

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

Е. М. Б. А. Мельник
(підпис) (ініціали, прізвище)

« 20 » 06 2019 р.

Дипломна робота
на здобуття ступеня бакалавра

за напрямом підготовки 6.050902 Радіоелектронні апарати

на тему: Бездротові мережеві системи

Виконав (-ла): студент (-ка) 4 курсу, групи РК-51
(шифр групи)

Павло Косинський
(прізвище, ім'я, по батькові)

С. М.
(підпис)

Керівник ст. викл. Тарасенко В. М.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Т. М.
(підпис)

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

С. Ф.
(підпис)

Рецензент ст. викл. Зинченко О.С.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

О. С.
(підпис)

Засвідчую, що у цій дипломній роботі
немає запозичень з праць інших авто-
рів без відповідних посилань.

Студент *С. М.*
(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

Є.М. Є.А. Нелін
(підпис) (ініціали, прізвище)

«15» травня 2019 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект (роботу) студенту

Павленко Костянтин Вікторович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Поземний телебачення

керівник проекту (роботи) Білоус В.Микола Миколайович
(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) 06.06.2019

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Матриця місць для прийому 70-30 ВЧ телебачення від земного станція, ширина кор-
пусу (40-140-100) мм, час виконання згідно інструкції-
тів студента 37994

4. Зміст (дипломної роботи) розрахунково-пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити) Стандартна робота з розробки теле-
бачення технічного завдання, розрахунок і побір спеціальних-
них робіт на величезній кількості параметрів електричних і механічних;
Технічний проект, технічний проект, стандартна робота з розробки

5. Перелік (ілюстративного) графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів тощо) Спеція конструкції, спеція великоформатних конструкцій, спеція креслення організації роботи

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	Уточнення ТЗ керівником	16.05 - 17.05.2019р	
2	Визначення існуючої процедури	19.05 - 20.05.2019р	
3	Аналіз конструкційних креслень	21.05 - 23.05.2019р	
4	Робота над проектом конструкційної частини	23.05 - 28.05.2019р	
5	Робота над проектом організації роботи	28.05 - 02.06.2019р	
6	Визначення існуючої процедури	02.06 - 05.06.2019р	
7	Оформлення проекту	06.06 - 11.06.2019р	
8	Виконання графічних матеріалів	11.06 - 14.06.2019р	

Студент

(підпис)

К.О. Павленко
(ініціали, прізвище)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

В.М. Юшвіца
(ініціали, прізвище)

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

Анотація

Метою даного дипломного проекту є розробка домашньої погодної метеостанції на базі мікроконтролера.

У проекті розроблено принципову схему з використанням мікроконтролеру ATMEGA32A, на основі схеми проведено вибір елементної бази. Розроблено друкований вузол та проведено вибір варіанту конструкції. Проведені необхідні розрахунки для підтвердження працездатності приладу та відповідності стандартам та регламентуючим документам.

Даний пристрій можна використовувати в житлових приміщеннях для контролю температури та вологості, а також для моніторингу атмосферного тиску.

Павленко К.О., РК-51, 2019

Annotation

The purpose of this diploma project is to develop a home-based meteorological weather microcontroller.

The project developed the scheme using microcontroller ATMEGA32A, based schemes conducted choose components. A printing unit and conducted design choices. Carried out the necessary calculations to confirm the efficiency of the device and compliance standards and regulatory documents.

This device can be used in homes to control temperature and humidity, and to monitor atmospheric pressure.

Павленко К.О. РК-51, 2019

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту

на тему: **Годинник — метеостанція**

Київ 2019

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

БДП – багатошарові друковані плати;

ГДП – гнучкі друковані плати;

ДВ – друкований вузол;

ДДП – двосторонні друковані плати;

ДП – друкована плата;

ІМС – інтегральна мікросхема

МК — мікроконтролер;

ОДП – односторонні друковані плати;

ПК – персональний комп'ютер;

РЕА – радіоелектронна апаратура;

САПР – система автоматизованого проектування;

UART– universal asynchronous receiver transmitter

(універсальний асинхронний прийомопередавач);

USB – universal serial bus (універсальна послідовна шина).

					PK51.403274.001.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

З розвитком радіоелектроніки, радіоелектронна апаратура (РЕА) стає все більш компактною та зручною. Це пов'язано з тим кожен виробник намагається збільшити попит на власну продукцію, через це на ринку постійно з'являються нові види приладів, але з більшим функціоналом та з більш зручним використанням. Так і з'явилась домашня метеостанція, що об'єднує в собі функції годинника та метеостанції які можна використовувати в домашніх умовах.

На ринку, зараз є дуже багато різновидів даного приладу які мають різну конструкцію та функції. Основні види – це професійні, аналогові та цифрові. Професійні метеостанції можуть додатково визначати швидкість, напрям вітру, вимірювати точку роси і вологість ґрунту.

Завданням для даного дипломного проекту є розробка годинника – метеостанції, що являє собою компактну конструкцію яка може вимірювати температуру, вологість, тиск, а також виконувати функції годинника з автоматичним регулюванням часу.

					ПК51.403274.001.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ. РОЗРОБКА ТА АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

1.1 Огляд та аналіз аналогів на ринку

Сьогодні на ринку можна знайти метеостанцію будь-якого формату. Вони різні за ціною, функціональним і цільовим призначенням (для поля, теплиці, корівника, садка, тощо) та за кількістю опцій.

Ціновий діапазон метеостанції варіюється від кількох сотень гривень до кількох тисяч доларів США. Як пояснюють самі виробники, таку шалену різницю в ціні створюють деталі, країна-виробник, додаткові опції, можливості метеостанції і сервісне обслуговування.

Метеостанції призначені для безперервного вимірювання параметрів стану атмосфери з можливістю подальшого опрацювання даних. У них одна мета, але з функціональної і конструктивної точки зору метеостанції можуть кардинально відрізнятися. Далі розглянемо їх характеристики.

Метеостанція La Crosse WS8005BLA-SIL зображено на рис. 1.1 [1].



Рисунок 1.1 — Метеостанція La Crosse WS8005BLA-SIL

									Арк.
									11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

PK51.403274.001.ПЗ

має вбудований датчик прийому радіосигналу точного часу з Франкфурта. Додатково і час, і часовий пояс можуть коректуватися вручну.

Метеостанція Bresser TemeoTrend P зображено на рисунку 1.2 [2].



Рисунок 1.2 — Метеостанція Bresser TemeoTrend P

Метеостанція Bresser TemeoTrend P фіксує зміни барометричного тиску і на підставі цих змін виводить на дисплей короткостроковий прогноз на найближчий час. Метеостанція також вимірює температуру в приміщенні і на вулиці. Можливість підключення додаткових датчиків дозволяє охопити досить широку площу для виміру даних.

Виробник: Bresser (Germany).

Прогноз погоди:

— Прогноз погоди на 12 годин;

— Погодна станція здатна фіксувати зміни барометричного тиску і на підставі цих змін виводити на дисплей короткостроковий прогноз на найближчий час у вигляді барометричних символів прогнозу погоди. На дисплеї відображаються символи (ясно, мінлива хмарність, хмарно, дощ, злива).

										Арк.
										13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

PK51.403274.001.ПЗ

— Розмір проєкції: великий, залежить від відстані до поверхні, оптимальна відстань проєкції- 1.7-2 метра; яскравість: висока (залежить від освітленості; відмінно видно в напівтемряві і темряві);

— Підсвічування: LED підсвічування, колір світіння – жовтий.

Передача даних від зовнішнього датчика:

— Частота передачі даних: 433 MHz;

— Дальність передачі даних: до 30 м. прямої видимості;

— Можливість підключення до 3-х зовнішніх датчиків.

Додатково: Індикатор розряду батареї датчика.

Живлення:

— Станція: дві AA батареї, LR6 1,5V;

— Датчик температури: 2 x AA батареї, LR6 1,5V.

Габаритні розміри:

— Станція (Д * Ш * В), мм: 130 x 9 x 49;

— Зовнішній датчик (Д * Ш * В), мм: 67 x 29 x 102;

— Колір чорний;

— Вага (г): 259.

Метеостанція National Geographic Weather Center зображено на рисунку 1.3 [3].



Рисунок 1.3 — Метеостанція National Geographic Weather Center

									Арк.
									15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

PK51.403274.001.ПЗ

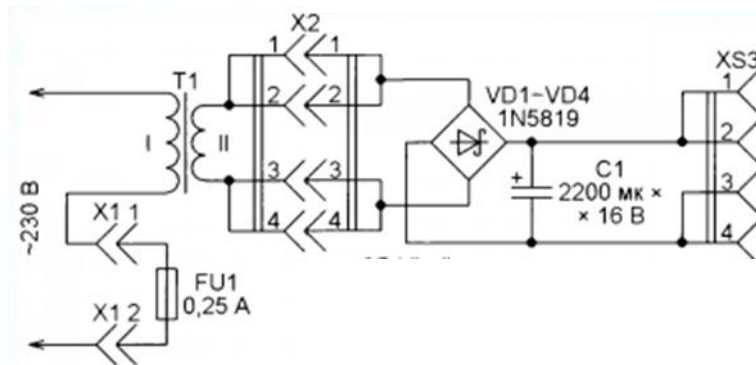


Рисунок 2.3 — Схема мережевого фільтра

Потім встановлюємо мікроконтролер з нижньої сторони і пропаяємо його виводи з обох сторін. Не вставляємо виводи цієї та інших мікросхем в DIP-корпусах в отвори плати до упору. Це забезпечить більшу зручність пайки виводів з боку корпусу мікросхеми. На завершення встановлюємо і припаємо всі інші деталі. При установці і пайці радіомодуля U1 між ним і поверхнею плати прокладаємо тонку ізолюючу прокладку, не перекриваючи нею контактні площадки, призначені для виводів модуля.

Потрібно відзначити, що найпотужніший споживач енергії в головному пристрої - підсвічування РКЕ. Тому область фольги, до якої припаяний охолоджуючий фланець транзистора VT2, сильно нагрівається. Для додаткового відводу тепла можна, припаяти до неї перпендикулярно поверхні плати мідні або латунні пластини.

Після монтажу і промивання плату ретельно перевіряємо візуально і "продзвонюємо" всі її ланцюги на обриви і замикання.

Порядок установки і пайки деталей може бути будь-яким, їх всі встановлюємо на одній стороні. Оскільки кнопки SB1-SB4 при натисканні піддаються чималим механічним навантаженням, їх металева арматура повинна бути надійно припаяна до контактних площадок на одній стороні плати і до фользі на іншій.

Скляна плавка вставка FU1 розмірами 20x5 мм встановлена в припаяні до плати держателі S1050. Кутові тактові кнопки - TS-A4PV-130 з штовхачами

										Арк.
										28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

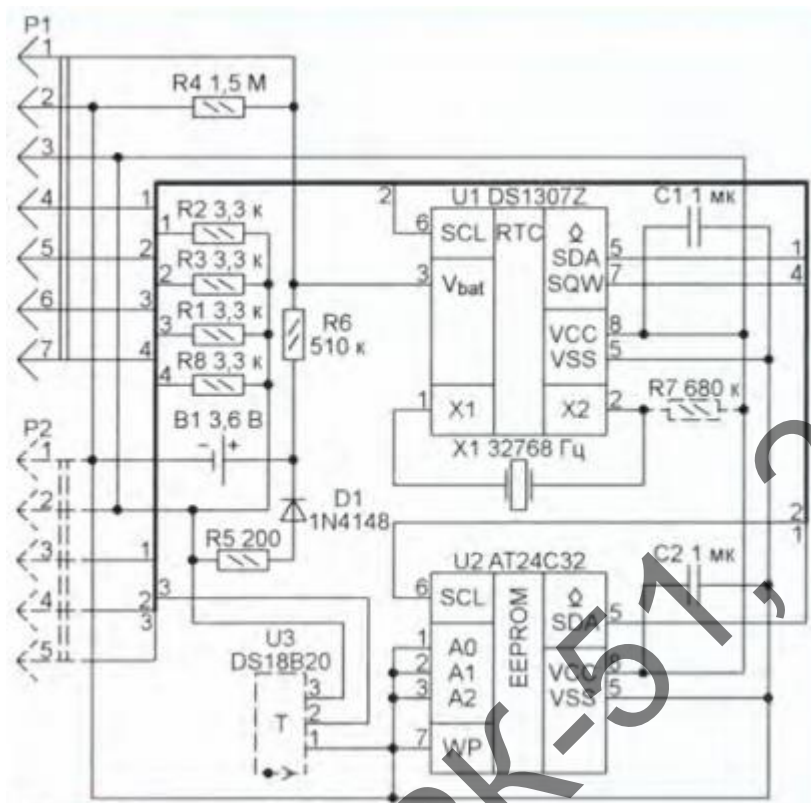


Рисунок 2.4 — Схема годинника реального часу Tiny RTC

Для живлення модуля потрібні дві напруги - 3,3 В для тюнера і 5 В для УМЗЧ. Антена зроблена з дроту МГТФ-0,35 довжиною 1,5 м. Його частина від місця підключення до контакту 1 роз'єму BLS-2, зчленовується з роз'ємом XP1 радіомодуля, до виходу через гумову втулку мережевого шнура з корпусу головного пристрою свита з іншим таким же проводом, підключеним до контакту 2 того ж роз'єму. Далі одиночний провід антени намотаний на мережевий шнур з кроком приблизно 2,5 мм і зафіксований на ньому термоусаджованої трубкою.

Модуль декодера СПВ призначений для виявлення сигналів перевірки часу і формування запитів переривання програми мікроконтролера для обробки цих сигналів. Схема модуля зображена на рис. 2.6. Він містить здвоєний компаратор напруги DA1 і електронний високочастотний фільтр з комутованими конденсаторами DA2. Частоту комутації 50 кГц з високою точністю задає мікроконтролер на основній платі.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

На основі вищеописаних критеріїв було прийнято рішення обрати SMD резистори типорозміру 0805.

Самі компоненти SMD відрізняються високою стійкістю до механічних впливів, гарно піддаються автоматизованому встановленню. Також вони мають малу масу та габаритні розміри. Завдяки значного зменшення довжини виводів знижуються паразитні ємність та індуктивність. Технологія SMT дозволяє зменшити кількість отворів на платі, що полегшує технологічний процес. У додаток до усіх переваг такі компоненти ще й дешевші ніж компоненти у класичних корпусах. Проте використання SMD компонентів потребує збільшення точності топології друкованої плати.

У (табл. 2.3) наведено параметри обраного резистору [11].

Таблиця 2.1 — Параметри SMD резистору типорозміру 0805

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

Обрані резистори нас влаштовують.

2.2.3 Конденсатори

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

Проаналізувавши всі необхідні вимоги виділимо такі конденсатори: EEENB1C100R, UCV1V681MNL1GS, MC0805B474K160CT, GRM21BR61E106KA73K, EEVFK1A222Q, GRM21BR71H105KA12L, EEE-1AA101WR, C0805F103K1RACTU, 0805B104K500CT, EEE-1AA101WR.

У (табл. 2.2) наведено параметри обраних конденсаторів.

					PK51.403274.001.P3	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2 — основні параметри конденсаторів

Тип конденсатора	Назва конденсатора	Допуск, %	Номінальна 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

Обрані конденсатори нас влаштовують.

2.2.4 Транзистори

Вихідними даними для вибору транзисторів є : параметри з таблиці 4.2. У схемі можна використовувати транзистори з максимальним струмом 100 мА. Максимальна напруга стік-витік, максимальний струм стоку - краще вибрати з запасом, щоб напевно не згорів. В (табл. 2.3) розглянемо такі транзистори BS856, BS270.

										Арк.
										36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

PK51.403274.001.ПЗ

В якості захисного покриття вибираємо акрилове конформне захисне покриття марки 419 D. Це покриття захищає електроніку від вологи , бруду , пилу, термоударів і подряпин. Також це покриття забезпечує високу діелектричну міцність , дозволяє розміщувати доріжки на друкованій платі густіше , що в свою чергу підвищує мініатюризацію електроніки.

Павленко К.О. РК-51, 2019

					РК51.403274.001.ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2.2 Розрахунок мінімальної ширини провідника по постійному струму

Всі розрахунок проводився у середовищі Mathcad.

Розрахунок проводимо за формулою :

$$b_{\min 1} = \frac{I_{\max}}{j_{\text{доп}} \cdot h_0}, \quad (3.1)$$

де I_{\max} – максимальний струм в друкованому провіднику; $j_{\text{доп}}$ – допустима потужність струму в друкованому провіднику при заданих зовнішніх умовах і температурі перегріву провідника ; h_0 – товщина фольги ДП.

Максимальний струм за результатами аналізу схеми електричної принципової це струм в колі живлення .Згідно документації виробника не перевищує 1,5А.

Згідно п. 2.4 ГОСТ 23751-86 значення допустимої густини струму при найгірших умовах дорівнює 80 А/мм², $h_0=35$ мкм; $b_{\min}=0.536$ мм.

3.2.3 Розрахунок мінімальної ширини провідника за допустимим падінням напруги

Розрахунок проводимо за формулою :

$$b_{\min 2} = \frac{I_{\max} \cdot P \cdot l}{h_0 \cdot U_{\text{доп}}}, \quad (3.2)$$

где P –питомий опір міді ;

$P=0,0175$ Ом·мм²/м;

$U_{\text{доп}}$ – допустиме падіння напруги на провіднику. Задамо $U_{\text{доп}}=0,01$ В.

l – довжина провідника. За результатами трасування протяжність найдовшого провідника не перевищує 0.04м; $b_{\min 2}=0.056$ мм.

Мінімально можлива ширина друкованого провідника у вузькому місці ДП складає 0,35 мм, що відповідає третьому класу точності рисунка ДП.

										Арк.
										42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

PK51.4.03274.001.ПЗ

3.2.4 Розрахунок максимальної ширини провідників

Розрахунок проводимо за формулою :

$$b_{\max} = b_{\min} + (0,02 \dots 0,07), \quad (3.3)$$

$$b_{\max} = 1,1 + 0,03 = 1,13 \text{ мм}, \quad (3.4)$$

Таким чином, ширина провідника визначається технологічною нормою на виготовлення і дорівнює 1.13мм.

3.2.5 Розрахунок мінімальної відстані між елементами провідникового рисунку

Розрахунок проводимо за формулою :

$$S_{1\min} = L_0 - \left[\frac{D_{\max}}{(2 + b_p)} + \frac{b_{\max}}{(2 + \delta_e)} \right], \quad (3.5)$$

$\delta_e, \delta_p = 0,1$ мм [1], де L_0 – відстань між центрами елементів, $L_0 = 2,5$ мм;
 $S_{\min} = 0,35$ мм.

3.2.6 Розрахунок мінімальної відстані між провідниками і контактною площиною у вузьких місцях

Розрахунок проводиться для одного і двох провідників мінімальної ширини (0,6мм) між площинами (див. рис. 3.1)

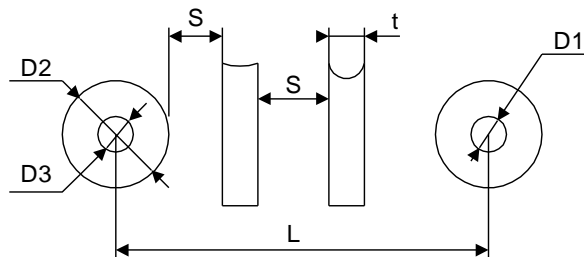


Рисунок 3.1—Ескіз вузького місця на ДП

Розрахунок проводимо за формулою :

$$S = \frac{D_1 + D_2}{2} + t \cdot n + S(n + 1) + T_1 \quad (3.6)$$

									Арк.
									43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

PK51.403274.001.ПЗ

де n – кількість провідників, T_1 – позиційний допуск розташування друкованого провідника відносно сусіднього провідникового $T_1=0,05$ мм, $S=2.3$ мм.

Таким чином після проведених розрахунків, ми бачимо що обрані матеріали та розміри плати нас влаштовують.

Павленко К.О. РК-51, 2019

					РК51.403274.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

4 ПРОЕКТУВАННЯ ПРИЛАДУ. АНАЛІЗ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ПРИЛАДУ

4.1 Вибір корпусу

Пристрій зібрано в корпусі від радіоприймача Selga-404. Більша частина передньої панелі корпусу вирізьблена, залишились тільки кути та частина виступів в середині, до яких прикріплена алюмінієва пластина завтовшки 1 мм, що слугує дном корпусу. В ній зроблені отвори для вентиляції. До неї прикріпленні кутами з різьбовими втулками пакет з основною платою та ЖКЕ, кнопками керування та аудіогніздом.



Рисунок 4.1— Корпус радіоприймача Selga-404

Параметри корпусу наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1—Параметри корпусу

Тип корпусу	Висота	Ширина	Довжина	Маса	Матеріал
Selga-404	46мм	190мм	100мм	0.1кг	Полістирен

Матеріал корпусу пластмаса, що в порівнянні з металами має меншу щільність, меншу вартість, простіше формоутворення, а також не піддаються корозії, мають гарний зовнішній вигляд і на відміну від металів усі пластмаси є хорошими діелектриками. До недоліків пластмас відносять меншу міцність, теплопровідність і теплостійкість, а також явище старіння. Так як особливих вимог до міцності виробу не висувається, то цими недоліками можна знехтувати і виготовити корпус з пластмаси.

									Арк.
									45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

PK51.403274.001.ПЗ

Таблиця 4.1 – Параметри надійності елементів схеми

Тип та назва елемента	$\lambda_0 \cdot 10^6$, $1/\text{год}$	$N, \text{шт.}$	K_1	K_H	$\lambda_p \cdot 10^6$, $1/\text{год}$
SMD-резистор	0,06	31	1,1	0,75	0,1
Конденсатор керамічний	0,7	27	0,1	0,4	0,3
Конденсатор електrolітичний	3	10	0,15	0,5	0,7
Мікросхема	2	13	0,5	0,4	2,2
Транзистор	2,5	2	0,25	0,4	2
Двох-обмотувальний дросель	2	1	0,4	0,4	0,9
Діоди	3	7	0,3	0,5	1,9
Роз'єми	1	3	0,23	1	0,5

При відомому значенні сумарного потоку відмов можна визначити час напрацювання розроблюваного пристрою на відмову за формулою:

$$T_0 = \frac{1}{\omega}, \quad (4.2)$$

K_1 — поправковий коефіцієнт, який враховує електричне та теплове навантаження на елемент.

K_H — коефіцієнт електричного навантаження елемента.

За даними з таблиці 2.4. отримаємо наступне значення сумарного потоку відмов: $\omega = 2,63 \cdot 10^{-5} 1/\text{год}$

Знаючи потік відмов, можна розрахувати час напрацювання пристрою на відмову відповідно до формули (6.2):

$$T_0 = \frac{1}{2,55 \cdot 10^{-5}} \cong 37984 \text{ год}, \quad (4.3)$$

Отриманий результат становить 37984 годин. Дане значення цілком відповідає вимогам технічного завдання щодо терміну безвідмовної роботи пристрою. Для пристрою можна запропонувати термін гарантійної служби строком 4 роки.

										Арк.
										47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

PK51.403274.001.ПЗ

4.3 Розрахунок віброміцності друкованого вузла

Проведемо розрахунок віброміцності друкованого вузла, за визначеною методикою. Розрахунок частоти власних коливань друкованої плати. Вихідні данні:

- довжина плати $a=0.115\text{м}$;
- ширина плати $b=0.075\text{ м}$;
- товщина плати $h=2\cdot 10^{-3}\text{ м}$

Матеріал друкованої плати – двосторонній фольгований склотекстоліт FR- 4 з параметрами:

- модуль пружності $E=3,02\cdot 10^{10}\text{ Н/м}^2$
- щільність $\rho=1,8\cdot 10^3\text{ кг/м}^3$
- коефіцієнт Пуассона $\xi =0,22$

Маса встановлених на платі елементів $M= 0,1\text{ кг}$

Визначимо приведену масу друкованої плати:

$$m_n := \rho \cdot h = 3.6 \text{ кг/м}^2, \quad (4.4)$$

Визначимо приведену масу плати з деталями:

$$m_1 := m_n + \frac{M}{a \cdot b} = 14.711 \text{ кг/м}^2, \quad (4.5)$$

Розраховуємо циліндричну жорсткість:

$$D := \frac{E \cdot h^3}{12(1 - \xi^2)} = 22.418 \text{ Нм}, \quad (4.6)$$

Визначаємо значення функції для кріплення плати в чотирьох точках:

$$\varphi := \pi^2 \sqrt{\frac{1 + 1.621 \cdot \frac{\xi}{1.1} + \frac{1}{1.1^2}}{1 + 1.621 \cdot \frac{\xi}{1.1} + \frac{1}{1.1^6}}}, \quad (4.7)$$

									Арк.
									48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

критерій теплопровідності

матералу плати 0.3 Вт/м.К

Параметри тепловиділяючих елементів:

температура оточуючого середовища, град С

$T_{oc} = 20.0$

4.5 Розрахунок радіатора-пластини

На транзисторі IRFZ44N виділяється потужність 83Вт, через протікання максимального зарядного струму, тому його необхідно встановлювати на штирьовий алюмінієвий тепловідвід, який встановлюється зовні корпусу на його бічній стінці голками до неї, розмір не менше 35×20 мм.

					PK51.403274.001.ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Згідно із законом України «Про охорону праці» — це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності. Цей Закон визначає основні положення щодо реалізації конституційного права працівників на охорону їх життя і здоров'я у процесі трудової діяльності, на належні, безпечні і здорові умови праці, регулює за участю відповідних органів державної влади відносини між роботодавцем і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

В даному розділі розглянуті питання з охорони праці при розробці годинника — метеостанції. Визначено основні потенційно шкідливі та небезпечні фактори, що можуть трапитися під час розробки та виготовлення даного приладу. Запропоновано відповідні технічні рішення та організаційні заходи з безпеки, гігієни праці та виробничої санітарії, а також визначені основні заходи з пожежної безпеки та профілактики.

Питання які пов'язані з захистом користувачів спроектованого приладу від негативного впливу ультразвукового випромінювання в цьому розділі не розглядалися. В технічній частині дипломного проекту були враховані всі вимоги відповідно до ДСН 3.3.6.037-99.

5.1 Визначення основних потенційно шкідливих та небезпечних виробничих факторів

Небезпечними та шкідливими факторами є:

- можливість ураження електричним струмом;
- низька освітленість робочої зони;

										Арк.
										51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

PK51.403274.001.ПЗ

- невідповідність параметрів мікроклімату санітарним нормам та правилам;
- група психофізичних факторів: перевантаження фізичне та психологічне;
- можливість виникнення пожежі в робочих приміщеннях;
- підвищений рівень інфрачервоного (ІЧ) випромінювання;
- підвищений рівень шуму та вібрації на робочих місцях.

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

5.2.1 Безпека виконання робіт при проведенні технологічного процесу пайки.

Процес монтажу друкованих плат супроводжується забрудненням повітря в приміщенні парами аерозолію окису свинцю, олова та іншими елементами які входять до складу припою, а також парами різноманітних рідин, які використовуються в процесі пайки в виді флюсу та для його змиву. Находячись в запиленій атмосфері, робітники попадають під дію пилу і парів, шкідливі речовини осідають на шкіряному покриву, попадають на слизисту оболонку очей, верхніх шляхів дихання, разом з слиною попадають в шлунок, вдихаються в легені. Ступінь дії аерозолів залежить від хімічного складу, який визначається хімічним складом припою.

Виходячи з об'ємів випуску, запланованого на першому етапі виробництва спроектованого виробу, процес пайки виконується вручну.

В процесі монтажу друкованих плат розробленого пристрою використовується припій ПОС–61 ГОСТ 21931–76 (61% олова, 39% свинець), флюс — розчин соснової каніфолі в етиловому спирті (50% соснової каніфолі, 50% етилового спирту), розчинник флюсу — спирт етиловий. Пайка виконується паяльником потужністю 25 Вт та напругою 36 В.

					PK51.403274.001.P3	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

повинна бути на 0,2 м/с вищою ніж швидкість повітря в зоні пайки, але не меншою ніж 0,5 м/с.

Електричні паяльники в робочому стані повинні знаходитись в зоні дії місцевої витяжної вентиляції або в укритті.

На місцях пайки необхідно подавати повітря розосередженню, в верхню зону приміщення через плафони, перфоровані або щелеві потоки, перфоровані повітропроводи, панелі або інші пристрої. Швидкість повітря в робочій зоні монтажника повинна бути не менше 0,3 м/с.

В приміщеннях, де розміщуються місця пайки, застосовується приточно – витяжна вентиляція. Приток повітря повинен становити 95% від всмоктуючого повітря. Інші 5 % приточного повітря надходять із суміжних, більш чистих приміщень.

В якості місцевих відсосів використовують шарнірно – телескопічні відсоси прямокутної та округлої форми з гострими краями, встановлюваними в вертикальній поверхні столу. Розводка вентиляційної системи місцевих відсосів в приміщенні цеху показана на рис.5.1.

Кількість відсмоктаного повітря для прямокутних відсосів з гострими краями знаходиться за формулою:

$$L = (S + 7,7E^{0,63}X^{1,4})V_x, \quad (5.2)$$

де: S — площа відсмоктуючого отвору, m^2 ; E — більша сторона прямокутного відсмоктуючого отвору, $E = 0,14 \dots 0,28$ м; X — відстань від площини відсмоктуючого отвору до розглядаємої зони пайки, знаходиться з оптимального співвідношення між меншою стороною всмоктуючої щілини B прямокутного всмоктуючого отвору та більшою його стороною E , при котрому кількість відсмоктаного повітря буде мінімальним, як правило, приймається $X = 0,1 \dots 0,3$ м; V_x — швидкість повітря в робочому проїомі місцевого відсосу. Для ручної пайки $V_x > 0,5$ м/с.

										Арк.
										55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

PK51.403274.001.ПЗ

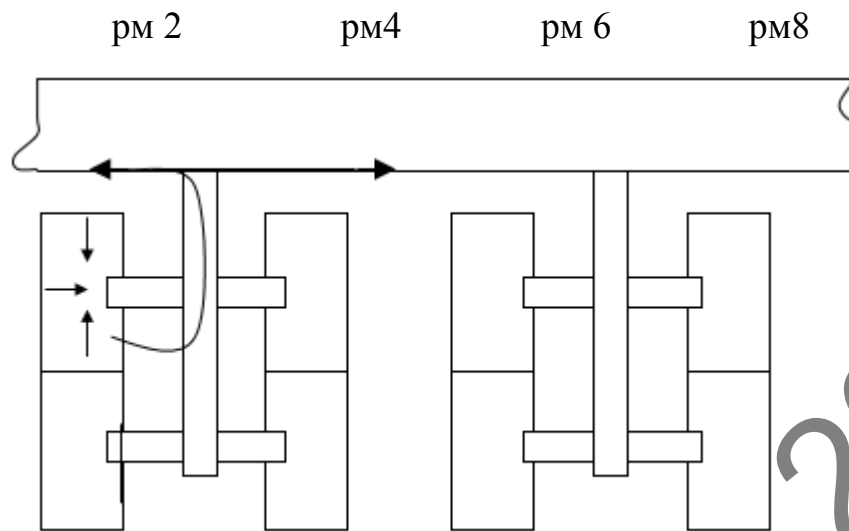


Рисунок 5.1 — Схема розміщення витяжної вентиляції

Горизонтальний розмір відсмоктуючого отвору необхідно обрати більшим, ніж більша сторона друкованої плати, обираємо $E = 270$ мм. Аналогічно треба обрати X — більше, ніж менша сторона друкованої плати, обираємо $X = 180$ мм. Знаходимо співвідношення $B / E = 0,21$. Відповідно $B = 0,21 \cdot 0,27 = 0,056$.

Площа всмоктуючого отвору знаходимо за формулою:

$$S = BE, \quad (5.3)$$

Площа всмоктуючого отвору дорівнює $0,015$ м².

Знайдемо кількість відсмоктуваного повітря для прямокутних відсосів з гострими кінцями:

$$L = 0,16 \text{ м}^3/\text{с}, \quad (5.4)$$

Знайдемо C_ϕ з урахуванням примусової місцевої вентиляції на робочих місцях:

$$C_\phi = \frac{0,6 \text{ унт} N}{V + LtN}, \quad (5.5)$$

де: $y = 0.02$ мг/100 пайок; $n = 5$ — кількість пайок за хвилину; $t = 8$ год — час зміни; $N = 2$ — кількість робочих місць; $V = 280$ м³ — об'єм приміщення; $L =$

											Арк.
											56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

PK51.403274.001.ПЗ

0,16 — кількість відсмоктуваного повітря; $N = 6$ — кількість місцевих відсосів у робочому приміщенні;

Підставимо ці значення і отримаємо $C_{\phi} = 0,00023 \text{ мг/м}^3$.

Результати свідчать про те, що концентрація аерозолу свинцю не перевищує гранично допустимої концентрації згідно з вимогами існуючих нормативних документів (ГОСТ12.1.005-88).

5.2.3 Електробезпека

Згідно правилам улаштування електроустановок (ПУЕ) науково-дослідницька лабораторія відноситься до приміщень без підвищеного ризику ураження електричним струмом. Електроустаткування належить до приладів до 1000 В. Устаткування, що використовується, відповідно до ДСТУ ІЕС 61140:2015 належить до устаткування I та II класів за електрозахистом. Запропонований виріб має III клас за електрозахистом (жив. 5 В).

У процесі експлуатації електронно-обчислювального обладнання людина може доторкнутися до частин електроустаткування, які перебувають під напругою. Оцінка небезпеки дотику до струмоведучих частин відноситься до визначення сили струму, що протікає через тіло людини і порівняння його із допустимим значенням відповідно до вимог стандартів. 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 блок живлення ПЕОМ, ВДТ ПЕОМ відповідно II і III класів за електрозахистом. Для правильного визначення необхідних засобів та заходів захисту від ураження електричним струмом необхідно знати допустимі значення напруг доторкання та струмів, що проходять через тіло людини.

Гранично допустимі значення напруги дотику для аварійного режиму роботи електроустановок регламентуються ПУЕ-2017 зображені на табл.5.2.

										Арк.
										57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

PK51.403274.001.ПЗ

Таблиця 5.2 — Гранично допустима напруга дотику

Тривалість дії, с	до 0,1	0,2	0,5	0,7	0,7	>1 с, до 5 с
Напруга дотику, В	500	400	200	130	100	65

Основними технічними засобами, що забезпечують безпеку робіт (згідно ПУЕ-2017) є: надійна ізоляція, захисне заземлення, занулення, захисне відключення, засоби індивідуального захисту. У системі трифазних мереж із глухо заземленою нейтраллю, яка використовується у науково-дослідницькій лабораторії, найкращими засобами захисту є: надійна ізоляція струмоведучих частин електроустаткування і занулення відповідно до ПУЕ (з'єднання елементів, що перебувають під напругою, із глухо заземленою нейтраллю).

5.2.4 Відповідність характеристик виробничого приміщення існуючим санітарним нормам

Дотримання санітарних норм дозволить створити сприятливі умови праці для працівників. Основні вимоги до таких приміщень викладені в діючих нормативних документах.

Висота виробничого приміщення повинна складати 4 м, довжина — 8 м, ширина — 6 м. Отже площа приміщення складає 48 м², об'єм складає 192 м³. Загальна кількість працюючих складає 5 чоловік, тому на працюючого припадає площа 9,6 м² та об'єм 38,4 м³. На одного працюючого в приміщенні повинно припадати площа не менше 4,5 м², об'єм не менше 15 м³, тому таке виробниче приміщення цілком відповідає вимогам.

В процесі розробки пристрою в лабораторії виконуються дослідницькі роботи, а також роботи з технічною документацією, макетами вимірювальних приладів, конструкторські роботи (розрахунок вимірювальних схем пристроїв, виготовлення креслень); практичні роботи (монтаж схем складених блоків

						Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

PK51.403274.001.ПЗ

апарату і їхня збірка, пайка друкованих плат, перевірка працездатності пристрою та основних його характеристик). Виконувані роботи не вимагають систематичного значного фізичного навантаження і відносяться до легких фізичних робіт з енерговитратами до 120 ккал/година.

5.2.5 Відповідність рівня освітленості робочих місць санітарним нормам

Загальне штучне освітлення забезпечується за допомогою світильників з лампами денного світла типу ЛТБ-40, потужністю 40 Вт, а індивідуальне за допомогою настільних світильників з лампами накаливання потужністю 60 Вт і напругою 36 В.

Основною величиною для розрахунку й нормування природного освітлення усередині приміщень прийнятий метод коефіцієнта використання світлового потоку, призначеного для розрахунку загального рівномірного освітлення горизонтальних поверхонь, при відсутності предметів, що затемнюють. При цьому в розрахунках враховується пряме та відбите світло. Необхідний світловий потік ламп у кожному світильнику визначається за формулою:

$$F_{л} = \frac{E_{\phi} k_z S z}{N n \eta}, \quad (5.6)$$

Фактичне висвітлення робочих місць штучним освітленням визначається за формулою:

$$E_{\phi} = \frac{N n \eta F_{л}}{z_k S z}, \quad (5.7)$$

де $F_{л}$ — світловий потік лампи, лм; N — кількість ламп, од; n — кількість ламп в світильнику, од; η — коефіцієнт використання світлового потоку; S — площа приміщення, м²; z_k — коефіцієнт запасу, обираємо $k = 1,5$; z — коефіцієнт нерівномірності, обираємо $z = 1,1$.

					PK51.403274.001.ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для визначення коефіцієнта використання світлового потоку визначаємо індекс приміщення та коефіцієнти відбиття стелі ρ_p , стін ρ_c , робочої поверхні ρ_r :

$$i = \frac{ab}{h_c(a+b)}, \quad (5.8)$$

де a — довжина приміщення, м; b — ширина приміщення, м; h_c — висота підвісу світильників над робочою поверхнею, м.

Коефіцієнт використання світлового потоку дорівнює 1,07. Коефіцієнт відбиття побіленої стелі $\rho_p = 0,7$, побілених стін при незавішених вікнах $\rho_c = 0,5$, середніх робочих поверхонь $\rho_r = 0,3$.

Виходячи з коефіцієнту обираємо коефіцієнти використання світлового потоку. За табличними даними отримуємо $\eta = 0,43$.

Знаючи тип ламп, а саме ЛТБ-40 (чотири лампи з розсіювачем), за табличними даними визначаємо номінальний світловий потік, лм. Отримуємо $F_l = 3120$ лм, тоді $E_f = 677,5$ лм.

Штучне освітлення в приміщеннях регламентується нормами ДБН В.2.5-28-2006. Для зорової роботи категорії 3в при загальному освітленні це 600 лм. У нашому випадку фактичне освітлення більше припустимих норм.

5.2.6 Відповідність параметрів мікроклімату робочої зони санітарним нормам

Для підвищення працездатності і збереження здоров'я людини важливо створити стабільні метеорологічні умови — мікроклімат повітряного середовища, до якого входять температура, відносна вологість, швидкість руху повітря та інтенсивність теплового опромінення. Мікроклімат виробничих приміщень — умови внутрішнього середовища цих приміщень, що впливають на тепловий обмін працюючих з оточенням шляхом конвекції,

										Арк.
										60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

PK51.403274.001.ПЗ

характеризується середньодобовою температурою зовнішнього середовища вище +10°C.

5.3 Пожежна безпека та профілактика

Згідно із ДСТУ Б.В.1.1-36:2016 приміщення, де виконуються електромонтажні роботи, по рівню вибухопожежної небезпеки належать до категорії В (пожежонебезпечні). В приміщенні знаходяться тверді горючі речовини, що не здатні переходити в зважений стан, тому робочі зони приміщення за пожежонебезпекою належать до класу П-ІІа згідно з ДНАОП 0.00.1.32.01.

Причиною виникнення пожежі може бути порушення ізоляції струмоведучих дротів, коротке замикання, паління в приміщенні і порушення правил експлуатації електроприладів.

На випадок виникнення пожежі повинна бути забезпечена можливість безпечної евакуації людей через евакуаційні виходи. Потрібна кількість виходів, ширина проходів та ступінь вогнестійкості будівлі повинна відповідати ДБН В.1.1-7-2016.

В будівлі присутні три евакуаційні виходи — фасад і два виходи з бокових сторін. Сходові клітки виконані з непальних матеріалів. Сходи мають природне бічне освітлення і штучне евакуаційне освітлення. Сходові площадки ширше коридорів. Усі співробітники ознайомлені з планом евакуації.

					PK51.403274.001.ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.5 Характеристики і норми евакуаційних виходів

Параметр	Фактичне значення	Норма
Висота дверних прорізів	2,0 м	Не менше 2 м
Ширина дверних прорізів	0,8 м	Не менше 0,8 м
Ширина проходу для евакуації	Більше 1,5 м	Не менше 1 м
Ширина коридору	2 м	Не менше 2 м
Число виходів з коридору	2	Не менше 2
Ширина сходового маршу	1,2 м	Не менше 1 м
Висота поруччя сходів	1 м	Не менше 0,9 м

Кількість, розташування та умови зберігання засобів для гасіння пожежі (вогнегасники, пожежні гідранти і т.п.) повинні відповідати вимогам ISO 3941-77 та ДСТУ 3675-98.

Для гасіння пожежі в робочому приміщенні (клас «Е» — наявність електрообладнання) використовуються вогнегасники ОП-1 — “Момент” (2 шт.). Додатково в коридорі розташовані вогнегасники ОХП-10. Також на сходовій клітці розташований пожежний кран. Така кількість первинних засобів пожежогасіння відповідає вимогам ISO 3941-77 та ДСТУ 3675-98, якими передбачене обов’язкова наявність двох вогнегасників до 100 м² площі підлоги для приміщення типу конструкторське бюро. Також в пожежний інвентар, що знаходиться на території об’єкту, входить:

- пожежне покривало розміром 2x2 м – 1 шт;
- гаки – 3 шт.;

										Арк.
										64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

PK51.403274.001.ПЗ

- лопати – 2 шт.;
- сокири – 2 шт.;
- ящик з піском не менше 0,1 м³ – 1 шт.

Передбачаються наступні заходи з метою забезпечення пожежної безпеки:

- постійний контроль стану засобів пожежогасіння;
- контроль за станом ізоляції струмоведучих дротів;
- заборона паління в приміщенні;
- неприпустимість перевантажень, перегріву при роботі обладнання;
- заборона експлуатації обладнання з саморобними запобіжниками;
- неприпустимість знаходження в приміщенні горючих та вибухонебезпечних речовин;
- встановлення пожежних сповіщувачів потрібного типу, які зможуть захистити увесь виробничий простір.

В робочих приміщеннях виконані всі вимоги з пожежної безпеки відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2004.

Павленко К.О. РК-51, 2019

					РК51.403274.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

ВИСНОВКИ

В результаті виконання дипломного проекту було розроблено годинник—метеостанцію.

Його основне призначення — вимір та відображення на екрані температури, вологості, тиску у приміщенні та є можливість підключення зовнішнього датчика по локальній радіомережі для виміру за межами приміщення.

Розроблено конструкцію корпусу, розмірами (46 x 190 x 100) мм, в якому передбачені кріплення для плати. Пристрій живиться від зовнішнього джерела постійної напруги 7В – 9В. Пристрій зібрано з широкодоступних деталей.

Проведено розрахунки міцності, теплостійкості та часу напрацювання на відмову пристрою що становить 37984 год.

Таким чином поставлена в технічному завданні задача відповідає вимогам і успішно виконана.

					PK51.403274.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Мехатроніка.—[Електронний ресурс] — Режим доступу <http://uk.wikipedia.org> — назва з екрану.
2. Пирогова Е. В. Проектирование и технология печатных плат. — М.: ФОРУМ: ИНФА-М, 2005.
3. Методичні вказівки до курсового та дипломного проектування. Методи розрахунку елементів конструкцій радіоелектронних засобів на статичну, вібраційну, ударну міцність та витривалість / Укл. : Б.М. Уваров. - Київ: КПІ, 1998.
4. Фізико-теоретичні основи конструювання електронних апаратів [Електронний ресурс]: Методичні рекомендації до розрахункових та контрольних робіт для студентів напряму підготовки 06050902 «Радіоелектронні апарати». Уклад. : С. М. Перегудов, М. В. Зінченко - К.: НТУУ «КПІ», 2012.-56с.
5. Resistor`s datasheet. [Електронний ресурс] — Режим доступу http://www.rcscomponents.kiev.ua/datasheets/RC_series.pdf — назва з екрану.
6. Capacitor`s datasheet . [Електронний ресурс] — Режим доступу <http://www.rcscomponents.kiev.ua/datasheets/NPO.pdf> — назва з екрану.
7. Методичні вказівки до практичних занять з курсу "Елементна база радіоелектронних апаратів». Коваль А. В., Колпаков О. А., Київ, КПІ, 1993.

					PK51.403274.001.ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

До додатків виносяться:

Додаток А Технічне завдання;

Додаток Б Конструкторська документація;

Павленко К.О. РК-51, 2019

					РК51.403274.001.ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		