

Хмельницький національний університет  
Факультет інженерії, транспорту та архітектури  
Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

### Розробка побутової портативної метеостанції

Галузь знань 14 «Електрична інженерія»

Шифр, назва

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Шифр, назва

Освітня програма «Енергетичний менеджмент»

Шифр БРМА 24.00.00.000 ПЗ

Виконав студент 4 курсу  
група ЕМ-20-1

  
Підпис

А.М. Жмудський  
Ініціали, прізвище

Керівник

  
Підпис, дата

С.І. Пундик  
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер

  
Підпис, дата

доц. Тимончук О.  
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:

Зав. кафедри МАЕЕС

  
Підпис, дата

проф. О.С. Поліщук  
Ініціали, прізвище

14 06 2024 р.

Хмельницький 2024

# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

Освітній рівень бакалавр

Галузь знань 14 Електрична інженерія

Шифр і назва

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Шифр і назва

Освітня програма Енергетичний менеджмент

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МАЕЕС

17.06.2024

## ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Жмудський Артем Миколайович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема роботи Розробка побутової портативної метеостанції

керівник роботи Пундик Сергій Іванович

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом ректора університету від 15 02 2024 р. № 8

2. Строк подання студентом роботи на кафедру МАЕЕС

3. Вихідні дані до роботи характеристики побутової портативної метеостанції

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1 Огляд та аналіз технічної літератури з тематики бакалаврської роботи. 2. Розробка побутової портативної метеостанції. 3. Розрахунок побутової портативної метеостанції. Висновки. Перелік джерел посилань.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

1. Побутові метеостанції (ДО, А1). 2. Побутова метеостанція (Е1, А1). 3. Плата побутової метеостанції (В3, А2). 4. Плата побутової метеостанції (ДП, А2). 5. Побутова метеостанція (Е3, А1). 6. Корпус побутової метеостанції (ДП2). 7. Побутова портативна метеостанція (ДП3).

### 6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1. Огляд та аналіз технічної літератури		
2. Розробка побутової портативної метеостанції		
3. Розрахунок побутової портативної метеостанції		
4. Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу		

Студент

Жмудський  
Підпис

Керівник роботи

Жмудський  
Підпис

А.М. Жмудський  
Ініціали, прізвище

С.І. Пундик  
Ініціали, прізвище

# АНОТАЦІЯ

до бакалаврської кваліфікаційної роботи студента  
спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

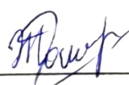
1. Прізвище, ім'я та по батькові Жмудський Артем Миколайович

2. Тема бакалаврської роботи Розробка побутової портативної метеостанції

3. Прізвище, ініціали, вчена ступінь та звання опонента \_\_\_\_\_

4. Об'єм бакалаврської роботи: креслень 5 арк., сторінок записки 61

5. Побутові метеостанції з'явилися на ринку відносно недавно. Родоначальниками побутових метеостанцій є звичайні барометри. Функціонал домашньої метеостанції схожий з метеорологічною станцією, тільки обробляється набагато менше даних, які надходять від одного або декількох датчиків, встановлених за вікном і в інших приміщеннях. Побутові метеостанції показують температуру в приміщенні, температуру на вулиці, вимірюють вологість, атмосферний тиск і на основі обробки отриманих процесором даних формують прогноз погоди на добу. Вони працюють як від електричної мережі, так і від змінних батарей чи акумуляторів. В бакалаврській роботі здійснюється розробка побутової портативної метеостанції, що є актуальним для використання в побуті. В розрахунково-пояснювальній записці наведено всі необхідні розробки, а також розділи, що відповідають встановленим вимогам. В першому розділі проведено огляд та аналіз існуючих технічних та технологічних рішень з тематики бакалаврської роботи, а саме класифікація метеостанцій, огляд існуючих побутових метеостанцій та сучасні тенденції розвитку побутової. В другому здійснюється розробка побутової портативної метеостанції. В третьому розділі проведено розрахунки побутової портативної метеостанції.

Підпис студента 

" 11 " 06 20 24 р.

## РІШЕННЯ ЕК:

Протокол 11 від " 25 " 06 20 24 р.

Оцінка проекту ЕК добре 10

Рекомендації ЕК \_\_\_\_\_




Особливі відмітки \_\_\_\_\_

Технічний секретар 

" 25 " 06 20 24 р.

## ЗМІСТ

	стор.
Вступ.....	5
1 Огляд та аналіз технічної літератури з тематики бакалаврської роботи.....	6
1.1 Класифікація метеостанцій.....	6
1.2 Огляд існуючих побутових метеостанцій.....	8
1.3 Сучасні тенденції розвитку побутової метеостанції.....	19
Висновки до першого розділу.....	20
2 Розробка побутової портативної метеостанції.....	22
2.1 Розробка схеми електричної.....	22
2.2 Вибір компонентів.....	30
2.3 Розробка друкованих плат пристрою.....	37
2.4 Розробка прототипу корпусу виробу.....	38
2.5 Розробка програмного забезпечення продукту.....	41
Висновки до другого розділу.....	48
3 Розрахунок побутової портативної метеостанції.....	49
3.1 Розрахунок ваги та розміру.....	49
3.2 Розрахунок теплового режиму.....	51
3.3 Розрахунок конструктивних елементів розподільчих зон.....	55
Висновки до третього розділу.....	57
Висновки.....	58
Перелік джерел посилань.....	60

<b>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</b>				
Змк.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Жмудський А. М.		
Перевір.		Пундик С.І.		
Реценз.				
Н. Контр.				
Затверд.		Поліщук О.С.		
Розробка побутової портативної метеостанції			Літ.	Арк.
			4	61
ХНУ зр. ЕМ-20-1				

## ВСТУП

Побутові метеостанції з'явилися на ринку відносно недавно. Родоначальниками побутових метеостанцій є звичайні барометри. Функціонал домашньої метеостанції схожий з метеорологічною станцією, тільки обробляється набагато менше даних, які надходять від одного або декількох датчиків, встановлених за вікном і в інших приміщеннях. Побутові метеостанції показують температуру в приміщенні, температуру на вулиці, вимірюють вологість, атмосферний тиск і на основі обробки отриманих процесором даних формують прогноз погоди на добу. Вони працюють як від електричної мережі, так і від змінних батарей чи акумуляторів.

Метою даної дипломного проекту є структурування раніше набутих знань, таких як проектування, прототипування, проектування електронних схем і друкованих плат, 3D-моделювання та програмування з використанням сучасних середовищ розробки та автоматизованих систем проектування та виготовлення продукту відповідно до поставленого завдання. Виріб складається з корпусу, друкованої плати, датчиків кола зарядки акумулятора, екрану з графічним інтерфейсом і світлодіодної лампи.

Об'єктом дипломного проекту є робочий прототип розробленого за завданням виробу, який може вимірювати температуру, вологість повітря та атмосферний тиск, а також забезпечувати вимірювання магнітного азимута та відображати їх на екрані виробу у вигляді графічного інтерфейсу.

Завданнями дипломного проекту є розробка структурно-принципової схеми, корпусу виробу, вибір його електронно-компонентної бази, розробка програмного забезпечення, виготовлення та прототипування друкованої плати та корпусу виробу, а також остаточна збірка дослідного зразка.

					<i>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

# 1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ З ТЕМАТИКИ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

## 1.1 Класифікація метеостанцій

В цілому всі сучасні метеостанції, представлені на ринку, поділяються за кількома характеристиками [1]:

- за типом використовуваних датчиків;
- за призначенням;
- за своєю конструкцією.

За першою ознакою метеостанції можна розділити на три основні класи:

- з аналоговими датчиками;
- з цифровими датчиками;
- з комбінованими датчиками.

До першого класу належать метеорологічні станції, де вимірювання виконується за допомогою аналогових датчиків, таких як: термометр, барометр, анеморумбометр, плювіометр, психометр. Всі ці вимірювальні прилади засновані на механічних принципах, завдяки яким можна проводити вимірювання. Метеостанції такого класу не потребують джерела живлення, проте вони досить громіздкі і часто досить крихкі.

До другого класу відносяться метеостанції, які використовують для вимірювання цифрові датчики, такі як гігрометр з біоморфним елементом, термопара, електронний барограф. Дані вимірювальні прилади живляться від електрики і перетворюють зняті ними показання в якийсь електричний сигнал. Метеостанції цього класу потребують певного електроживлення, проте вони можуть бути досить невеликими за розмірами і вести більш точний облік даних, а також їх подальшу обробку[2].

До третього класу відносяться метеостанції, які мають як аналогові, так

					<i>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

і цифрові датчики.

У даній дипломній роботі розглянуто проектування метеорологічної станції другого класу.

Якщо класифікувати метеостанції за призначенням, то можна виділити чотири класи[4]:

- побутові метеостанції;
- дорожні та польові метеостанції;
- промислові метеостанції;
- метеостанції спеціального призначення.

До першого класу відносяться метеостанції, які призначені для побутового використання, в тому числі і для будинків. Такі метеостанції надають дані про мікроклімат у приміщенні, а в деяких випадках і про погодні умови за вікном.

До другого класу належать метеостанції, які повідомляють про кліматичні умови, наприклад, на узбіччях доріг (ожеледиця, боковий вітер) та на полях (вологість повітря, температура, вологість ґрунту).

До третього класу відносяться метеостанції, які вимірюють мікроклімат в цехах, виробничих приміщеннях і на робочих місцях там, де це необхідно.

До четвертого класу відносяться всі інші метеостанції, які не входять в попередні класи - наприклад, метеостанції гідрометеорологічного центру України або метеостанції, що володіють додатковим функціоналом, не пов'язаним зі стандартом[5].

При класифікації метеостанцій за їх конструкцією їх можна розділити на два класи:

- стаціонарні;
- портативний.

Стаціонарні метеостанції, в свою чергу, можна розділити на дві групи:

- монолітні;
- з виносними датчиками.

					<i>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Стаціонарні метеостанції монолітної конструкції являють собою цілісний пристрій, часто з рухомими частинами. Ці метеостанції вимірюють показники середовища, в якому вони знаходяться.

Метеостанції з виносними датчиками можуть вимірювати як показники середовища, в якому вони знаходяться, так і показники деякого віддаленого середовища, за рахунок датчиків, розташованих поза основним корпусом і підключених дротовим або бездротовим способом до основного пристрою. Прикладом може служити датчик, встановлений перед холодильною камерою на якомусь підприємстві, який вимірює навколишнє середовище всередині і перед камерою[6].

У даній дипломній роботі найбільш перспективним напрямком будуть розглядатися тільки портативні метеостанції.

## 1.2 Огляд існуючих побутових метеостанцій

Прилад «Астра-01» призначений для прогнозування змін погодних умов і виведення даних на екран. Цей прилад використовується в основному дослідниками, так як «Астра-01» бере з супутника всю необхідну інформацію про зміни погоди. Все, що вам потрібно, це встановити на домашній комп'ютер спеціальну програму, яку можна завантажити з інтернету. Сам прилад підключається до системного блоку і дає точні прогнози погоди на наступний день: може передбачити температуру повітря з точністю до одного градуса, а наближення дощу - з точністю до десяти хвилин. Основні характеристики пристрою представлені в таблиці 1.1[7].

Апарат коштував всього 2550 грн, в той час як такі пристрої промислового виробництва коштують близько 20 тисяч грн. Пристрій, який поміщається в невелику пластикову коробочку висотою 10 сантиметрів і шириною 15 сантиметрів, легко зчитує інформацію з супутників. Зовнішній вигляд пристрою показаний на рисунку 1.1.

					<i>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Таблиця 1.1 – Основні характеристики метеостанції «Астра-01»

Параметри	«Астра-01»
Напруга живлення, В	5
Макс. струм споживання, мКА	4
Діапазон температур, t С	-40...+50
Діапазон вологості, %	0...100
Діапазон атмосферного тиску, мм Нг	112...862
Розміри без пакування (ШxВxД), мм	150x100x31
Маса, г	1000
Робоча частота, МГц	10000±10
Вартість	2550



Рисунок 1.1 – Метеостанція «Астра-01»

Цей пристрій має два істотних недоліки:

- люди, які не вміють користуватися комп'ютером, не зможуть дізнатися прогноз погоди;

- прогнозування погоди на наступний день, а не на прогноз поточного моменту часу.

Пристрій «OZON» (рис.1.2) – це портативна домашня метеостанція, яка вимірює тиск, вологість повітря та температуру вдома. Пропонований прилад відрізняється від аналогів використанням сучасної бази, вичерпним набором вимірюваних параметрів в домашніх умовах, наявністю інтерфейсу USB, що вкрай важливо для зв'язку з сучасними комп'ютерами, які часто не мають інші інтерфейси, велика внутрішня пам'ять, збереження продуктивності при відсутності деяких датчиків, наявність годинника, звичайного і місячного календарів. Основні характеристики «OZON» представлені в таблиці 1.2[4].



Рисунок 1.2 – Метеостанція «OZON»

Таблиця 1.2 – Основні характеристики метеостанції «OZON»

Діапазон вологості, %	0...100
Діапазон атмосферного тиску, мм Hg	112...862
Розміри без пакування (ШxВxД), мм	70x90x40
Маса, г	500
Робоча частота, МГц	9500
Вартість	2000

Пристрій «Orion» побудований на мікроконтролері Picashe фірми Revolution Education Ltd і складається з двох основних частин: зовнішнього блоку, який відправляє свої дані кожні 2 секунди за допомогою передавача на частоті 433 МГц. І внутрішній блок, який виводить отримані дані на РК-дисплей 20 х 4, а також атмосферний тиск, який вимірюється локально у внутрішньому блоці 3 отриманих значень будуються графіки, а значення відображаються на умовних показниках. Графіки та показання датчиків доступні на вбудованому веб-сервері, всі дані зберігаються, тому ви можете переглядати дані за будь-який проміжок часу. Конструктивно прилад повинен бути виконаний у вигляді окремого блоку, зібраного в корпусі з габаритами не більше 160x153x30 мм, і вагою не більше 700 г. Основні характеристики «Orion» представлені в таблиці 1.3[6].

Таблиця 1.3 – Основні характеристики метеостанції «Orion»

Параметри	«Orion»
Країна виробник	США
Напруга живлення, В	6
Макс. Струм живлення, мкА	4
Діапазон температур, t С	-40...+50
Діапазон вологості, %	0...100
Діапазон атмосферного тиску, мм Нг	112...862
Разміри без пакування (ШxВxD), мм	160x153x30
Маса, г	700
Робоча частота, МГц	433
Вартість	2500

На передній панелі розташований індикатор даних, кнопки управління і світлодіодні індикатори живлення і USB-зв'язку, на торцях пристрою - роз'єми для підключення живлення, зовнішніх датчиків і інтерфейсу USB.

Живлення приладу «Orion» (рис. 1.3) повинно здійснюватися від побутової електромережі напругою 220 В 50 Гц, при відключенні живлення від мережі пристрій живиться від акумуляторної батареї 6 В.



Рисунок 1.3 – Метеостанція «Orion»

Важливим недоліком метеостанції «Orion» є складність її монтажу: виносні датчики потрібно розташовувати в певних місцях для більш точних вимірювальних показників. Цей прилад має низьку продуктивність вимірювальних датчиків. Крім того, пристрій має складну елементну базу, що різко збільшує вартість виробу

До переваг можна віднести живлення як від мережі 220В, так і від акумулятора 6В. Важливою перевагою є ще й те, що дані з датчиків передаються дистанційно.

					<i>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Метеостанція La Crosse WS8006BLA-SIL представлена рисунку 1.4[1].



Рисунок 1.4 – Метеостанція La Crosse WS8006BLA-SIL

La Crosse WS8005BLA-SIL об'єднує в собі температурні датчики з годинником і внутрішньої індикацією температури, а також радіосигнали точного часу. Додатковою зручністю є відображення повного календаря.

Виробник: La crosse (Франція). Характеристики Lacrosse WS8005BLA-SIL:

Метеостанція:

- одиниці виміру: °C або ° F;
- діапазони вимірювань: від -9,9°C до + 59,9°C (від +14,1°F до +139,8°F);
- розділова здатність до вимірювання: 0,1°C (0,2 ° F);
- точність вимірювань: + / -1 ° C;
- інтервали вимірювань: 10 секунд.

Годинник:

- автоматичне оновлення з сервера;
- можливість вимкнення оновлення і ручне налаштування;
- вибір часових поясів: -12 / +12 годин;

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

- вибір форматів часу: 12 або 24;
- функція будильника.

Функції календаря з відображенням: дати, днів тижня і місяців (французької, англійської, німецької, італійської, іспанської, датської, голландської).

Встановлення: у вертикальному положенні: на столі або на стінці.

Комплект поставки: метеостанція.

Живлення: 2 батарейки типу AA (LR6 1,5 В).

Габаритні розміри: настільна консоль (Д/Ш/В), мм: 228x28x180.

Годинник середнього розміру з великим прозорим дисплеєм також можуть використовуватися в якості настільних завдяки підставці. Крім того, на дворядковому дисплеї відображається повний календар і значення температури в приміщенні. Значення температури оновлюється кожні 10 секунд. Годинник оснащений вбудованим датчиком для прийому радіосигналів точного часу з сервера. Крім того, час і часовий пояс можна налаштувати вручну.

Метеорологічна станція Bresser TemeoTrend показана на рисунку 1.5 [2].



Рисунок 1.5 – Метеорологічна станція Bresser TemeoTrend

Метеорологічна станція Bresser TemeoTrend реєструє зміни атмосферного тиску і на основі цих змін видає короткострокові прогнози на найближче майбутнє. Метеорологічна станція також вимірює температуру в приміщенні і на вулиці. Можливості підключень додаткових датчиків дозволяють охопити досить велику площу для вимірювання даних.

Виробник: Bresser (Німеччина).

Прогнози погоди:

- прогнози погоди на понад 12 годин;
- метеостанції можуть реєструвати зміни атмосферного тиску, і на основі цих змін можуть відображатися короткострокові прогнози на найближче майбутнє у вигляді символів барометричного прогнозу. На дисплей відображають символи (ясна погода, мінлива хмарність, хмарна, дощі, зливи).

Температури в приміщенні:

- одиниця виміру: °C або ° F;
- діапазони вимірювань: від -5°C до 60°C (від 23 ° F до 140°F);
- точність вимірювань: + / -1°C або + / -2 ° F;
- фіксовані значення мінімальної / максимальної температури.

Температура зовнішнього повітря:

- одиниця виміру: °C або ° F;
- діапазони вимірювань: від -40°C до + 60°C (від -14 ° F до 140° F);
- точність вимірювань: + / -1°C або + / -2 ° F;
- фіксовані значення мінімальної / максимальної температури;
- звуковий сигнал при перевищенні температури від -2°C до +3°z (від -28°F до 37°F).

Годинник:

- похибки становлять менше 100 секунд за 1 мільйон років. Точний час, переданий передавачем DCF77, є офіційним у Німеччині. Передавачі розташовані в районі Майнфлінгена-в 30 км від Франкфурта-на-Майні, їх

					<i>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

радіуси дії (близько 1500 км) становить майже всю Європу і всю Україну. Звернути увагу, що в східних частинах України прийом сигналів нестабільний.

- можливість відключення бездротового моніторингу;
- вибір часових поясів (корекція часу) -23 / + 23 години;
- формати часу: 12 або 24;
- будильники з функціями повтору.

Відображення часу і внутрішньої температури:

- можливості постійної (при відключенні живлення) і короткочасної проекції часу і температури в приміщеннях на стіни, стелі або інші поверхні за допомогою потужного економічного світлодіода;

- колір відтворення: червоний;
- розмір відтворення: великі, залежать від відстаней до поверхні, оптимальні відстані проекції-1,7-2 метри; яскравості: високі (залежать від освітленості; може використовуватися в напівтемряві і затемненні).;
- підсвічування: світлодіодна, колір відображення – жовтий.

Передачі даних із зовнішніх датчиків:

- частоти передачі даних: 433 МГц;
- дальність передавання даних: до 30 метрів.;
- можливості підключення до 3 зовнішніх датчиків.

Додатково: індикація розряджання батареї датчиків.

Джерело живлення:

- зарядний пристрій: 2 батарейки типу АА, LR6 1,5 В;
- датчики температур: 2 батарейки типу АА, LR6 1,5 В.

Габаритні розміри:

- Корпус (ДхШхВ), мм: 130х9х49;
- зовнішні датчики (ДхШхВ), мм: 67х29х102;
- кольори: чорний, білий;
- маса (г): 259.

					<i>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Метеорологічна станція National Geographic Weather Center представлена на рисунку 1.6[3].



Рисунок 1.6 – Метеорологічна станція National Geographic Weather Center

Метеорологічна станція National geographic Weather Center з зовнішнім бездротовим термо-гігродатчиком може реєструвати зміни атмосферного тиску, ґрунтуючись на цих змінах, скласти короткостроковий прогноз на близький час. Окрім того, метеорологічна станція вимірює і відтворює інформацію про температури і вологості всередині та зовні приміщення, кількості атмосферного повітря, тиск, фази і перелом Місяця.

Особливості метеорологічного центру National Geographic:

- можливість роботи з 5 зовнішніми датчиками температур та вологості;
- реєстрація витрати, мінімальної і максимальної температури і вологості окремо для кожних з зовнішніх датчиків;
- індивідуальна настройка температури тривоги для кожного датчика, коли температура перевищує встановлену межу;
- можливості почергових відображення показань кожного датчика на

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

дисплеї метеостанції. Перемикання різних показників між датчиками відбувається кожні 5 секунд.

Особливості National Geographic Weather Center.

Прогноз погоди: метеорологічна станція можуть реєструвати зміни атмосферного тиску і, ґрунтуючись на цих змінах, відобразити короткострокові прогнози на найближчі 12-24 години у вигляді символів барометричної погоди.

Атмосферний тиск:

- одиниці вимірювань: mbar / hPa, inHg, mmHg (мм рт. ст.);
- діапазони вимірювань: 500 до 1100 hPa (14,75 inHg до 32,44 inHg; 374.5 мм рт. ст. до 823.8 мм рт. ст.);
- роздільні здатності вимірювання: 0.1 hpa (0.003 inHg, 1.8 мм рт. ст.);
- точності вимірювань: +/- 5 hpa (0.015 inHg, 0.38 мм рт. ст.);
- індикації зміни тиску при вимірюванні;
- графік зміни атмосферного тиску за всі 24 години;
- можливості відображення тиску над рівнем моря і реального тиску в місці установки метеорологічної станції.

Кімнатна температура:

- одиниця виміру: °C або ° F;
- діапазони вимірювань: від -9,9°C до + 60°C (від 14,2 ° F до 140° F);
- дозвіл вимірювання: 0,1°C або 0,2 ° F;
- фіксовані значення мінімальної / максимальної температури;
- результати вимірювань оновлюються кожні 10 секунд.

Температура зовнішнього повітря:

- одиниця виміру: °C або ° F;
- діапазони вимірювань: від -40°C до + 80°C (від -40 ° F до 176° F);
- дозвіл вимірювання: 0,1°C або 0,2 ° F;
- фіксовані мінімальні / максимальні значення температури;
- графік зміни температур за останні 24 години;

					<i>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

- подача звукового сигналу, коли температура перевищить встановлену межу;

- результати вимірювань оновлюються кожні 50 секунд.

Вологість в приміщенні:

- одиниця виміру: % відносної вологості;

- діапазони вимірювань: від 0% до 99%;

- дозвіл вимірювань: 1%;

- точність вимірювань: + / -5%;

- результати вимірювань оновлюються кожні 10 секунд.

Рівень комфорту:

Символічний показник рівня комфорту в приміщенні.

Рівень комфорту в приміщенні – це комплексний показник, який вимірює співвідношення температури і вологості і відображає загальний рівень комфорту в приміщенні. У періоди, коли працює центральне або індивідуальне опалення, повітря в приміщенні сильно розряджається, а вологість може знижуватися до 20%. Сухе повітря дуже негативно позначається на загальному стані людини, приводячи до перевтоми, сонливості, загострення алергії і захворювань верхніх дихальних шляхів, а також зниження імунітету. У сухій атмосфері кількість катіонів збільшується, що позначається як на фізичному, так і на психічному стані людей. Слизові оболонки носа і горло пересихають, знижується опірність вірусам та інфекціям, підвищується ймовірність гострих респіраторних захворювань.

### 1.3 Сучасні тенденції розвитку побутової метеостанції

Дистанційні дротові або бездротові датчики.

На даний момент багато, але не всі домашні метеостанції мають цю функцію. Можливість вимірювати температуру на вулиці, та ще й обходячи дроти, звичайно ж, дуже зручна. Природно, така технологія вимагає окремих

					<b>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

витрат, причому не маленьких. Тому виробники метеостанцій часто включають цю функцію в свої метеостанції, але не включають в комплектацію бездротовий вуличний датчик для метеостанції, дозволяючи покупцеві самому вибирати, потрібна йому ця функція чи ні.

#### Прогнозування погоди.

Багато метеостанцій мають спеціальні алгоритми, які дозволяють метеостанції передбачати зміни погоди та тримати вас в курсі подій. Крім базових функцій, які роблять домашню метеостанцію метеостанцією, існують і додаткові, які перетворюють вашу метеостанцію в годинник, будильник, радіоприймач або навіть фоторамку.

#### Проекційні можливості.

Домашня метеостанція іноді має можливості проекції, які дозволяють проектувати час і погоду на будь-яку поверхню.

#### Інтернет-метеостанції.

Такі домашні метеостанції здатні приймати прогнози погоди в інтернеті, синхронізувати точний час, передавати точні прогнози погоди на комп'ютер.

Більшість сучасних користувачів вважають зайвою функцію метеостанції, яка дає можливість визначати рівень ультрафіолету. Хоча, для деяких цей показник теж важливий. Метеостанція не тільки покаже рівень ультрафіолету, але і визначить оптимальну тривалість перебування на сонці після введення таких параметрів, як рівень захисту від сонця, тип шкіри. Електронна метеостанція може давати прогноз на наступний день, визначати напрямок і швидкість вітру, точку роси, кількість опадів і т.д.

#### Висновки до першого розділу

Було розглянуто класифікацію метеостанцій і в цілому всі сучасні метеостанції, представлені на ринку, поділяються за кількома

					<i>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

характеристиками: типом використовуваних датчиків, призначенням та конструкцією.

Також було проаналізовано види побутових метеостанцій та сучасні тенденції їх розвитку.

З цих даних видно, що більшість пристроїв цього класу живляться від одноразових джерел живлення, що згодом впливає на кінцеву вартість експлуатації пристрою. Потрібно замінити одноразовий блок живлення на акумуляторну батарею.

Також для зручності використання рекомендується вбудувати в пристрій схему зарядки цієї акумуляторної батареї.

Щоб успішно конкурувати з продукцією інших виробників, необхідно передбачити діапазон вимірювань:

- температура повітря: від -30 до +50 °С;
- діапазон вимірювання вологості від 10 до 100%;
- діапазон вимірювання атмосферного тиску: 680 мм рт.ст. до 800 мм.

Також необхідно розмістити екран в корпусі виробу для зручного зняття показань і акумуляторна батарея.

Крім того, необхідно розмістити датчик, здатний визначати азимут, магнітне і світлодіодне підсвічування, щоб збільшити кількість функцій пристрою для підвищення конкурентоспроможності товару.

					<i>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

## 2 РОЗРОБКА ПОБУТОВОЇ ПОРТАТИВНОЇ МЕТЕОСТАНЦІЇ

### 2.1 Розробка схеми електричної

Принципова схема основної плати пристрою показана на рисунку 2.1. Всі процеси управляються мікроконтролером DD1, тактова частота якого становить 8 МГц і стабілізується кварцовим резонатором ZQ1. Використання кварцових резонаторів обумовлено необхідністю генерувати імпульси для синхронізації фільтра в SPV-декодері, працювати на частоті 50 кГц і підтримувати її з високою точністю. Ці самі імпульси (мікроконтролер генерує їх на виході RVZ) використовуються для отримання негативної напруги за допомогою випрямляча vd1R3C7C13. Це необхідно для досягнення оптимальної контрастності зображення на екрані, і ця напруга встановлюється шляхом вибору опору резистора R3.

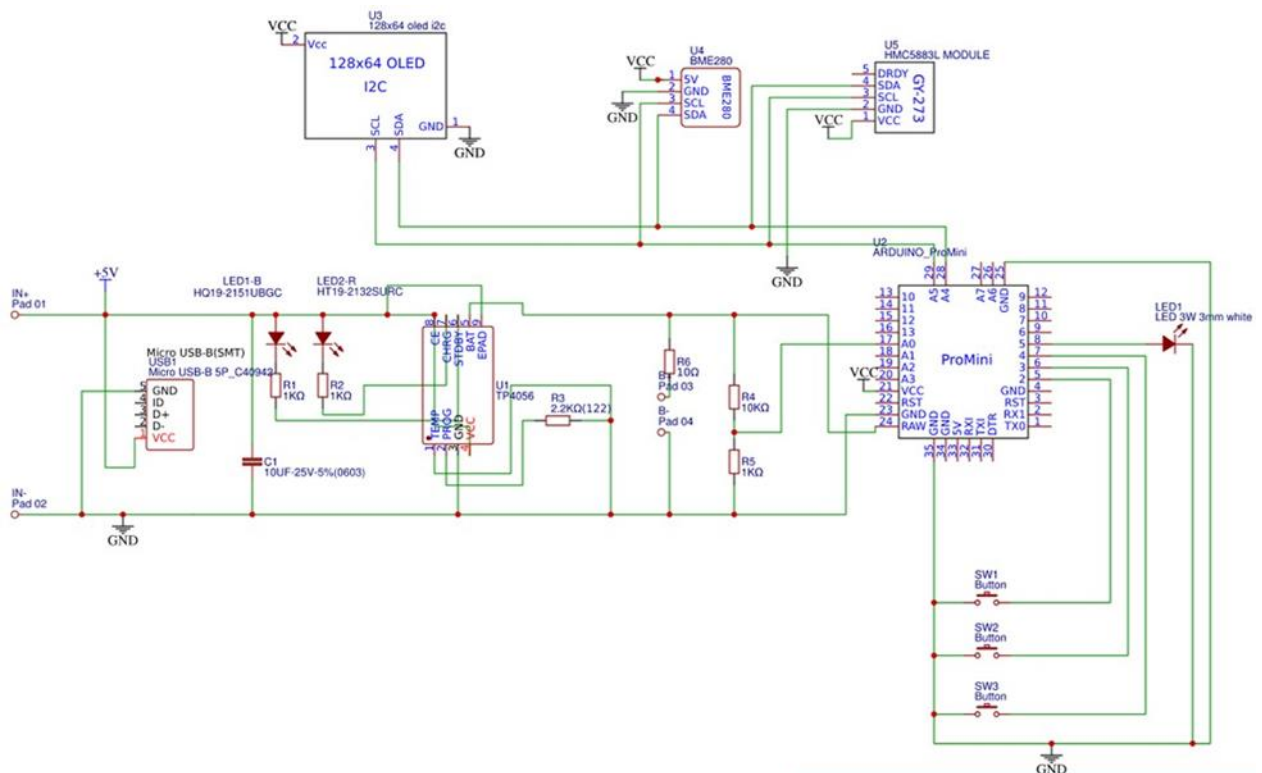


Рисунок 2.1 – Схема електрична принципова побутової портативної метеостанції

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.

22

Лінійка мікроконтролерів RV5-КМ7 використовується для обміну інформацією з радіомодулем Г1 через інтерфейс SPI. Програматор підключається до них і завантажує програму через роз'єм ХР1. Імпульс від SPV-декодера надходить на вхід RVO. Практично кожен рядок порту D мікроконтролера використовується для управління RC. Рядок PD3 (INT1) є входом для запиту переривання від SPV-декодера. Використовуючи лінії PA0-PA3, Мікроконтролер перевіряє стан кнопок управління, підключених до роз'єму ХР6. На виході PA4 генерується аудіосигнал, який подається на вхід RFP (підсилювач потужності звукових частот) модуля радіоприймача, підключеного до роз'єму XS2. Повідомлення про отримання пакету інформації з локальної радіомережі відправляється з радіомодуля U1 на вхід PA 5. Один з входів АЦП мікроконтролера PA7 (ADC7) використовується для управління напругою акумуляторної батареї модуля годинника реального часу.

Оскільки максимальне значення цієї напруги вище допустимого для АЦП, він знижений з допомогою резистивного дільника R4R6.

Виводи PC0 і PC1 - відповідно до лінії SCL і SDA вбудованого в мікроконтролер апаратного адаптера інтерфейсу I2C. З цього інтерфейсу відбувається обмін інформацією з модулями годинника реального часу, датчика тиску і радіоприймача. Сигнал з виходу PC7 використаний для виключення при необхідності УМЗЧ в модулі радіоприймача.

Підсвічування екрану PKE відбувається нестабілізованою напругою, що надходить від джерела живлення пристрою на роз'єм ХР4. У колі Підсвічування забезпечує регулятори струму для транзисторів VT1, VT2 і резисторів R7-R10. Струм 180 мА... Вибір резисторів R7-R9, підключених паралельно, становить 220 мА.

Він включає два регулятори напруги: DA1 (5 В) і DA2 (3,3 В)2. Напруга 5 В використовується для живлення УВЧ-передавача RC, модуля годинника реального часу, декодера SPV, датчика тиску VMR180 та модуля

					<i>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

бездротового приймача. Напруга 3,3 В подається на тюнер мікроконтролера DD1, бездротовий модуль U1 і модуль бездротового приймача. Хоча напруга живлення мікроконтролера і RC відрізняється, логічний рівень сигналу мікроконтролера знаходиться в межах допустимого діапазону RC, тому потрібне спеціальне регулювання рівня. Модуль датчика тиску VMR180 оснащений вбудованим стабілізатором, який генерує напругу від 5 В до 3,3 В.

Схема підключення RC HG1 показана на рис. 2.2. RC PC2001LRS-LNH-1 вибирається з урахуванням необхідної кількості символів (20) і їх висоти. При використанні підсвічування інформація на цьому екрані легко зчитується в будь-який час на відстані до 3...4 метрів

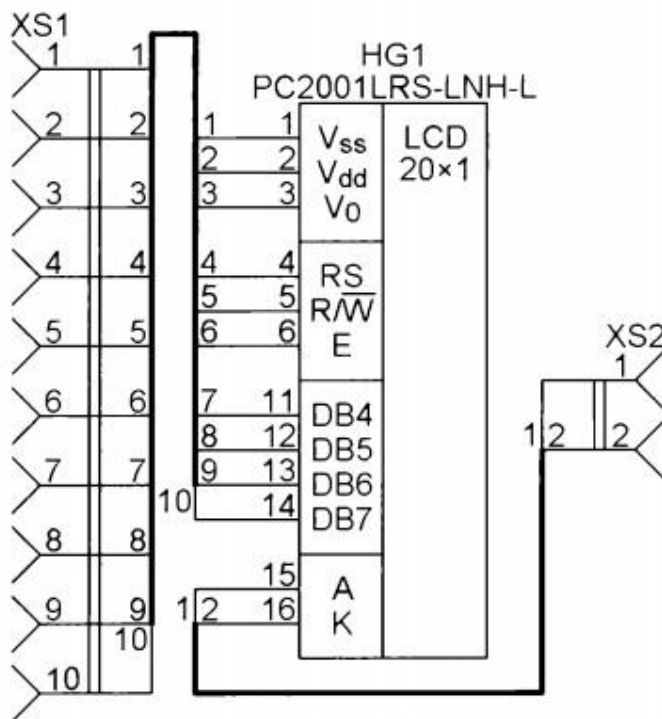


Рисунок 2.2 – Схема підключення RC HG1

Компоненти та вузли, зібрані за схемою, показаною на рисунку 2.3, підключаються до основної плати. Основне джерело живлення включає понижуючий трансформатор T1, мостові Випрямлячі VD1-VD4 і згладжує конденсатор C1. Вибір такої схеми обумовлений тим, що пристрій

оснащений радіомодулем, а імпульсний джерело живлення протипоказаний.

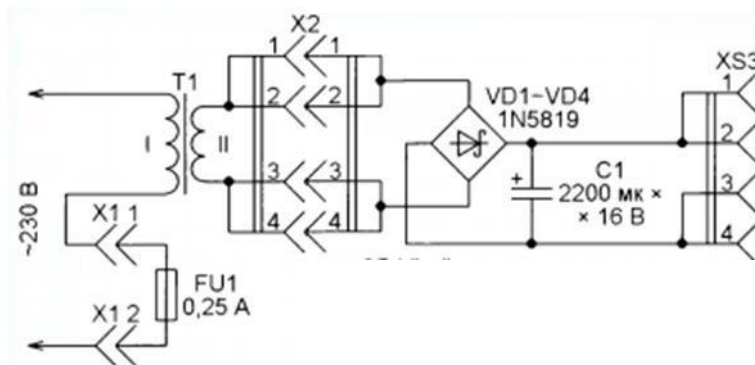


Рисунок 2.3 – Схема мережевого фільтра

Форма і розмір основної друкованої плати головного пристрою вибираються виходячи з розміру друкованої плати і збираються в єдиний корпус з її використанням. Мікроконтролер DD1 використовується в корпусі DIP40 для полегшення трасування друкованих проводів на платі. Звичайна нижня сторона плати має область з двох суцільних плівок, до якої для охолодження припаяні фланці для відводу тепла від вбудованого стабілізатора DA1 і DA2.2 на верхній стороні звичайної плати є аналогічна область. Вона використовується для охолодження транзистора VT2.

Порядок складання основної друкованої плати наступний: після виготовлення всі отвори повинні бути просвердлені, мідна поверхня повинна бути добре очищена і залужена. Перед установкою і пайкою деталей в перехідний отвір слід вставити луджену мідний дріт і припаяти її з обох сторін. Потім встановіть дросель L1 і припаяйте його провідники з обох сторін. Потім встановіть і припаяйте всі роз'єми. При цьому не обов'язково використовувати рідкий флюс. Тільки тверду каніфоль або гель, інакше можуть виникнути проблеми з роботою пристрою. Всі роз'єми кріпляться до умовної верхньої сторони плати, а клеми гніздових роз'ємів, на жаль, можна припаяти тільки з 1 умовної нижньої сторони плати.

Деякі контакти контактного роз'єму можуть бути припаяні з обох сторін, і їх потрібно припаяти. Для цього, незалежно від призначення,

спочатку припаяйте всі контакти до колодок на стороні дошки, протилежній стороні кріплення. Потім обережно перемістіть паяльник від монтажної сторони роз'єму до можливості доступу до штифтів і колодок, припаяйте їх, а потім поверніть колодки на місце.

Потім прикріпіть мікроконтролер знизу і припаяйте його провідники з обох сторін. Контакти цієї або інших мікросхем в корпусі dīp не будуть повністю вставлені в отвори на платі. Це дозволить зручніше припаювати контакти з боку корпусу мікросхеми. Нарешті, всі інші деталі встановлені та припаяні. При установці і пайку радіомодуля U1 між плитою і поверхнею плати поміщається тонке ізолююче скло, яке не перекриває контактні площадки для висновків модуля.

Слід зазначити, що найпотужнішим споживачем енергії в головному пристрої є світлодіодне підсвічування. Тому ділянка фольги, на який припаяний охолоджуючий фланець транзистора VT2, сильно нагрівається. Для додаткового відведення тепла мідні або латунні пластини можуть бути припаяні перпендикулярно поверхні плати.

Після встановлення та промивання плата проходить ретельний візуальний огляд, і всі ланцюги перевіряються на наявність розривів та коротких замикань.

Порядок установки і пайки деталей може бути довільним, але прикріплюйте їх все з одного боку. Оскільки кнопки Sb1-SB4 при натисканні піддаються значним механічним навантаженням, металеві деталі повинні бути надійно припаяні до контактних майданчиків з одного боку плати і до фользі з іншого.

Скляна плавка вставка FU1 розміром 20x5 мм кріпиться припоєм до плати - держателю s1050. TS - a4pv-130 з кутовою кнопкою-штовхачем для годинника довжина становить не менше 9,5 мм. Випрямний діод 1n5819 може бути замінений іншими діодами Шотки з допустимим випрямляючим струмом не менше 1 А і максимальною зворотною напругою не менше 40 в.

					<i>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Трансформатор Т1 використовується готовий невідомого походження, відомо тільки, що він має сталевий муздраттеатр ШП-12x15. Напряга вторинної обмотки становить 8 В, без навантаження - 6,5 В. Його можна замінювати трансформатором ТП-121-2 або ТП-112-1.

На рисунку 2.4 показана схема модуля годинника реального часу Tiny RTC. Розташування елемента на ньому відповідає [1]. На платі придбаного модуля відсутні резистор R7, датчик температури U3 і роз'єм P2. Я не зміг знайти батарею 3,6 В LIR2032 (b1) для встановлення в модуль, тому вирішив використовувати літєву батарею CR2032 з номінальною напругою 3 в. резистори R2 і r3, підключені до інтерфейсної лінії I2C, також були видалені.

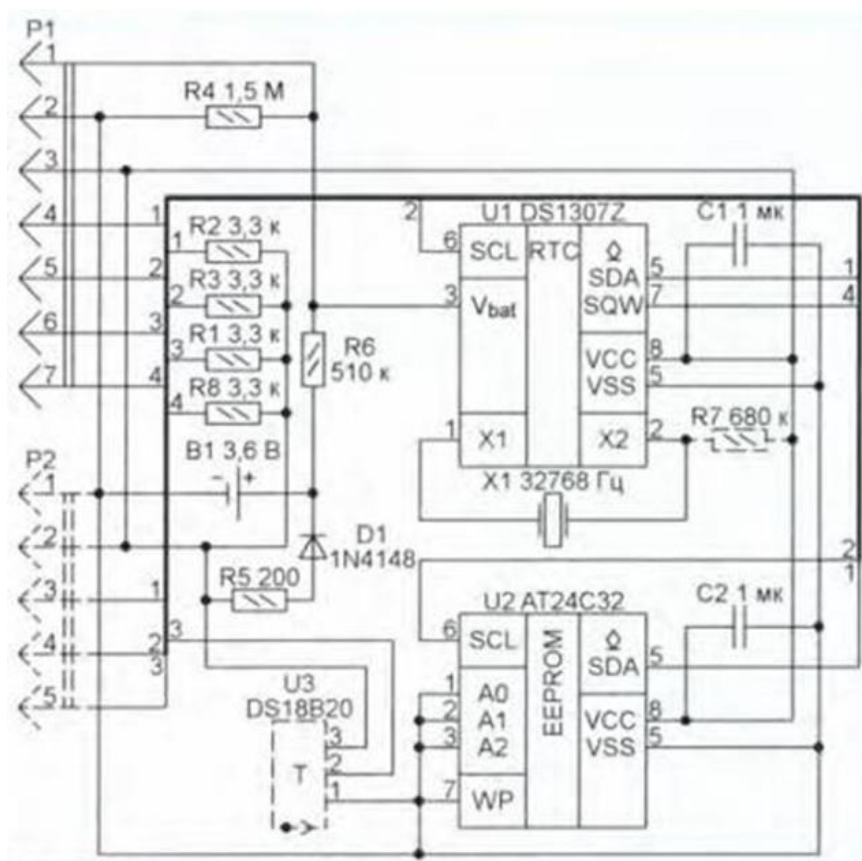


Рисунок 2.4 – Схема годинника реального часу Tiny RTC

Справа в тому, що резистор аналогічного призначення знаходиться в модулі датчика тиску. Після всіх змін плата була очищена від залишків

флюсу. Модуль радіоприймача призначений для прийому сигналів SPV, які автоматично коригують показання тактового модуля, а також для прослуховування передач організацій FM-радіомовлення і аудіосигналів, що генеруються мікроконтролером материнської плати. Схема показана на рисунку 2.5. Основним елементом модуля є мікросхема FM-тюнера RDA12M [5], управління якої здійснюється через інтерфейс 5с. мікросхема MC34119D (DA1) UMCH вибирається за наявності входу відключення звуку і може відключати звук по сигналу від мікроконтролера. Fla UHF приймає два незалежних аудіосигналу від тюнера через резистор R2 і від мікроконтролера через схему 2 с3R1.

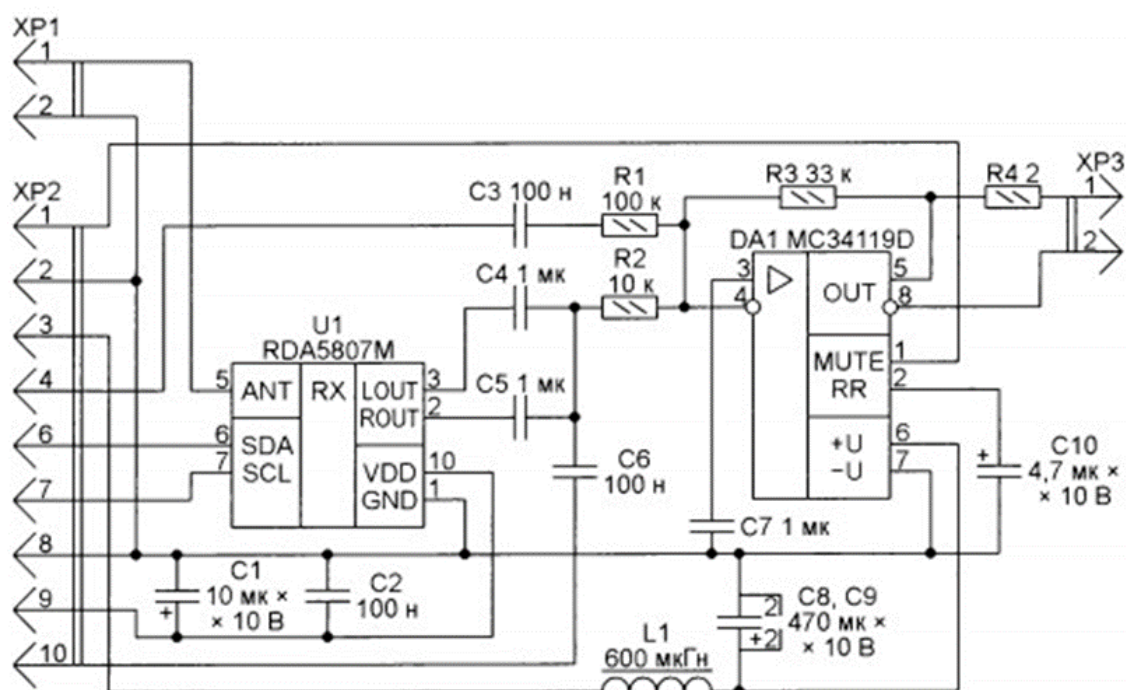


Рисунок 2.5 – Схема модуля радіоприймача

Для живлення модуля потрібні дві напруги: 3,3 В для тюнера і 5 В для UHF 2. Антена виготовлена з дроту MGTF-0.35 довжиною 1,5 м, а ділянка від точки підключення до роз'єму BLS-2, контакт 1 якого підключений до роз'єму XP1 радіомодуля, а від корпусу головного пристрою через гумову втулку шнура живлення підключений до іншого проводу того ж проводу до контакту 2 того ж роз'єму. Він підключається до розетки через Вкладиші.

Потім обмотайте шнур живлення з кроком близько 2,5 мм 1 антенним дротом і закріпіть його термозбіжною трубкою.

Модуль SPV-декодера призначений для виявлення сигналів тимчасової перевірки і формування запитів на переривання для обробки цих сигналів програмою мікроконтролера. Схема модуля показана на рисунку 2.6. Він включає електронний високовольтний фільтр з подвійним компаратором напруги DA1 і комутованим конденсатором DA2. Частота перемикання в 50 кГц точно задається мікроконтролером на основній платі.

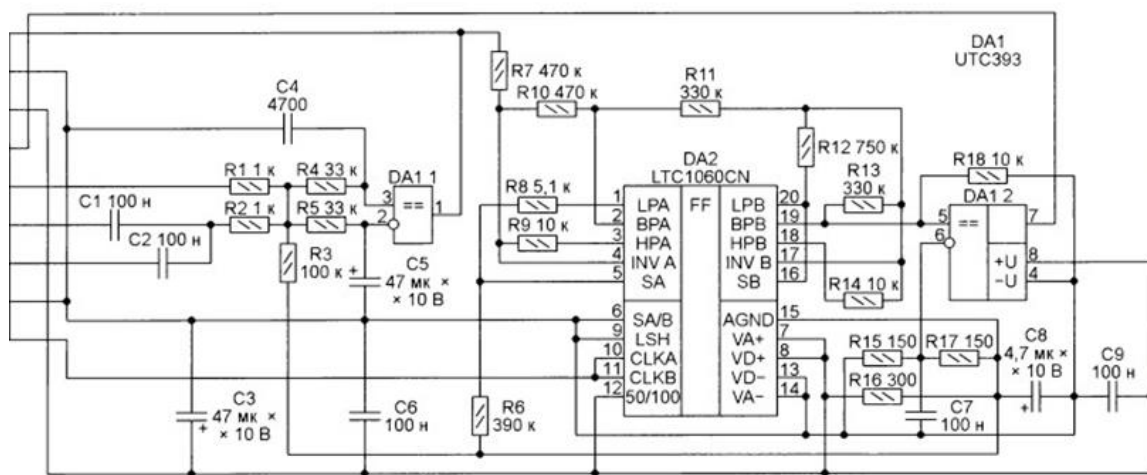


Рисунок 2.6 – Схема модуля декодера СПВ

Виявляється, не так просто створити вузькосмуговий фільтр з точним значенням центральної частоти смуги пропускання і допустимою затримкою. Спроби використовувати фільтри на основі ОУ не увінчалися успіхом. Тому нам довелося використовувати спеціальну мікросхему LTC1060CN, яка дала досить прийнятні результати. Компаратор DA1.1 діє як Підсилювач-обмежувач, що перетворює вхідний сигнал в імпульс постійної амплітуди, незалежно від рівня цього сигналу. Через резистор R1 він отримує аудіосигнал від модуля радіоприймача і за схемою c1c2r2 - суму сигналів лівого і правого стереоканалів від роз'єму XS1. Елементи C4 і r4 утворюють низькочастотний канал зв'язку з частотою зрізу близько 1 кГц.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Через резистор R3 постійна напруга зсуву 2,5 В подається з дільників напруги R15-r17 на вхід компаратора. Навантаженням на виході компаратора з відкритим колектором є резистор r5.

Прямокутний імпульс, що формується на виході компаратора DA1.1, подається на вхід вузькосмугового фільтра через резистор r7. Цей резистор, подібний до резисторів R8-R14, визначає частотну характеристику вузькосмугового фільтра на мікросхемі DA2.

Центральна частота його смуги пропускання становить 1 кГц. З виходу мікросхеми BPV DA2 сигнал, заданий фільтром, подається на один з входів компаратора DA1.2, а на інші входи надходить порогове напруга 1,25 В від дільника R15R17. При перевищенні порогового значення сигнал низького логічного рівня з виходу компаратора DA1.2 подається на вхід PD3 мікроконтролера (INT1) для генерації запиту на переривання. Опір навантаження на виході компаратора DA1.2 є внутрішнім опором, запрограмованим для входу PD3.

## 2.2 Вибір компонентів

### 2.2.1 Вибір контролера

У процесі навчання ми встигли попрацювати з декількома мікроконтролерами, але вибір припав на рішення на базі восьмирозрядних мікроконтролерів APB ATmega від компанії Atmel, адже вони набули широкого поширення по всьому світу і в інтернеті існує безліч спільнот, мануалів та інструкцій для роботи з ними їх більшість привабливим по своєму функціональності і габарити та споживана потужність були визнані ATmega328P (рис. 2.7).

					<i>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30



Рисунок 2.7 – Мікроконтролер ATmega328P-AU

Вибір стояв між Arduino Nano (рис. 2.8 і рис. 2.9) і Arduino Pro Mini (рис. 8), які використовувалися раніше обраний мікроконтролер.

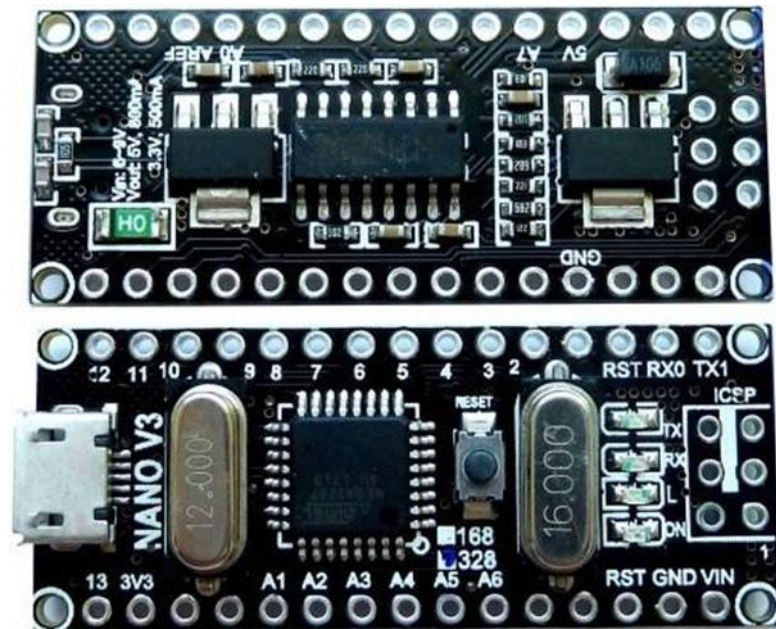


Рисунок 2.8 – Arduino Nano v3



Рисунок 2.9 – Arduino Pro Mini

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Arduino Nano має вбудований програматор зі стабілізатором живлення на 5,0 В, роз'єм usb micro (рис. 2.8) або USB Mini (рис. 2.9) у більшості випадків (залежно від серії та змін), діапазон вхідної напруги якого становить 6-20 В, а рекомендований діапазон вхідної напруги - 7-12 В. Він має 14 цифрових входів-виходів (6 з них можна використовувати як ШІМ), а загальний розмір друкованої плати Pro Mini становить 18,5x4,2 мм[1].

Arduino Pro Mini оснащений одним стабілізатором напруги 3,3 В або 5,0 в (залежно від моделі 1), а діапазон вхідної напруги становить 3,35-12 В (модель 3.3 С) або 5-12 В (модель 5с). Він оснащений 14 цифровими входами вводу-виводу (6 з них можна використовувати в якості ШІМ) і 6 аналоговими входами. Габаритні розміри друкованої плати Pro Mini складають 18x33 мм. [2]

Таким чином, рішення має практично ту ж функціональністю, що і Arduino Nano, на Arduino Pro Mini був обраний через невеликих габаритних розмірів і низьку вартість.

### 2.2.2 Вибір резисторів

В процесі вибору резистора в якості компонента варто звернути увагу на наступні характеристики:

- опір;
- типорозмір;
- споживана потужність;
- низьку вартість;
- надійність.

Виходячи з вищевказаних критеріїв, було вирішено вибрати SMD-резистори стандартного розміру 0805.

Самі SMD-компоненти мають високу стійкість до механічних впливів і добре підходять для автоматизованих установок. Вони також мають невелику вагу і габаритні розміри. Довжина висновків значно скорочується, що знижує

					<i>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

паразитність і індуктивність. Використання технології SMT дозволяє зменшити кількість отворів на платі, спрощуючи технічний процес. На додаток до всіх переваг, такі компоненти коштують дешевше, ніж компоненти класичного корпусу. Однак для використання SMD-компонентів необхідно підвищити точність топології друкованої плати.

У таблиці 2.1 наведено параметри обраного резистору [11].

Таблиця 2.1 – Параметри SMD резисторів типорозміру 0805

Діапазон номінальних значень, Ом	Номінальна потужність, Вт	Максимально допустима напруга, В	Робочий діапазон температур, °С	Виробник
0,1 – 30·10 <sup>6</sup>	0,125	400	-55 – +125	Cinetech

### 2.2.3 Вибір конденсаторів

Вихідним параметрам для вибору конденсаторів є: номінальна величина ємності, точність, режим роботи (постійний, змінний чи імпульсний струми, сили струму, призначення елемента в схемах умови експлуатації).

Проаналізувавши всі необхідні вимоги виділимо такі конденсатори: EEENB1C200R, UCV1V671MNL1GS, MC0806B474K160CT, GRM21BR61E16606KA73K, EEVFK1A55222Q, GRM21BR71H34105KA12L, EEE-1AA21101WR, C0805F14503K1RACTU, 0805B54104K500CT, EEE-1AA1011WR.

У таблиці 2.2 наведено параметри обраних конденсаторів.

Таблиця 2.2 – Основні параметри обраних конденсаторів

Тип конденсатора	Назва конденсатора	Допуск, %	Номинальна напруга, В	Робоча температура, °C
електролітичний	EEENB1C100R	±10	16	-40 – +105
електролітичний	UCV1V681MNL1G	±10	36	-55 – +105
керамічний	MC0805B474K160	±10	16	-55 – +125
керамічний	GRM21BR61E106	±10	25	-55 – +85
електролітичний	EEVFK1A222Q	±10	10	-55 – +105
керамічний	GRM21BR71H105	±10	50	-55 – +125
електролітичний	EEE-1AA101WR	±10	10	-40 – +85
керамічний	C0805F103K1RAC	±10	100	-55 – +125
керамічний	0805B104K500CT	±10	50	-55 – +125
електролітичний	EEE-1AA101WR	±20	10	-40 – +85

#### 2.2.4 Вибір транзисторів

Вихідними даними для вибору транзисторів є: параметри з таблиці 2.3. У даній схемі може бути використаний транзистор з максимальним струмом 100 мА. Максимальна напруга на стоці-це витік, і максимальний струм на стоці рекомендується вибирати з запасом, щоб уникнути перегорання. У таблиці 2.3 наведені основні параметри транзисторів BS856 і bs270.

					<b>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Таблиця 2.3 – Основні параметри транзистора

Тип транзистора	Структура	Струм колектора, А	Напруга, В		
			колектор-емітер	колектор-база	емітер-база
біполярний	р-п-р	0.1	65	80	5
біполярний	р-п-р	0.1	20	25	5

### 2.2.5 Вибір діодів

У схемах можна використовувати діоди типу 1N4148, 1n5819 - вони найбільш економічні і відповідають необхідним вимогам.

У таблиці 2.4 наведені основні параметри діодів.

Таблиця 2.3 – Основні параметри діодів

	Uобр, В	Iпр, А	Iобр, А
1N4148	40	0.3	2
1N4004	40	1	1
ВАТ54S	30	0.3	2

### 2.2.6 Вибір роз'єму

Роз'єм USB47346-1001 (рис. 2.10) використовується для підключення пристрою до комп'ютера

Цей роз'єм був обраний через його доступність і низьку ціну.

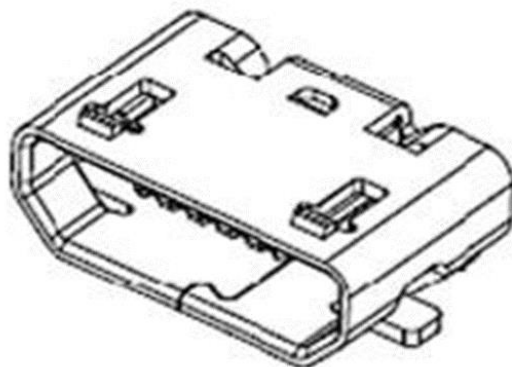


Рисунок 2.10 – Роз'єм типу USB47346-1001

### 2.2.8 Вибір матеріалу

Фольга зі скловолокна (FS) та фольга getinax (FG) в даний час в основному використовуються як матеріали Для GP. Гетинакс відповідає самим економічним вимогам, він набагато дешевше скловолокна, а також набагато простіше в обробці, що допомагає підвищити технологічність виготовлення плити.

За вимогами до електричної ізоляції гетинакс поступається скловолокну, його питомий опір (108 Ом і м) значно нижче, ніж у скловолокна, а тангенс кута діелектричних втрат становить 0,05 (у скловолокна – 0,01). Гетинакс поступається скловолокну і за критеріями кількості пайків (у гетинаксу їх 3),

Адгезія провідного покриття з гетинаксу невисока, але вона різко знижується з підвищенням температури. Це практично виключає можливість заміни елементів через відшаровування контактної поверхні, що знижує надійність пристрою з точки зору ремонтпридатності. Розглянуті недоліки роблять неприйнятним використання getinax для виготовлення GP. Тому ми вибрали скловолокно FR-4 як матеріал для виготовлення GP.

В якості захисного покриття виберіть акрилове конформне захисне покриття марки 419d.це покриття захищає електроніку від вологи, бруду, пилу, теплових ударів і подряпин. Крім того, це покриття забезпечує високу

					<b>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

діелектричну міцність і дозволяє зробити доріжку на друкованій платі товщі, що, в свою чергу, збільшує мініатюризацію електронних пристроїв.

### 2.3 Розробка друкованих плат пристрою

Як вже говорилося раніше, проектування електричної принципової схеми приладу здійснювалося в системі EasyEDA CAD [12]. Ця система здатна будувати траси і розкидати друковану плату в автоматичному режимі за готовою електричною схемою, яка була складена раніше.

Лише залишалося тільки підкоригувати деякі параметри, розмістити полігони із зображенням областей друкованих елементів і запустити автоматичне трасування [13], результат роботи показаний на рисунку 2.11.

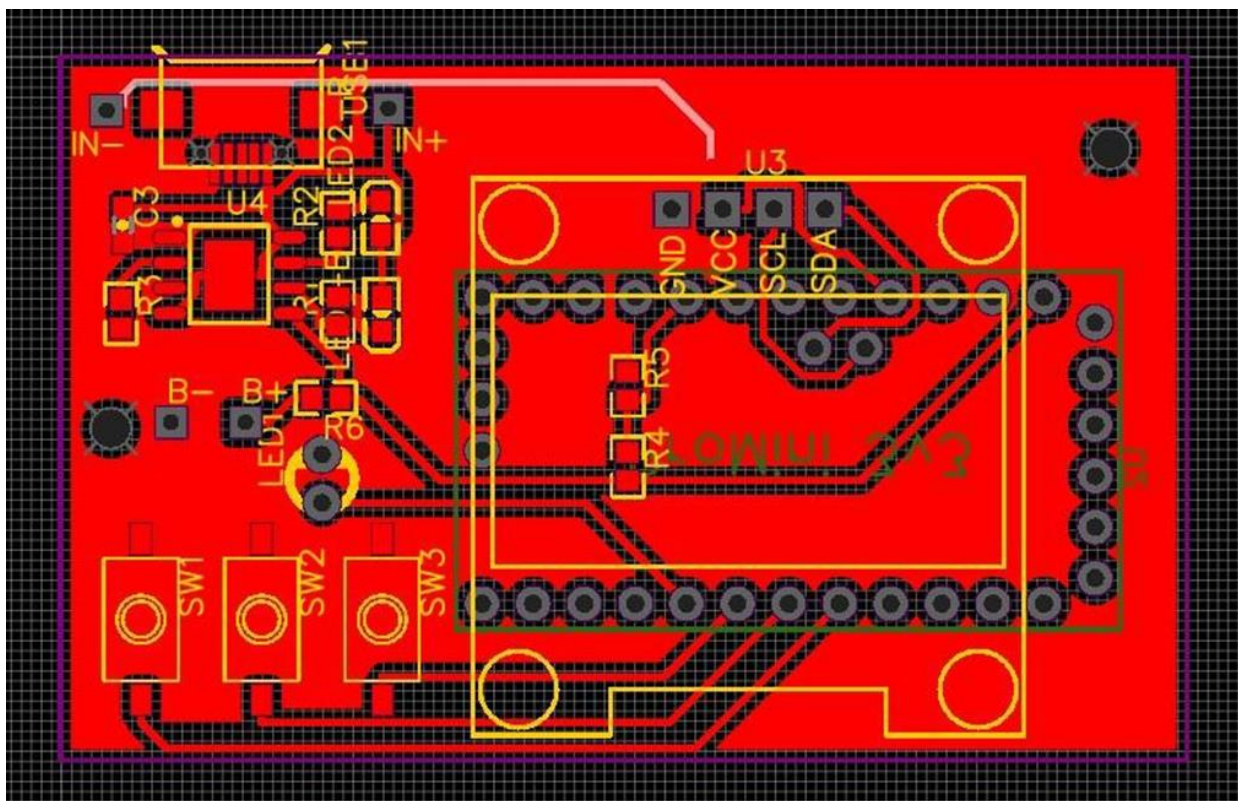


Рисунок 2.11 – Друкована плата в системі EasyEDA CAD

Як видно з рисунка 2.11, макет плати був виконаний суцільним комплексним багатокутником, що представляє собою загальну шину GND,

що дозволило спростити компонування. Цей спосіб також дозволяє прискорити травлення міді з поверхні скловолокна, адже площа мідних платформ, які потрібно травити, стає набагато менше. У той же час такий спосіб також дозволяє більш ефективно розподіляти і розсіювати тепло від поверхні плати.

EasyEDA як система САПР також відповідає останнім стандартам і, як видно з рисунка 2.11, автоматично генерує шар шовкотрафаретного друку і після завершення робіт на друкованій платі можна експортувати в Gerber файл, який довгий час був єдиним стандартом на ринку виробництва друкованих плат.

#### 2.4 Розробка прототипу корпусу виробу

Корпус прототипу продукту було вирішено розробляти в Fusino360 - багатофункціональній САД-системі, що забезпечує швидкі можливості 3D-моделювання, рендерингу і креслення. Це програмне забезпечення платне, але Autodesk надає студентські ліцензії безкоштовно.

Для створення корпусу були змодельовані основні деталі виробу за габаритними розмірами, які були зняті за допомогою цифрового штангенциркуля. Деталі були змодельовані схематично і основний акцент був зроблений на кріпильних отворах, габаритних розмірах друкованих плат і нависаючих частинах. Візуалізовані результати моделювання можна побачити на рисунку 2.12.

Після того, як деталі були змодельовані, була також змодельована друкована плата і на ній була розміщена деталь із зображенням Arduino Pro Min, роз'єм мікро USB і кнопки годинника. Світлодіод було вирішено закріпити не в самій платі, а завести в корпус.

					<i>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

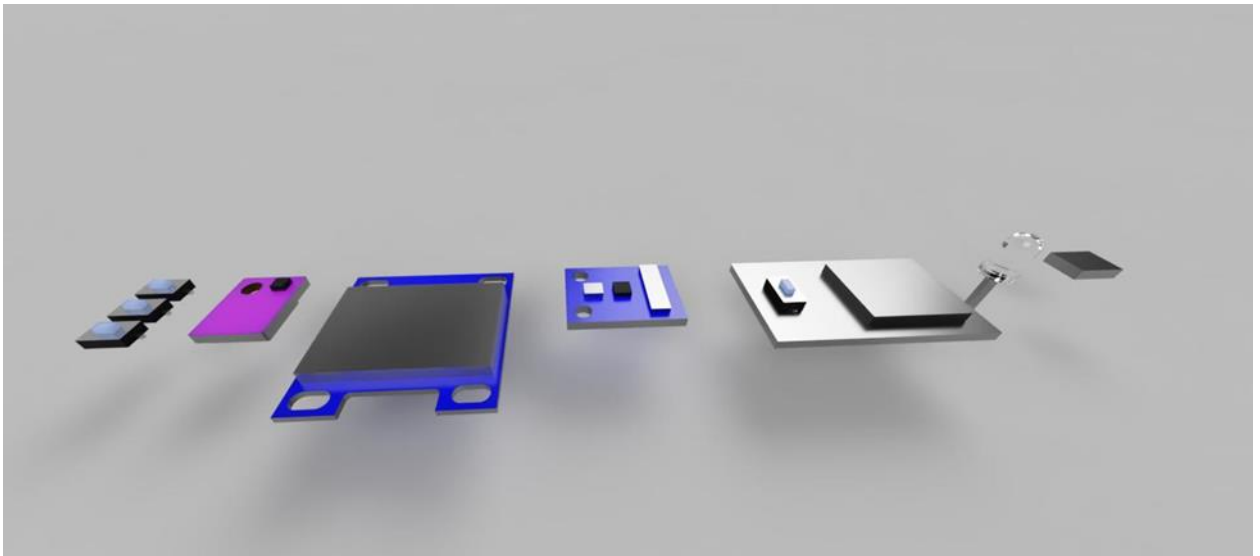


Рисунок 2.12 – Елементи метеостанції в Fusion360

В результаті розташування деталей і продумування їх розташування вийшла наступна конфігурація, показана на рисунку 2.13.

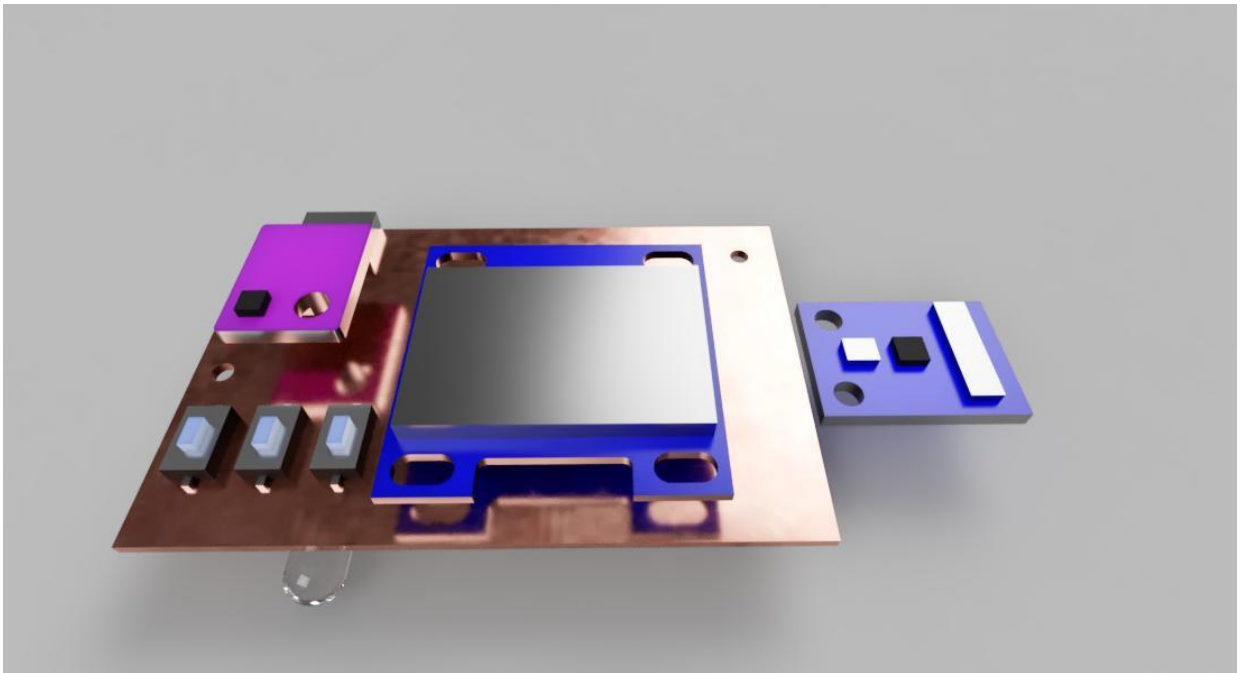


Рисунок 2.13 – Елементи метеостанції в зборі в Fusion360

Можете побачити, що праворуч на відстані від усіх деталей НМС5883L. Таке положення було обрано не випадково – цей магнітометр досить

					<i>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

чутливий [14,15], тому його необхідно розміщувати в найбільш віддаленому від усіх частин корпусі, щоб мінімізувати похибку вимірювання.

Також на рисунку 2.13 можна побачити, що світлодіодний ліхтарик розмістили під основною друкованою платою зліва, а багатофункціональний датчик VME280 розмістили на лицьовій стороні майбутнього корпусу виробу, там же, де і екран, але цей датчик, на відміну від екрану і кнопок, буде розташовуватися як би зовні корпусу для вимірювань навколишнього середовища.

Ззаду VME280 можна побачити край деталі, що зображує роз'єм micro USB, а за розрахунками він також навмисно винесений трохи вперед за габарити друкованої плати, щоб було простіше вставити відповідний штекер.

Після того, як внутрішня конфігурація прототипу визначена пристрою, почалася розробка корпусу навколо деталей.

У процесі розробки було виготовлено понад 5 прототипів, які після перевірки на сумісність з реальними розмірами сенсорних модулів, друкованої плати та інших деталей були так чи інакше модифіковані в Fusion360. Після ряду таких ітерацій вдалося досягти відповідного результату, який показаний на рисунку 2.14

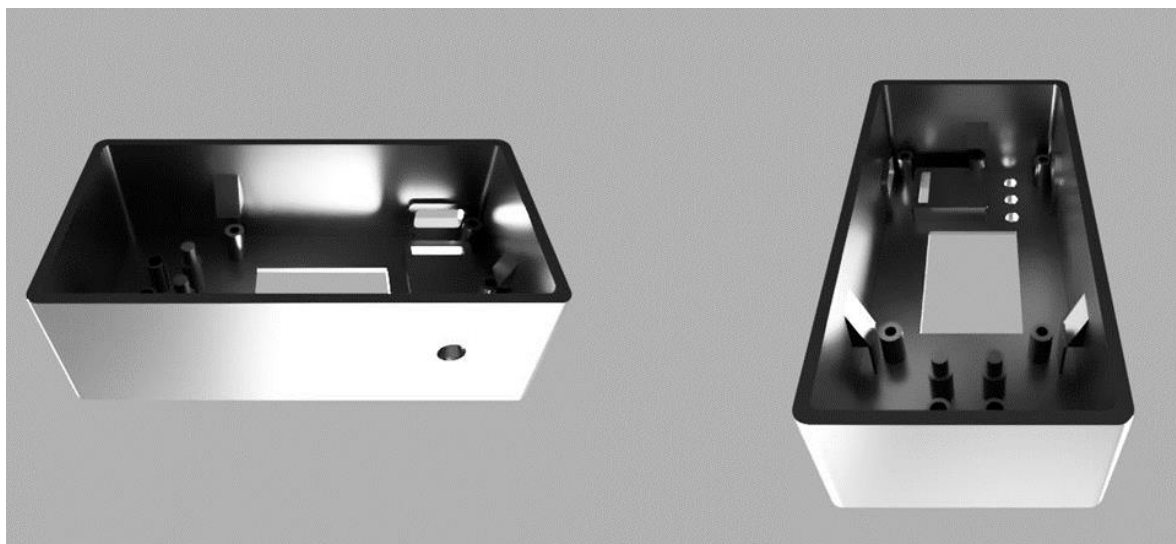


Рисунок 2.14 – Скріншот програми Fusion360, рендер передньої частини корпусу виробу, види знизу, з двох ракурсів

## 2.5 Розробка програмного забезпечення продукту

Розробка програмного забезпечення для мікроконтролера - це невід'ємна частина роботи, завдяки якій можна досягти кінцевого результату і отримати прототип робочого продукту. Розробка програмного забезпечення велася на стандартній для платформ Arduino і AVR для мікроконтролерів мові C++ (пізніше, звичайно, при програмуванні самого мікроконтролера він переводиться в код асемблера).

C++ є досить низькорівневою і тому потужною, об'єктно-орієнтованою мовою програмування. На своїй платформі досить легко впроваджувати складні рішення, які до того ж дуже легкі з точки зору розміру коду.

Для роботи, написання коду для нього і програмування Arduino Pro Mini було вирішено використовувати в якості програмного забезпечення для розробки сучасний Atom IDE, в якому в якості модуля для роботи з мікроконтролерами C++ і AVR був встановлений модуль Platform IO. Ця зв'язка має всі можливості стандартної Arduino IDE, але перевершує її за багатьма додатковими функціями. Наприклад, Atom має вбудовану систему контролю версій Git, яка в свою чергу зв'язується з веб-сервісом Git Hub, що дозволяє ефективніше розроблятися і мати доступ до коду з будь-якої точки світу. Такий спосіб розробки використовують великі компанії. Також ключовою особливістю Platform IO є можливість завантажувати сторонні бібліотеки коду лише одним клацанням миші.

Таким чином, можна швидко підключити до проекту будь-яку бібліотеку. Кількість бібліотек тут набагато більше, ніж в Arduino IDE, а також можна швидко підключати бібліотеки з Git Hub. Після завантаження бібліотеки потрібно додати її до спеціального файлу, platformio.ini необхідного для оголошення залежностей та налаштувань платформи, що можна побачити на у дереві проекту. Додати необхідну бібліотеку в цей файл просто - потрібно лише додати її ім'я в рядок lib\_deps, наприклад:

					<i>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

```
lib_deps = U8g2
```

Щоб додати бібліотеку з Git Hub, достатньо надати посилання на її репозиторій з наступним рядком, наприклад:

```
lib_deps =
```

```
U8g2
```

```
https://github.com/keepworking/Mecha_QMC5883L
```

Щоб повідомити середовищу розробки, що проект буде опрацьований і скомпільований для Arduino Pro Mini, потрібно просто додати Лінії:

```
[env:pro16MHzatmega328] platform=atmelavr
```

```
плата = pro16MHzatmega328
```

Після цих кроків легко додати посилання на заголовні файли потрібних бібліотек на початку основної, коли, наприклад:

```
#include <U8g2lib.h>
```

```
#include <BME280I2C.h>
```

```
#include <MechaQMC5883.h>
```

Так, для роботи з датчиками і РК-дисплеєм були використані спеціальні бібліотеки, які запропонували готове і сформульоване рішення для зв'язку по шині I2C, зчитування показання, виведення інформації на екран і багато іншого, що спростило і прискорило процес розробки.

Список використаних бібліотек:

Arduino.h – Стандартна бібліотека Arduino

U8g2lib.h – бібліотека, що дозволяє працювати з екранами через шину

I2C avr/sleep.h – стандартна бібліотека Arduino, необхідна для роботи

Функції сну та різні режими живлення

BME280I2C.h – бібліотека для роботи з датчиком BME280 через шину

I2C EnvironmentCalculations.h – бібліотека, пов'язана з BME280I2C.h,

MechaQMC5883.h необхідний для обчислень, що залежать від

навколишнього середовища – бібліотека потрібна для роботи з датчиком

HMC5883L

					<i>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Розробка програмного забезпечення, коли вона велася в кілька етапів, адже необхідний функціонал дуже об'ємний. Було вирішено, що необхідно писати код послідовно для кожного модуля.

Перш за все, код був написаний для РК-дисплея, адже він є засобом відображення інформації і в багатьох випадках набагато зручніше, ніж послідовний порт. Бібліотека U8g2 була обрана не випадково для роботи з екраном – незважаючи на те, що вона досить вимоглива до пристрою, вона поєднує в собі величезну кількість функцій і готових рішень для рендерингу графічного інтерфейсу.

Наприклад, щоб вивести рамку на екран по краях, потрібно просто викликати метод класу u8g2, drawFrame з відповідними параметрами

```
u8g2.drawFrame(0, 0, 128, 64);
```

Де 0, 0 - координати початкової точки на екрані, звідки буде намальований кадр, а 128, 64 - ширина і висота самого кадру.

Інші методи цієї бібліотеки працюють за аналогією, відрізняються назвами, а іноді і кількістю вхідних параметрів.

Так, наприклад, щоб намалювати на екрані слово HELP, починаючи з 10 пікселів по осі Y і з 5 пікселів по осі X, потрібно прописати в програмному коді наступний рядок:

```
u8g2.drawStr(5,10,"ДОПОМОГА");
```

Ця бібліотека також містить шрифти символів, які дозволяють виводити на екран спеціальні заздалегідь зібрані символи. Однак працювати з цією функцією потрібно акуратно, адже кожен такий символний шрифт займає пристойний обсяг пам'яті AVR, яка призначена для програми - тобто обсяг бізнес-логіки, яку можна реалізувати, досить сильно скорочується.

Таким чином, створювати зрозумілі та складні графічні інтерфейси завдяки цій бібліотеці стало набагато простіше.

Після цього була реалізована частина коду, необхідна для зняття даних з датчика, обробки цих показань і виведення їх на екран. Бібліотека

					<i>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

BME280I2C.h надала прості та інтуїтивно зрозумілі методи роботи з датчиком BME280, наприклад, для того, щоб розрахувати тиск повітря, температуру та вологість, потрібно оголосити три відповідні змінні типу float та викликати метод read(), екземпляр класу BME280I2C [16], передавши ці змінні як параметри, приклад коду:

```
bme.read(pres, temp, hum);
```

Дані також виводилися на РК-дисплей, для більшої наочності для кожного показника були обрані значки зі спеціальних шрифтів, рисунок 2.15.

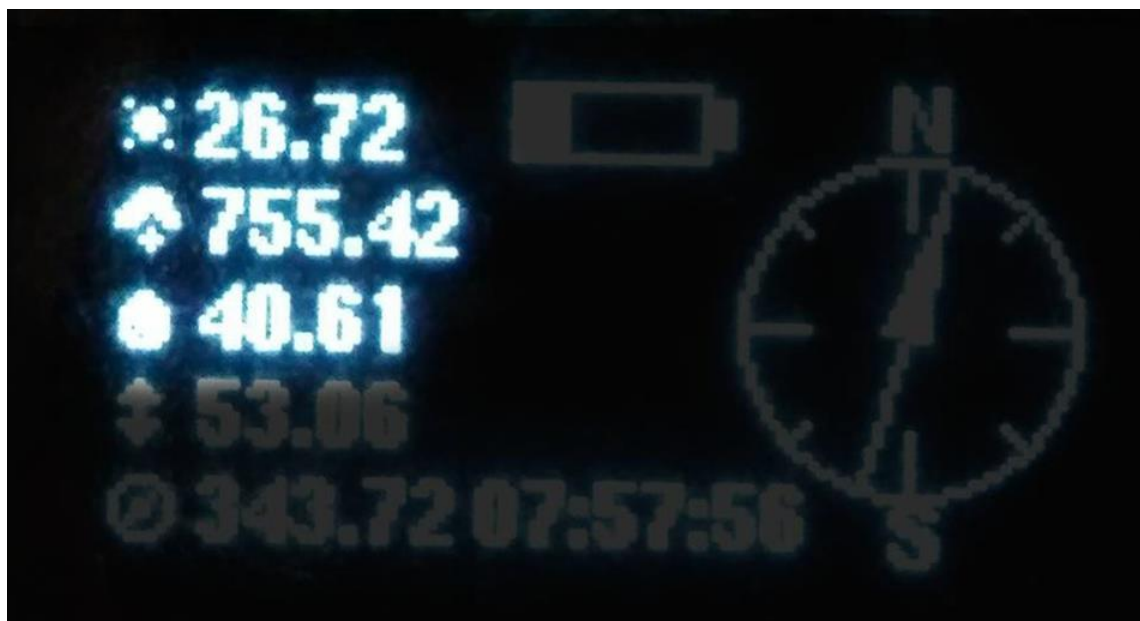


Рисунок 2.15 - Фото графічного інтерфейсу пристрою, де всі елементи заштриховані за винятком показань температури, тиску і вологості (зверху вниз)

Наступним етапом розробки програми був взяття і обробка даних з магнітометра HMC5883L [17], для цього використовувалася бібліотека MechaQMC5883.h. Ця бібліотека також дозволяє обчислювати магнітний азимут на основі отриманих даних, а також знаходити поправки для більш точного обчислення азимута в процесі калібрування. Потім, як і у випадку з попереднім сенсором, було реалізовано відображення даних на графічному інтерфейсі екрану аналогічним чином, але для більшої наочності також було

вирішено розмістити на екрані графічний елемент, що зображує компас з рухомою стрілкою, що вказує строго на північ рисунок 2.16.



Рисунок 2.16 – Фотографія графічного інтерфейсу приладу, де всі елементи, крім показань магнітометра, заштриховані

Наступним не менш важливим завданням було зняття показань з дільника напруги для отримання даних про поточну напругу на акумуляторі. Було прийнято рішення створити кілька макросів для опису стандартних станів напруги акумулятора:

```
#define низький заряд батареї 3.7  
#define низькийКритичнийАкумулятор 3.4  
#define перезарядженийАкумулятор 4.35  
#define maxCharchedBattery 4.25
```

Все це є деякими орієнтирами, наприклад, акумулятор вважається зарядженим від `lowBattery` до `maxCharchedBattery`, в той час як батарея вважається розрядженою до тих пір, поки напруга не впаде до низької `CriticalBattery`, після чого батарея вважається критично низькою.

Для кожного стану батареї існує своє певне графічне зображення, яке символізує цей стан. Так, наприклад, коли напруга на акумуляторі

знаходиться в стандартній робочій діапазон (між lowBattery та maxCharchedBattery) піктограма батареї рівномірно заповнюється у вигляді шкали залежно від напруги, рисунок 2.17.



Рисунок 2.17 – Фото графічного інтерфейсу приладу, де заштриховані всі елементи, крім показань напруги на акумуляторі

Також, як видно з рисунка 2.17, поточна поточна напруга на акумуляторі відображається зліва від значка акумулятора.

Після цих дій був написаний простий алгоритм роботи цифрового годинника, який працює за рахунок внутрішнього лічильника мікроконтролера. Також цей годинник відображається на екрані у вигляді цифрового годинника з трьома одиницями часу.

Далі був реалізований алгоритм роботи з кнопками, який був необхідний для перемикання режимів пристрою і маніпуляцій, що виконуються в меню.

Для цього був написаний цілий клас зі своїми методами, який дозволяє обробляти події натискання кнопок, дізнаватися поточний стан кнопки, час останнього натискання, тривалість останнього натискання, кількість натискань, зроблених за певний проміжок часу. Все це стало можливим

завдяки спеціальному методу цього класу, який читає умова кнопки в настав час переривання. Себе переривання оголошується в блоці SetUp як:

```
OCR0A = 0xAF;
```

```
TIMSK0 |= _BV(OCIE0A);
```

виконується приблизно один раз на секунду і викликається таймером TIMSK0.

Під час цього переривання кожен екземпляр класу Button повинен викликати метод readState() для оновлення стану кнопок, незалежно від основного потоку.

Після цього був простий крок – впровадження світлодіодного світла в код. Сам світлодіод підключається до цифрового контакту 5, який оголошений в коді як змінний ledPin:

```
#define ledPin 5
```

Цей контакт має функцію ШІМ, а в англійській мові ШІМ ця функція дозволяє регулювати струм, що протікає через світлодіод, подаючи на нього ШІМ-сигнал з певним шпаруватістю. Для роботи цього модуля був розроблений спеціальний клас FlashLight, в якому реалізовані методи роботи з ШІМ, включення і виключення світлодіода і т.д.

Наступним кроком була реалізація взаємодії з пристроєм через інтерфейс з трьох кнопок в якості інструментів введення і РК-дисплея в якості виведення інформації.

Завдяки класу Buttons тепер можна легко керувати різноманітними подіями, скликаними кнопками.

Наприклад, подвійне натискання кнопки «прийняти» перемикає режим довгострокового вимірювання, якщо режим відображення меню не включений (ці режими будуть описані пізніше).

					<i>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

## Висновки до другого розділу

У цьому розділі дипломного проекту була обрана елементна база для виготовлення, розроблені конструкції друкованих плат, що входять до складу пристрою.

Розроблена схема електрична принципова побутової портативної метеостанції

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

### 3 РОЗРАХУНОКИ ПОБУТОВОЇ ПОРТАТИВНОЇ МЕТЕОСТАНЦІЇ

#### 3.1 Розрахунок ваги та розміру

Визначення площі об'єму ЕРЕ.

Зона розміщення електрорадіоелементів є основною і визначається за формулою

$$S = \frac{1}{K_s} \sum_{i=1}^N S_{уст}^i \quad (3.1)$$

де  $K_s$  - коефіцієнт заповнення ПП ЕРЕ, що визначається в залежності від класу РЕА, в межах 0,4...0,85;

$S^i$  - зона установки ЕРЕ.

Об'єм, який займають електрорадіоелементи, визначається за формулою:

$$V_{\text{ЭА}} = \frac{1}{K_v} \cdot \sum_{i=1}^N V_{\text{УСТ.}i} \quad (3.2)$$

де  $V_{\text{УСТ.}i}$  - установчий (розмірний) об'єм і-го елемента;

$N$  - загальна кількість елементів на схемі;

$K_v$  - узагальнений коефіцієнт заповнення об'єму ( $K_v = 0,6$  по таблиці)

Визначення ваги корпусу.

$$M_K = V_K \cdot \rho \quad (3.3)$$

де  $\rho$  - питома щільність матеріалу корпусу.

					<b>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\rho = 1,05 \text{ г/см}^3$$

Вага безеля

$$M_{\text{лицьова}} = ((1,5 \text{ см} * 12 \text{ см} * 0,15 \text{ см}) * 2 + (8 \text{ см} * 1,5 \text{ см} * 0,15 \text{ см}) * 2 + 1,5 * 12 * 8) * 1,05 / \text{см}^3 = 150 \text{ г}$$

Вага задньої стінки

$$M_{\text{задня}} = ((1,5 \text{ см} * 12 \text{ см} * 0,15 \text{ см}) * 2 + (8 \text{ см} * 1,5 \text{ см} * 0,15 \text{ см}) * 2 + 1,5 * 12 * 8 + 2 * 3 * 1,5 + 2 * 5 * 1,5 * 1,5 * 1,5 * 1,05 / \text{см}^3 = 166 \text{ г}$$

Вага передньої панелі з відкидними елементами

$$M_{\text{граней з елем.}} = 150 + 6 * 5 + 30 = 210 \text{ г}$$

Вага задньої стінки з навісними елементами

$$M_{\text{зад. з Elm Q 166 Q 10 Q 42 Q 30 Q 248}} = 248 \text{ г}$$

Визначте загальну вагу пристрою: вага виробу, вага тіла,

$$M_{\text{приладу}} = M_{\text{спереду}} + M_{\text{ззаду}} + M_{\text{грань з елем.}} + M_{\text{ззаду. з гвинтами ель}} + M_{\text{дроти}} M_{(6.4)}$$

$$M_{\text{пристроїв}} = 150 \text{ г} + 166 \text{ г} + 210 \text{ г} + 248 \text{ г} + 20 \text{ г} + 10 \text{ г} = 804 \text{ г}$$

Визначте шпаруватість модуля.

За результатами розрахунків підберемо наступні обсяги модулів.

Таким чином, за попередніми оцінками, вага приладу складе  $m = 804 \text{ г} = 0,8 \text{ кг}$ , що задовольняє технічній вимозі даного пристрою (не більше 1 кг).

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.2 Розрахунок теплового режиму

Метою даного розрахунку є визначення температури всередині проєктованого агрегату в реальних умовах експлуатації.

Вихідні дані:

$L = 120$  мм, - ширина;

$H = 80$  мм, - висота;

$D = 30$  мм, - глибина;

$KZ$  – коефіцієнт заповнення блоку ( $KZ=0,3$  за розрахунками);

$\varepsilon = 0,92$  - ступінь чорноти поверхні;

$A2$  - коефіцієнт , обраний для температури і середовища охолодження (табличне значення)

$A2 = 1,33$ ).

Максимальна температура всередині агрегату  $T_{MAX} = 333$  ° К (максимальна температура найменш жароміцного елемента (табл. 1)).

Максимальна температура навколишнього середовища  $T_{OC} = 313$  °С (відповідно до кліматичного виконання згідно з технічним завданням).

Виділена потужність всередині блоку  $P = 100$  мВт.

Визначимо задану (приблизну) температуру корпусу:

$$TK = 0,5 \cdot (T_{MAX} + T_{OC}); \quad (3.4)$$

$$TK = 323 \text{ } ^\circ\text{C} = 49,84 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Визначимо закон, який використовується для обчислення тепловіддачі конвекції:

$$TK - T_{OC} \leq (840/N) \cdot 3, \quad (3.5)$$

$$(323 - 313) \leq (840/80) \cdot 3$$

$$10 \leq 1157$$

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Так як умова виконується, то кількість конвекційного тепла визначається законом і обчислюється за формулою:

$$Q_k = A_2 \cdot \left( \frac{S_h}{H^4} + \frac{2 \cdot S_r}{L^4} \right) \cdot (T_k - T_{oc})^{\frac{5}{4}} \quad (3.6)$$

де  $S_h$  - загальна площа бічних поверхонь, м<sup>2</sup>;

$S_r$  - загальна площа горизонтальних поверхонь, м<sup>2</sup>.

$$Q_k = 1,33 \cdot \left( \frac{2 \cdot 0,12 \cdot 0,08}{0,08^{\frac{1}{4}}} + \frac{2 \cdot 0,12 \cdot 0,03}{0,12^{\frac{1}{4}}} \right) \cdot (323 - 313)^{\frac{5}{4}} = 1,143 \text{ Вт}$$

Визначимо площу поверхні:

$$S = 2 \cdot (L \cdot D) + 2 \cdot (L + D) \cdot H \quad (3.7)$$

$$S = 2 \times (0,35 \times 0,14) + 2 \times (0,35 + 0,14) \times 0,06 = 0,03 \text{ м}^2.$$

Визначимо потужність тепловіддачі за рахунок випромінювання:

$$Q_{\text{л}} = 5,67 \cdot \varepsilon \cdot S \cdot \left( \frac{\left( \frac{T_k}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_c}{100} \right)^4}{T_k - T_c} \right) \quad (3.8)$$

де 5,67 - випромінювальна здатність чорного тіла і вимірюється в  $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{град}^4}$ ;

$S$  - загальна площа поверхні блоку;

					<b>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{\text{Л}} = 5,67 \cdot 0,92 \cdot 0,03 \cdot \left( \frac{\left( \frac{323}{100} \right)^4 - \left( \frac{313}{100} \right)^4}{323 - 313} \right) = 0,2 \text{ Вт.}$$

Загальна тепловіддача:

$$Q = Q_{\text{К}} + Q_{\text{Л}} \quad (3.9)$$

$$Q = 1,143 + 0,2 = 1,34 \text{ Вт}$$

Визначимо площу обігріву всередині блоку:

$$S_3 = 2 \cdot (L \cdot D) + 2 \cdot (L + D) \cdot H \cdot K_3 \quad (3.10)$$

$$S_3 = 2 \cdot (0,35 \cdot 0,14) + 2 \cdot (0,35 + 0,14) \cdot 0,06 \cdot 0,31 = 0,014 \text{ м}^2$$

Визначимо визначальну температуру всередині корпусу:

$$T_{\text{оп.вн.к}} = \frac{T_{\text{MAX}} + T_{\text{К}}}{2} \quad (3.11)$$

$$T_{\text{оп.вн.к}} = \frac{333 + 323}{2} = 328 \text{ К} = 54,85^\circ$$

Визначимо коефіцієнти теплопровідності і конвекції:

$$\alpha_{\text{К}} = A_2 \cdot \left( \frac{T_{\text{MAX}} - T_{\text{К}}}{H} \right)^{\frac{1}{4}} \quad (3.12)$$

$$\alpha_{\text{К}} = 1,33 \cdot \left( \frac{333 - 323}{0,08} \right)^{\frac{1}{4}} = 4,44 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}}$$

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

$$\alpha_{Л} = 5,67 \cdot \varepsilon \cdot \left( \frac{\left( \frac{T_{MAX}}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_K}{100} \right)^4}{T_{MAX} - T_K} \right) \quad (3.13)$$

$$\alpha_{Л} = 5,67 \cdot 0,92 \cdot \left( \frac{\left( \frac{333}{100} \right)^4 - \left( \frac{323}{100} \right)^4}{333 - 323} \right) = 7,365 \frac{Вт}{м^2 \times К}$$

Визначимо сумарну теплопровідність зони:

$$\delta_3 = S_3 \cdot (\alpha_K + \alpha_{Л}) \quad (3.14)$$

$$d_3 = 0,014 \times (4,44 + 7,365) = 0,17 \frac{Вт}{К}$$

Визначимо температуру зони:

$$T_3 = T_K + \frac{Q}{\delta_3} \quad (3.15)$$

$$T_3 = 323 + \frac{1,34}{0,17} = 330,8 К . = 57,65^{\circ}$$

Визначимо реальну температуру всередині корпусу:

$$T_{РЕАЛ.} = T_K + \frac{P_{РАС.}}{\delta_3} \quad (3.16)$$

$$T_{РЕАЛ.} = 323 + \frac{0,1}{0,17} = 323,5 К . = 50,35^{\circ}$$

					<b>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Висновок: В ході розрахунків було отримано, що реальна температура (323,5 К = 50,35 0С) менше максимальної температури всередині агрегату (333К = 59,85 0С), тобто не перевищує критичного значення:  $T_{РЕАЛ.} < T_{МАХ}$ , (323,5 К < 333К), тому ніяких додаткових заходів по відведенню тепла не потрібно.

### 3.3 Розрахунок конструктивних елементів розподільчих зон

Мета: визначити, чи дозволить обраний матеріал і товщина основи витримувати навантаження, що прикладаються до основи.

1. Матеріал основи - пластик,

а) щільність - ,  $\rho = 2710(\text{кг} / \text{м}^3)$

б) модуль пружності - ,  $E = 71(\text{ГПа})$

в) межа плинності -  $\delta_B = 44(\text{МПа})$ ,

г) питома жорсткість -  $E_{уд} = 26,2(\text{Па})$ ,

д) міцність на розрив -  $\delta_{уд} = 36(\text{Па})$

2. Визначимо момент опору відносно осей:

$$W_x = \frac{b \cdot h^2}{6} \quad (3.17)$$

$$W_x = \frac{0.08 \cdot 0.0015^2}{6} = 3 \cdot 10^{-8} (\text{м}^3)$$

3. Визначимо момент інерції відносно осей:

$$J_x = \frac{b \cdot h^3}{12} \quad (3.18)$$

					<b>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

$$J_x = \frac{0.08 \cdot 0.0015^3}{12} = 0,0015 \cdot 10^{-11} (\text{м}^4)$$

4. Визначимо величину власної частоти резонансу:

$$f_0 = \frac{0.16 \cdot K_3 \cdot \sqrt{\frac{E \cdot J \cdot g}{P}}}{b^2} \quad (3.19)$$

де  $P$  - сила, що діє на підставу;

$$P = \frac{m \cdot g \cdot K_g}{b} = \frac{0,8 \cdot 9,8 \cdot 1}{0,08} = 98 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

З цього отримуємо:

$$f_0 = \frac{0.16 \cdot 9.8 \cdot \sqrt{\frac{71 \cdot 10^9 \cdot 0,015 \cdot 10^{-11} \cdot 9.8}{109}}}{0.08^2} = \frac{0,16 \cdot 9,8 \cdot 9,78}{0,006} = 73,3 \text{ Гц}$$

5. Визначимо згинальний момент:

$$M_U = \frac{1}{8} \cdot P \cdot l^2 \quad (3.20)$$

$$M_U = \frac{1}{8} \cdot 98 \cdot 0,03 = 0,367.$$

6. Визначте напругу в середині основи:

$$\delta_{PAC} = \frac{M_U}{W_X} \quad (3.21)$$

					<b>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

$$\delta_{PAC} = \frac{0,367}{3 \cdot 10^{-8}} = 12,2 \text{ (МПа)}$$

Висновок: проведені розрахунки показали, що величина напруженості в середині підставки  $\delta = 12,2 \text{ МПа}$ , яка не перевищує межу  $\delta_{02} = 44 \text{ МПа}$ , тому обраний матеріал і товщина підставки дозволяють витримувати навантаження, що прикладаються до основи.

### Висновки до третього розділу

У даному розділі було розраховано вагу та розмір пристрою, а саме встановлено що, за попередніми оцінками, вага приладу складе  $m = 804 \text{ г} = 0,8 \text{ кг}$ , що задовольняє технічній вимозі даного пристрою (не більше 1 кг).

В ході розрахунків було отримано, що реальна температура ( $323,5 \text{ К} = 50,35 \text{ }^\circ\text{C}$ ) менше максимальної температури всередині агрегату ( $333 \text{ К} = 59,85 \text{ }^\circ\text{C}$ ), тобто не перевищує критичного значення ( $323,5 \text{ К} < 333 \text{ К}$ ), тому ніяких додаткових заходів по відведенню тепла не потрібно.

Проведені розрахунки показали, що величина напруженості в середині підставки  $\delta = 12,2 \text{ МПа}$ , яка не перевищує межу  $\delta_{02} = 44 \text{ МПа}$ , тому обраний матеріал і товщина підставки дозволяють витримувати навантаження, що прикладаються до основи.

В результаті розрахунків був отриманий пристрій, який повністю відповідає вимогам по надійності і умов експлуатації. Теплові розрахунки показали, що природна конвекція повітря достатня для забезпечення нормального теплового режиму.

					<i>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

## ВИСНОВКИ

В результаті роботи над бакалаврською роботою було розглянуто класифікацію метеостанцій і в цілому всі сучасні метеостанції, представлені на ринку, поділяються за кількома характеристиками: типом використовуваних датчиків, призначенням та конструкцією.

Також було проаналізовано види побутових метеостанцій та сучасні тенденції їх розвитку.

З цих даних видно, що більшість пристроїв цього класу живляться від одноразових джерел живлення, що згодом впливає на кінцеву вартість експлуатації пристрою. Потрібно замінити одноразовий блок живлення на акумуляторну батарею.

Також для зручності використання рекомендується вбудувати в пристрій схему зарядки цієї акумуляторної батареї.

Щоб успішно конкурувати з продукцією інших виробників, необхідно передбачити діапазон вимірювань:

- температура повітря: від -30 до +50 °С;
- діапазон вимірювання вологості від 10 до 100%;
- діапазон вимірювання атмосферного тиску: 680 мм рт.ст. до 800

мм.

Також необхідно розмістити екран в корпусі виробу для зручного зняття показань і акумуляторна батарея.

Крім того, необхідно розмістити датчик, здатний визначати азимут, магнітне і світлодіодне підсвічування, щоб збільшити кількість функцій пристрою для підвищення конкурентоспроможності товару.

Було обрано елементну базу для виготовлення, розроблені конструкції друкованих плат, що входять до складу пристрою.

Розроблена схема електрична принципова побутової портативної метеостанції.

					<i>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Розраховано вагу та розмір пристрою, а саме встановлено що, за попередніми оцінками, вага приладу складе  $m = 804 \text{ г} = 0,8 \text{ кг}$ , що задовольняє технічній вимозі даного пристрою (не більше 1 кг).

В ході розрахунків було отримано, що реальна температура ( $323,5 \text{ К} = 50,35 \text{ }^\circ\text{C}$ ) менше максимальної температури всередині агрегату ( $333\text{К} = 59,85 \text{ }^\circ\text{C}$ ), тобто не перевищує критичного значення ( $323,5 \text{ К} < 333\text{К}$ ), тому ніяких додаткових заходів по відведенню тепла не потрібно.

Проведені розрахунки показали, що величина напруженості в середині підставки, яка не перевищує межу, тому обраний матеріал і товщина підставки дозволяють витримувати навантаження, що прикладаються до основи.

В результаті розрахунків був отриманий пристрій, який повністю відповідає вимогам по надійності і умов експлуатації. Теплові розрахунки показали, що природна конвекція повітря достатня для забезпечення нормального теплового режиму.

					<i>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Шатохін А.М., Горошко В.С. Побутові метеостанції // "Журнал електротехнічних систем." - 2016. - № 103. - С. 91-97.
2. Коваленко І.В., Петренко Т.О. Моделювання побутових метеостанцій // "Технології легкої промисловості." - 2015. - № 110. - С. 78-85.
3. Сидоренко В.М., Іванченко Ю.В. Інноваційні підходи до розробки побутових метеостанцій // "Вісник Черкаського національного університету." - 2016. - № 115. - С. 66-73.
4. Мельник О.П., Григоренко П.В. Ефективність побутових метеостанцій у сучасних умовах // "Наукові праці Вінницького національного технічного університету." - 2017. - № 120. - С. 52-59.
5. Білоусова А.С., Кучеренко Д.Л. Технології в удосконаленні побутових метеостанцій // "Технічні науки та інновації." - 2018. - № 125. - С. 88-95.
6. Литвиненко М.М., Савченко І.І. Використання комп'ютерного моделювання для побутових метеостанцій // "Журнал технологій та дизайну." - 2019. - № 130. - С. 72-79.
7. Шевченко Л.В., Бондаренко Т.М. Підвищення точності вимірювань у побутових метеостанціях // "Легка промисловість України." - 2020. - № 135. - С. 80-87.
8. Тарасова О.В., Гончарук К.П. Системи контролю якості в побутових метеостанціях // "Вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України." - 2021. - № 140. - С. 90-97.
9. Демченко В.В., Кузьменко І.М. Автоматизація в побутових метеостанціях // "Технічні науки та промисловість." - 2022. - № 145. - С. 76-83.

					<i>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

10. Ігнатенко О.О., Шаповалова В.В. Підвищення продуктивності побутових метеостанцій // "Вісник Харківського національного технічного університету." - 2023. - № 150. - С. 88-95.

11. Коваленко П.М., Савченко Т.В. Автоматизовані системи керування для побутових метеостанцій // "Інженерний вісник України." - 2020. - № 155. - С. 82-89.

12. Бондаренко Ю.В., Гриценко М.П. Інтелектуальні системи у побутових метеостанціях // "Журнал сучасних технологій." - 2021. - № 160. - С. 74-81.

13. Шевченко І.М., Тарасов С.Л. Використання новітніх матеріалів у побутових метеостанціях // "Технічний вісник України." - 2018. - № 165. - С. 60-67.

14. Гончаренко Л.П., Сидорчук А.В. Оптимізація конструкцій побутових метеостанцій // "Вісник технічних наук." - 2022. - № 170. - С. 72-79.

15. Шаповалов В.В., Ковальчук Н.О. Автоматизовані рішення для побутових метеостанцій // "Технології та інновації." - 2017. - № 175. - С. 90-97.

16. Мельниченко І.В., Демченко Ю.О. Нові технічні рішення в удосконаленні побутових метеостанцій // "Наукові записки." - 2019. - № 180. - С. 68-75.

17. Кучеренко А.С., Білоусова Т.М. Автоматизація процесів у побутових метеостанціях // "Журнал технічних систем." - 2018. - № 185. - С. 58-65.

18. Литвиненко К.О., Савченко І.М. Інноваційні підходи до побутових метеостанцій // "Інженерний журнал України." - 2011. - № 190. - С. 80-87.

19. Шевченко Н.В., Гончарук А.П. Підвищення ефективності побутових метеостанцій // "Вісник технічної науки." - 2012. - № 195. - С. 92-99.

					<i>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

ДОДАТКИ

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62