-HITANO [Електронний ресурс]. rcscomponents.kiev.ua — Режим доступу: https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/10uf-16v-ecr-5x11mm-ecr100m16b-hitano-elektroliticheskij-kondensator_1241.html — Назва з екрану.
20. BC548 [Електронний ресурс]. radiolibrary.ru — Режим доступу: <https://www.radiolibrary.ru/reference/transistor-imp/bc548.html> — Назва з екрану.
21. Buzzer [Електронний ресурс]. prom.ua — Режим доступу: <https://prom.ua/p540356389-zummer-passivnyj-buzzer.html> — Назва з екрану.
22. SWT10 [Електронний ресурс]. rcscomponents.kiev.ua — Режим доступу: https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/knopka-taktovaya-swt-10-5-analogi-tsm141as-tm1101r50b_29518.html — Назва з екрану.
23. ГОСТ 16019-2001. Аппаратура сухопутной подвижной радиосвязи. Требования по стойкости к воздействию механических и климатических факторов и методы испытаний. — Взамен ГОСТ 16019-78; введ. 2002-01-01— Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации ; М. : Изд-во стандартов, 2002. — 12 с.
24. Комбінований позитивний метод [Електронний ресурс]. studfiels.net — Режим доступу: <https://studfiles.net/preview/5199112/page:25/> — Назва з екрану.
25. ГОСТ 23751-86. Печатные платы. . — Взамен 23751-79; введ. 1989-04-01 — Москва : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации; М.: Стандартиформ, 1989. — 7 с.
26. ГОСТ 11478-88 Аппаратура радиоэлектронная бытовая. Нормы и методы испытаний на воздействие внешних механических и климатических факторов. — Введ. 1999-05-28 — Москва : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации; М.: Стандартиформ, 2006. — 57 с.

					PK51. 402221.001 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

27. ГОСТ 25346. Характеристики изделий геометрические. Система допусков на линейные размеры. Часть 1. Основные положения, допуски, отклонения и посадки. — Взамен ГОСТ 25346-89. — Минск : Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации; М.: Изд-во стандартов, 2011. — 46 с.
28. ДСанПН, 3.3.2.007-98. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин. — Затв. 1998-12-10 — Київ: МОЗ України, 1998

					PK51. 402221.001 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Қубай В.С. РК-51, 2019