

Міністерство освіти і науки України  
Національний Технічний Університет України «КПІ»  
Факультет електроніки  
Кафедра конструювання електронно-обчислювальної апаратури

**Курсовий проект**

з курсу: «Конструювання та технологія виробництва РЕА-2»

тема: «Годинник – будильник з термометром»

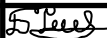
Керівник Лисенко О.І.  
Допущено до захисту  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.  
Захищено з оцінкою

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Виконав Рудюк Б.Б.  
студент 3 курсу  
групи ДК-82  
залікова книжка  
№ ДК - \_\_\_\_\_

## Зміст:

Вступ.....	2
1. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ НА ПРОЕКТУВАННЯ.....	3
2. ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДО ПРИСТРОЮ.....	5
3. ВИБІР МАТЕРІАЛУ.....	6
4. СТРУКТУРА ТА ПРИНЦИП ДІЇ ВИРОБУ.....	8
5. РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ТА НАДІЙНІСТЬ КОНСТРУКЦІЇ.....	10
5.1 Розрахунок віброміцності.....	10
5.2 Розрахунок надійності.....	16
5.3 Розрахунок теплового режиму.....	19
5.4 Розрахунок різьбовихкріплень.....	20
ВИСНОВКИ.....	21
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	23

					<i>ДК82.463421.001 ПЗ</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Рудяк Б.Б.		12.2020	Годинник – будильник з термометром Пояснювальна записка		
Перевір.		Лисенко О.І.					
Реценз.							
Н. Контр.		Лисенко О.І.					
Затверд.		Лисенко О.І.					
					Літ.	Арк.	Акрушів
					0	1	24
					НТУУ «КПІ», ФЕЛ гр.ДК-82		

## ВСТУП

“Можливо все, неможливе просто потребує більше часу.”

Д. Г. Браун

На сьогоднішній день, проблема управління часом, гостро стала в житті кожного з нас. Завжди потрібно знати котра година, щоб не запізнитися на зустріч, або гучний будильник, щоб не проспати лекцію. Саме тому було вирішено розробити надійний годинник-будильник, який стане невід’ємною частиною повсякденного життя. Також, прекрасним доповнення даного будильника є датчик температури, який буде інформувати користувача про температуру приміщення, в якому він знаходиться.

Головна задача спроектувати пристрій, та підготувати необхідну до нього документацію. Прилад повинен бути зручним у користуванні, бути стійким до падінь, та мати мінімалістичний вигляд.

В ході курсового проекту вирішуються такі завдання:

- Проводиться розробка технічного завдання з точки зору конструктора РЕА;
- вибір матеріалу проектованого виробу;
- проводиться вибір базової несучої конструкції;
- проводяться розрахунки що підтверджують працездатність, та надійність приладу;
- аналізується тепловий режим;
- оцінюється вібростійкість;
- розробляється комплект конструкторської документації.

					ДК82.463421.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		2

# 1. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ НА ПРОЕКТУВАННЯ

## 1. Основа для виконання:

Найменування: “Годинник – будильник з термометром”.

Підстави для розробки: навчальна програма ФЕЛ НТУУ “КПІ”.

Виконавець: студент ФЕЛ НТУУ “КПІ” групи ДК-82 Рудюк Богдан.

## 2. Склад та вимоги до конструкції пристрій:

2.1 Пристрій призначений для роботи в домашніх умовах.

2.2 Маса не повинна перевищувати 0,5 кг.

2.3 Розробка має забезпечити зручність і простоту у використанні.

2.4 Можливість автономної роботи.

## 3. Показники використання:

3.1 Кліматичне виконання – УХЛ 4.2. (діапазон температур від +40°C до +1°C), при відносній вологості 80 %, (С) ГОСТ 15152-69.

3.2 Нормальний режим роботи приладу забезпечується від напруги живлення 5В.

3.3 Клас захисту від ураження струмом 0.

## 4. Побудова пристрою повинна забезпечувати:

4.1 Зручність у використанні;

4.2 Зручність експлуатації;

4.3 Ремонтопридатність.

## 5. Вимоги до деталей та матеріалів:

5.1 Корпус повинен виготовлятися з пластичних матеріалів. Елементи, які використовуються при виготовленні приладу повинні забезпечити гарантійний строк експлуатації не менше одного року.

					ДК82.463421.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		3

## **6. Вимоги до транспортування та зберігання.**

6.1 Прилад повинен витримувати вимоги транспортування та зберігання, які встановлені для електропобутової апаратури:

1) умови транспортування середні (С) ГОСТ 23216-78;

2) зберігання у відповідності з умовами УХЛ 4.2.(С) ГОСТ 15152-69 (у критих приміщеннях з регулювання кліматичних умов).

## **7. Економічні показники:**

7.1 При розробці економічні показники не враховуються.

## **8. Спеціальні умови:**

8.1 Не передбачені.

## **9. Вимоги до маркування та упаковки:**

9.1 Не передбачені.

## **10. Проект повинен містити в собі документи**

10.1 Пояснювальну записку;

10.2 Схему електричну принципову годинника – будильника з термометром А3;

10.3 Перелік елементів до схеми електричної принципової;

10.4 Складальне креслення плати А3;

10.5 Складальне креслення приладу А3;

10.6 Креслення корпусу А3;

10.7 Креслення кришки А3;

10.8 Специфікацію на плату;

10.9 Специфікацію на прилад;

					<i>ДК82.463421.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		4

## 2. ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДО ПРИСТРОЮ

Вимоги до приладу формуються з урахуванням практичності, надійності при бережливому ставленні, відсутності впливу високих температур і вологості. Також виріб повинен легко розбиратись, з огляду на можливість ремонту пристрою. Прилад повинен мати наступні характеристики.

- 1) витримувати тиск на верхню і нижню кришку (стискання руками людини) 20 Ньютон;
- 2) витримувати тиск на бокові поверхні 15 Ньютон;
- 3) мати достатню вібростійкість для перевезення у всіх видах транспорту;
- 4) кришка для проникнення всередину повинна мати різьбове кріплення;
- 5) запас надійності прийняти 1.2;

					ДК82.463421.001 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

### 3. ВИБІР МАТЕРІАЛУ

Вибір матеріалу розроблюваної конструкції проводиться згідно вимог, викладених у технічному завданні. Тому матеріали, що використовуються для виготовлення, мають володіти достатньою жорсткістю та міцністю, мати оптимальну ціну відповідну якості, а також зберігати свої фізико-хімічні властивості в процесі експлуатації.

З точки зору матеріалів, що використовуються для виготовлення корпусів для РЕА, всі вироби можна розділити на 3 групи: сталеві, алюмінієві та неметалеві. Було віддано перевагу неметалевим матеріалам, які порівняно з попередніми легші та дешевші, а також більшість з них є діелектриками.

Із неметалічних матеріалів для корпусів РЕА розглянемо пластик АБС – 2020. Цей пластик володіє доброю еластичністю та ударостійкістю. З економічної точки зору цей пластик дешевший у порівнянні, наприклад, з поліестером, оскільки він більш простий в обробці. Саме завдяки своїм механічним, термічним та фізичним властивостям використання даного матеріалу для нас є найбільш доцільним. Також АБС пластик є дуже поширеним, тому він легкодоступний. І ще однією перевагою даного матеріалу є те, що на відміну від металічних корпусів, ці корпуси не потребують покриття.

В таблиці 1 наведені деякі фізичні характеристики обраного матеріалу.

Таблиця 1. Механічні, фізичні та температурні властивості пластику АБС – 2020.

1	Густина, кг/м <sup>3</sup>	1040
2	Масова частка води, %, не більше	0,28
3	Ударна в'язкість по Ізоду на зразках з надрізом, кДж/м <sup>2</sup> , не менше	25-29 20-25

	при 23°C	10,0-20,0
	при 0°C	
	при -20°C	
4	Межа текучості при розтязі, МПа	38,0-39,0
5	Відносне видовження при розриві, %	22-27
6	Температура розм'якшення по Вика, °C	97-100
7	Температура розм'якшення при вигині, °C	100-101
8	Коефіцієнт лінійного розширення, °C-1	8,0-105
9	Твердість по Роквеллу (шкала R)	110-115
10	Модуль пружності при статичному вигині, МПа	1570-1760
11	Електрична міцність, Мв/м	12-15
12	Міцність при стисненні, МПа	46-80
13	Міцність при вигині, МПа	50-80



#### 4. СТРУКТУРА ТА ПРИНЦИП ДІЇ ВИРОБУ

Функції годинника, в представленому пристрої, виконує мікросхема DS1307. Резервне живлення відбувається від літієвого елемента дозволяючи не переривати рахунок часу при відключенні основного джерела живлення. Відпадає необхідність щоразу встановлювати час заново. Струм, споживаний мікросхемою DS1307, можна порівняти зі струмом саморозряду елемента, тому він не потребує заміни протягом декількох років. Заданий час спрацьовування будильника зберігається в енергонезалежній пам'яті мікроконтролера. Один раз в хвилину, на індикатор, протягом трьох секунд, виводиться значення температури в приміщенні. На початку кожної години подається звуковий сигнал.

Мікроконтролер DD3 (PIC16F84A) ініціалізує DD2 (DS1307), читає і при необхідності корегує поточний час. Аналогічні операції він виконує з датчиком температури BK1 (DS1621). Обидві мікросхеми пов'язані з мікроконтролером по шині I2C. Крім цього, він управляє динамічною індикацією. При включенні живлення мікроконтролер, крім інших необхідних операцій, переносить в оперативну пам'ять з енергонезалежної, збережене значення часу спрацьовування будильника. Динамічна індикація організована таким чином. Мікроконтролер завантажує послідовним кодом в регістр зсуву DD1 інформацію для виведення на індикатор HG1, потім на певний час включає цей індикатор, відкриваючи транзистор VT1. Такі ж операції по черзі виконуються з індикаторами HG2 - HG4. У циклі індикації відбувається і опитування стану кнопок SB1 - SB6. Виявивши низький рівень на своєму вході RA0 - RA1, що сигналізує про нажату кнопку, PIC16F84A виконує підпрограму обробки натиснення. Призначення кнопок наступне:

- 1) SB1 – включає і вимикає звуковий сигнал, що подається на початку кожної години. Коли сигнал вимкнений, включена точка на індикаторі HG4.

					ДК82.463421.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		8

- 2) SB2 - після першого натискання на кнопку починають блимати індикатори HG3 і HG4 (розряди хвилин). У цьому стані за допомогою кнопок SB4 і SB6 можна збільшувати або зменшувати значення в цих розрядах. Такі ж операції з розрядами годин (індикатори HG1 і HG2) виконують після другого натискання на кнопку SB2. Третім натисканням на неї записують оновлене значення поточного часу в DS1307 і повертають годинник в робочий режим.
- 3) SB3 - вмикає і вимикає сигнал будильника і світлодіод HL1, який починає блимати в такт з світлодіодом HL2. Протягом трьох секунд після натискання на кнопку SB3 на індикатори виводиться заданий час спрацьовування будильника.
- 4) SB4 - збільшує виведене на індикатор значення.
- 5) SB5 - після першого натискання на цю кнопку, на індикатори виводиться заданий час спрацьовування будильника. Після подальших натискань заданий час можна змінювати, аналогічно установці поточного часу. Після четвертого натиснення інформація про час спрацьовування заноситься в енергонезалежну пам'ять мікроконтролера і годинник повертається в робочий режим.
- 6) SB6 - зменшує виведене на індикатор значення.

## 5. РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ТА НАДІЙНІСТЬ КОНСТРУКЦІЇ

Експлуатаційна надійність елементної бази визначається правильним вибором типу елементів при проектуванні і використанні в режимах, які не перевищують допустимі. Слід зазначити, що розглядається допустимий режим роботи, але при цьому накладаються обмеження в залежності від факторів, які впливають лише з точки зору сталої роботи, не торкаючись схемотехніки та впливу параметрів описуваних елементів на інші елементи. Для проведення розрахунків візьмемо друковану плату зі склотекстоліту для нашого пристрою, корпус якого розроблюється в даному курсовому проекті.

### 5.1 Розрахунок віброміцності друкованої плати

Визначаємо віброміцність друкованої плати: годинника – будильника з термометром з склотекстоліту СТЕФ-1. Коефіцієнт перевантаження  $n = 8$ , частота вібрацій 60Гц. Параметри склотекстоліту: тимчасовий опір  $\sigma_T = 105$  МПа, модуль Юнга  $E = 3,2 \cdot 10^{10}$  Па, коефіцієнт Пуассона  $\mu = 0,22$ , показник затухання  $\varepsilon = 0,06$ , питома щільність  $2,05 \cdot 10^4$  Н/м<sup>3</sup>, коефіцієнт запасу міцності  $n_1 = 2$ .

Таблиця 2. Маса елементів друкованої плати реле захисного відключення.

Елемент	Позначення	Кількість	Маса, г
C1, C2, C4	K50-35-16	3	12
C3, C5, C6	K73-17	3	1,5
C7, C8	K10-17Б	2	0,24
DD1	74НС164	1	3
DD2	DS1307	1	1

Продовження таблиці 2.

DD3	PIC16F84A	1	2,2
G1	CR2032	1	6
HA1	1205FXP	1	2
HG1-HG4	FYS-10012BUG	4	20
HL1, HL2	L-34GD	1	0,7
L1	ДПИ-0.6	1	3
R1	C2-33, 1 кОм	1	0,1
R2-R9	C2-33, 160 Ом	8	0,4
R10, R11	C2-33, 3 кОм	2	0,24
R12-R15	C2-33, 1 кОм	4	0,4
R16, R17	C2-33, 510 Ом	2	0,14
R18-R22	C2-33, 1 кОм	5	0,5
VT1, VT2	КТ361Б	1	0,6
VT3	КТ315Б	1	0,2
VT4, VT5	КТ361Б	1	0,6
SB1-SB6	TS-A3PG-130	4	7,2
ZQ1	DT-38	1	0,8
ZQ2	HC-49S	1	1

Таблиця 3. Параметри друкованої плати годинника – будильника з термометром.

<b>a1, мм</b>	<b>b1, мм</b>	<b>d1, мм</b>	<b>ρ, г/см<sup>3</sup></b>	<b>M1 плати, г</b>
198	75	1,5	1,9	45,66

Варіанти закріплення друкованих плат:

Спирання на 4 сторони



$$\alpha = \pi^2 \cdot \left(1 + \frac{a^2}{b^2}\right)$$

Спирання на 3 сторони



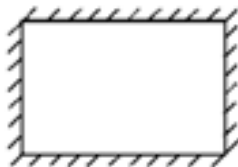
$$\alpha = \pi^2 \cdot \sqrt{0,43 \cdot \frac{a^2}{b^2} + \frac{a^4}{b^4}}$$

Спирання на 3 сторони



$$\alpha = \pi^2 \cdot \sqrt{1 + 0,43 \cdot \frac{a^2}{b^2}}$$

Жорстке закріплення по 4 сторонам



$$\alpha = 22,37 \cdot \sqrt{1 + 0,61 \cdot \frac{a^2}{b^2} + \frac{a^4}{b^4}}$$

Обраний тип закріплення – опирання на 4 сторони.

### Розрахунки:

При розрахунку до уваги не бралась вага паяних з'єднань.

#### 5.1.1 Визначення маси друкованої плати і елементів:

$$m_n = a \cdot b \cdot d \cdot \rho = 0,198 \cdot 0,075 \cdot 0,015 \cdot 1,9 = 45,66 \text{ (г)}$$

$$m_e = 63,46 \text{ (г)}$$

### 5.1.2 Визначення коефіцієнта $K_B$ :

$$K_B = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{m_e}{m_{\Pi}}}} \quad (5.1)$$

$$K_B = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{63,46}{45,66}}} = 0,65$$

### 5.1.3 Визначення коефіцієнта $\alpha$ , враховуючи вибраний тип закріплення:

$$\alpha = \pi^2 \cdot \left(1 + \frac{a^2}{b^2}\right) = \pi^2 \cdot \left(1 + \frac{0,198^2}{0,075^2}\right) = 75,58 \quad (5.2)$$

### 5.1.4 Визначення циліндричної жорсткості $D$ :

$$D = \frac{E \cdot \delta^3}{12 \cdot (1 - \mu^2)} \quad (5.3)$$

$$D = \frac{3,2 \cdot 10^{10} \cdot 0,0015^3}{12 \cdot (1 - 0,22^2)} = 9,46 \text{ (Н} \cdot \text{м)}$$

### 5.1.5 Визначення власної частоти коливань друкованої плати:

$$f_{\text{в}} = \frac{K_B \cdot \alpha}{2 \cdot \pi \cdot a^2} \cdot \sqrt{\frac{D \cdot g}{v \cdot \delta}} \quad (5.4)$$

$$f_{\text{в}} = \frac{0,65 \cdot 75,58}{2 \cdot \pi \cdot 0,198^2} \cdot \sqrt{\frac{9,46 \cdot 9,81}{2,05 \cdot 10^4 \cdot 0,0015}} \approx 359 \text{ (Гц)}$$

Як видно з практики, якщо власна частота коливань друкованої плати  $f_{\text{в}} > 250$  Гц, то конструкція абсолютно жорстка.

### 5.1.6 Амплітуда коливань на власній частоті:

$$A = \frac{0,25 * n}{f_{\epsilon}} \quad (5.5)$$

$$A = \frac{0,25 \cdot 8}{359} = 0,0056 \text{ (мм)}$$

### 5.1.7 Коефіцієнт динамічності (в скільки разів амплітуда на вимушених коливаннях відрізняється від амплітуди на власній частоті коливань):

$$K_{\delta} = \frac{1}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{f}{f_{\epsilon}}\right)^2\right]^2 + \left(\frac{f}{f_{\epsilon}}\right)^2 * \epsilon^2}} \quad (5.6)$$

$$K_{\delta} = \frac{1}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{60}{359}\right)^2\right]^2 + \left(\frac{60 * 0,06}{359}\right)^2}} \approx 1,0287$$

### 5.1.8 Визначаємо динамічний прогин:

$$W = K_{\delta} * A \quad (5.7)$$

$$W = 1,0287 \cdot 0,0056 \approx 0,0057 \text{ (мм)}$$

### 5.1.9 Визначаємо еквівалент цьому прогину, при рівномірно розподіленому динамічному навантаженні:

$$c_1 = 0,00406 + 0,018 \cdot \lg\left(\frac{a}{b}\right) = 0,00406 + 0,018 \cdot \lg\left(\frac{198}{75}\right) \approx 0,0116 \quad (5.8)$$

					ДК82.463421.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		14

$$P_D = \frac{W \cdot D}{c_1 \cdot b^4} \quad (5.9)$$

$$P_D = \frac{W \cdot D}{c_1 \cdot b^4} = \frac{0,0057 \cdot 10^{-3} \cdot 9,46}{0,00116 \cdot (0,075)^4} \approx 147 \text{ (H/м}^2\text{)}$$

#### 5.1.10 Визначаємо максимальний розподілений прогибний момент:

$$c_2 = 0,0479 + 0,18 \cdot \lg\left(\frac{a}{b}\right) = 0,0479 + 0,18 \cdot \lg\left(\frac{120}{65}\right) \approx 0,124 \quad (5.10)$$

$$M_{max} = c_2 \cdot P_D \cdot b^2 = 0,124 \cdot 147 \cdot 0,075^2 = 0,0102 \text{ (H)} \quad (5.11)$$

#### 5.1.11 Визначаємо допустиме напруження для матеріалу друкованої плати:

$$[\sigma] = \frac{\sigma}{n_1} \quad (5.12)$$

де  $n_1$  – коефіцієнт запасу міцності.

$$[\sigma] = \frac{105}{2} = 52,5 \text{ (МПа)}$$

#### 5.1.12 Перевіряємо умову віброміцності:

$$\sigma_{max} = \frac{6 \cdot M_{max}}{10^6 \cdot \delta^2} \ll [\sigma] \quad (5.13)$$

$$\sigma_{max} = \frac{6 \cdot 0,0102}{10^6 \cdot 0,0015^2} = 0,27 \ll [\sigma]$$

Динамічний прогин не перевищує  $\frac{1}{5} \delta$  і умова віброміцності виконується.

Формули та методика розрахунку описані в джерелі [4]. Дані для розрахунку узяті з довідкових даних.



## 5.2 Розрахунок надійності

Формули та методика розрахунку описані в джерелі [4]. Дані для розрахунку узяті з довідкових даних.

Надійність - це здатність системи зберігати працездатність при дії дестабілізуючих факторів. При розрахунку були використані наступні припущення:

- Відмови системи є випадковими незалежними подіями;
- Параметричні відмови не враховуються;
- Вірогідність відмови росте з часом по експотенційному закону;
- Розрахунок проводиться лише для корпусу і електроніки (друкована плата і елементи).

Коефіцієнти навантаження вказані в таблиці. Інтенсивності відмов, відразу приведені в таблиці 4, рахуються як добуток коефіцієнту надійності і інтенсивності відмови базового елемента.

Таблиця 4. Коефіцієнти навантаження, інтенсивності відмов годинника-будильника з термометром.

N п/п	Найменування елементів	$\lambda_i$ $10^{-6}$ , 1/год	К-сть елементів у схемі	$\Sigma\lambda_i$ $10^{-6}$ , 1/год	Кн	$\lambda_i^*$ $10^{-6}$ , 1/год
1	Резистори	0,07	12	0,84	0,6	0,5
2	Конденсатори електролітичні	0,2	3	0,6	0,5	0,3
3	Конденсатори керамічні	0,14	5	0,7	0,5	0,35
4	Дросель	0,34	1	0,3	1	0,3
5	Транзистори біполярні	0,5	5	2,5	0,4	1
6	Мікросхеми аналогові	0,03	1	0,03	0,3	0,009
7	Мікросхеми цифрові	0,015	3	0,045	0,8	0,036
8	Кварцеві резонатори	0,05	2	0,1	1	0,1
9	Цифрові індикатори	0,62	4	2,48	1	2,48

10	Світлодіоди	0,034	2	0,068	0,9	0,0612
11	Тактові кнопки	0,16	6	0,96	1	0,96
12	Звуковипромінювачі	0,5	1	0,5	1	0,5
13	Роз'єм	0,1	1	0,1	1	0,1
14	Друкована плата	0,3	1	0,3	1	0,3
15	Пайка ПОС-40	0,04	80	3,2	1	3,2
16	Друкована плата	0,3	1	0,3	1	0,3
17	Несуча конструкція (корпус)	0,165	1	0,165	1	0,165

### 5.2.1 Розраховуємо інтенсивність відмов:

$$\lambda = \sum \lambda_i^* = 10,6612 \cdot 10^{-6} \quad (5.14)$$

де  $\lambda_i^*$  - інтенсивність відмови на певному елементі чи вузлі, розраховується за формулою:

$$\lambda_i^* = \lambda_i \cdot K_H \quad (5.15)$$

де  $K_H$  – коефіцієнт навантаження. Поправочні коефіцієнти при розрахунку не враховувались, прийmemo їх за одиницю.

### 5.2.2 Розраховуємо час напрацювання на відмови:

$$T = 1/\lambda = \frac{1}{10,6612 \cdot 10^{-6}} \approx 93798 \text{ годин} \quad (5.16)$$

### 5.2.3 Розраховуємо час, за який не відбудеться збоїв з вірогідністю 99%:

$$t = -\frac{\ln P(t)}{\lambda} = -\frac{\ln 0,99}{10,6612 \cdot 10^{-6}} \approx 942 \text{ години} \approx 39 \text{ днів} \quad (5.17)$$

### 5.2.4 Розрахунок вірогідності відмови проводиться за формулою:

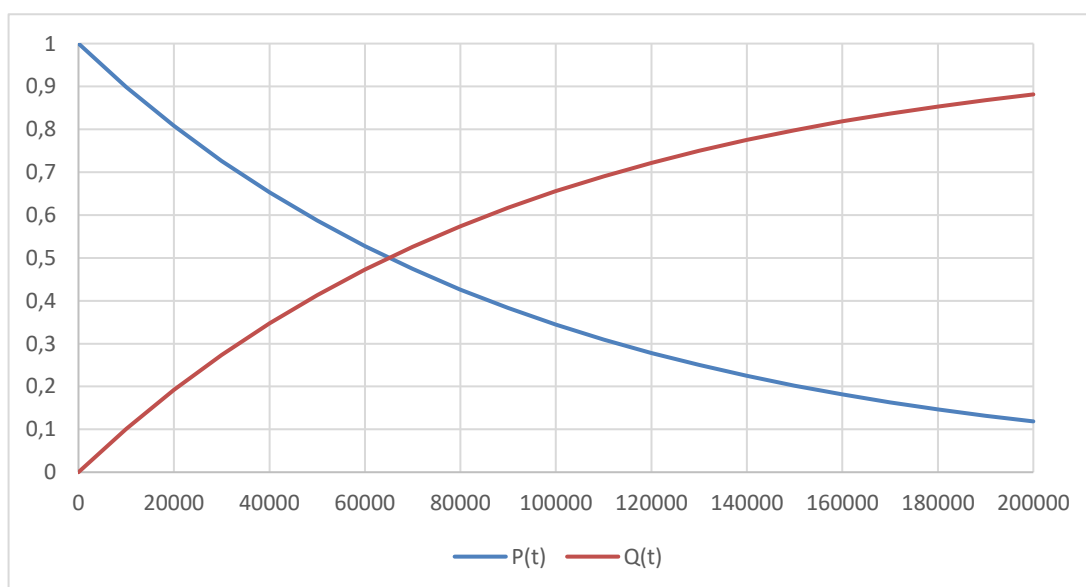
$$Q(t) = 1 - P(t) \quad (5.18)$$

Знайдемо перетин графіків  $P(t) = Q(t)$ :

$$0,5 = \exp(-10,6612 \cdot 10^{-6} \cdot t) \Rightarrow t \approx 65015 \text{ годин} \approx 2708 \text{ доби}$$

Таблиця 5. Надійність приладу в залежності від тривалої безперервної експлуатації (год).

t, год	P(t)	Q(t)
0	1	0
1	0,999989	1,07E-05
10000	0,898874	0,101126
20000	0,807975	0,192025
30000	0,726268	0,273732
40000	0,652824	0,347176
50000	0,586807	0,413193
60000	0,527465	0,472535
70000	0,474125	0,525875
80000	0,426179	0,573821
90000	0,383081	0,616919
100000	0,344342	0,655658
110000	0,30952	0,69048
120000	0,27822	0,72178
130000	0,250085	0,749915
140000	0,224795	0,775205
150000	0,202062	0,797938
160000	0,181628	0,818372
170000	0,163261	0,836739
180000	0,146751	0,853249
190000	0,131911	0,868089
200000	0,118571	0,881429



Графік 1. Залежності  $P(t)$  і  $Q(t)$ .

### 5.3 Розрахунок теплового режиму

Формули та методика розрахунку описані в джерелі [5]. Дані для розрахунку узяті зі специфікації на використовуваний транзистор [7].

В даному розділі буде зроблений розрахунок теплового режиму транзистора, який використовується в даному приладі. Для цієї цілі був обраний транзистор КТ361Б, який має такі характеристики:

- Максимальна температура кристалу  $120^{\circ}\text{C}$
- Температурний опір кристал-середовище  $500^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$
- Постійний струм на колекторі  $50\text{mA}$
- Напруга на транзисторі в режимі насичення  $0,3\text{В}$

В загальному випадку температурний опір між кристалом і середовищем знаходиться по формулі:

$$R_{KC} = R_{KK} + R_{КОР.СЕР} \quad (5.19)$$

де  $R_{KC}$ ,  $R_{KK}$ ,  $R_{КОР.СЕР}$  – теплові опори між кристалом і середовищем, кристалом і корпусом, корпусом і середовищем.

Потужність, яка виділяється на кристалі:

$$P = I \cdot U = 50 \cdot 10^{-3} \cdot 0,3 = 0,015 \text{ (Вт)} \quad (5.20)$$

де  $I$  – струм колектора,  $U$  – напруга на транзисторі в режимі насичення.

$$\Delta T = P \cdot R_{KC} = 0,015 \cdot 500 = 7,5 (^{\circ}\text{C}) \quad (5.21)$$

Тобто, навіть якщо температура навколишнього середовища підніметься до позначки в  $60\text{--}70^{\circ}\text{C}$ , то транзистор працюватиме.

## 5.4 Розрахунок різьбових кріплень

В даному пункті відбудеться розрахунок різьбового з'єднання плати з рештою конструкції.

Клас жорсткості 5,6 марка сталі – 35, розтягуюче зусилля  $N = 10$  Н. Зовнішній діаметр різьби – 3 мм, внутрішній – 2,367 мм, крок різьби – 0,5 мм.

Формули та методика розрахунку описані в джерелі [12].

Межа текучості для гвинтів класу жорсткості 5,6:

$$\sigma_T = 300 \text{ МПа}$$

Допустима напруженість для гвинтів класу жорсткості 5,6 при постійному навантаженні:

$$[\sigma_p] \approx 0,25\sigma_T = 0,25 \cdot 300 = 75 \text{ (МПа)} \quad (5.22)$$

Розраховуємо напруженість, яка виникає при навантаженні:

$$\sigma_p = \frac{4N}{\pi d_1^2} \quad (5.23)$$

$$\sigma_p = \frac{4 \cdot 10}{3,14 \cdot 2,367^2} = 2,27 \text{ (МПа)}$$

Розраховуємо запас міцності при дії сили на розтяг:

$$\eta_p = \frac{[\sigma_p]}{\sigma_p} = 33 \quad (5.24)$$

Момент на ключі затяжки:

$$M_{кв} \approx (0,04 \div 0,07)\sigma_T d_1^3 = 0,5 \cdot 300 \cdot 2,367^3 = 0,159 \text{ (Н} \cdot \text{м)} \quad (5.25)$$

Судячи з запасу 33 рази, можна подумати, що потрібно взяти менший гвинт, але зменшення гвинта призведе до здороження корпусу і незручності при збиранні і розбиранні корпусу через наявність дрібних деталей.

## ВИСНОВКИ

В процесі курсового проекту було спроектовано конструкцію корпусу для годинника – будильника з термометром.

Система складається з самого корпусу, кришки до нього, що фіксується за допомогою чотирьох гвинтів та плати всередині корпусу, яка в свою чергу кріпиться до нього за допомогою чотирьох гвинтів. На кришці спеціально зроблено отвори для керуючих кнопок, які розташовані на платі. Користувач за допомогою них може встановлювати будильник або значення часу годинника. На корпусі знаходиться датчик температури. У корпусі наявний роз'єм для живлення, використовуючи блок живлення 220В/5В, прилад можна живити від мережі. Також наявне автономне живлення приладу. Всі елементи конструкції корпусу є оригінальні – виплавлені з пластмаси, а гвинти та розміри плати вибрані згідно ГОСТ.

Ніяких унікальних властивостей корпус немає, проте економічну вигоду може принести. Головна перевага корпусу – простота, можливість повного розбору, ремонтоздатність, наявність вільного місця всередині.

Для перевірки працездатності системи в ході розробки курсового проекту було виконано деякі розрахунки плати, а саме: розрахунок віброміцності, надійності, теплового режиму та різьбових кріплень.

В результаті розрахунку віброміцності було встановлено власну частоту коливань друкованої плати – 359 (Гц). Ці дані означають, що друкована плата абсолютно жорстка. Також розраховали динамічний прогин плати, який склав 0,0057 (мм). Оскільки це значення є меншими, ніж 1/5 товщини (1,5 (мм)), то умова віброміцності виконується.

					ДК82.463421.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		21

Розрахунки надійності показали, що час напрацювання до відмови – 93798 годин, що приблизно дорівнює 10 років. Чудовий результат для годинника.

Розрахунок теплового режиму проводився для транзистора КБЗ61Б. Під час розрахунків бралися до уваги характеристики транзистора, такі як температурний опір кристал-середовище, максимальна температура кристала, постійний струм на колекторі та напруга на транзисторі в режимі насичення. Розрахунки довели, що при нормальній роботі транзистор зможе розсіювати всю потужність без додаткового радіатора. Враховуючи обмеження діапазону робочих температур у технічному завданні ( $+1^{\circ}\text{C}..+40^{\circ}\text{C}$ ), транзистор ніколи не нагріється до температури близької до максимальної температури кристалу.

Всі зроблені розрахунки підтверджують працездатність пристрою. Під час проектування не було порушено жодного пункту технічного завдання. В майбутніх версіях пристрою, можливо замінити всі електронні компоненти на smd аналоги, що приведе до зменшення габаритних розмірів пристрою, але, в свою чергу, збільшить вартість розробки.

					ДК82.463421.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		22

## СПИСОК ЛІТУРАТУРИ

1. Методичні вказівки до курсового проектування із дисципліни «Конструювання та технологія ЕОЗ» для студентів спеціальності 7.091001 «Виробництво електронних засобів» / Уклад.: О.І. Лисенко, А.П. Мірошніченко. — 2011 р. — 46 с.
2. К.И. Билибин, А.И. Власов и др. Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры – М.: Изд-во МГТУ имени Баумана, 2002.
3. Каленкович Н.И. и др. Механические воздействия и защита радиоэлектронных средств: Учеб. пособие для вузов / Н.И. Каленкович, Е.П. Фастовец, Ю.В. Шамгин. - Мн.: Выс.шк., 1989.
4. М. Белкин. «Справочник по учебному проектированию приёмно-усилительных устройств».1995.
5. А. Колпаков. «Особенности теплового расчета импульсных силовых каскадов» // Компоненты и Технологии. 2002.
6. Журнал «Радио», выпуск 4, ст. 31-32. 2009
7. Datasheet КТ361Б. – Режим доступа <https://eandc.ru/pdf/tranzistor/kt361.pdf>
8. Datasheet DS1307.  
– Режим доступа <https://static.chipdip.ru/lib/041/DOC000041914.pdf>
9. Datasheet DS1621.  
– Режим доступа <https://static.chipdip.ru/lib/179/DOC000179771.pdf>
10. Datasheet PIC16F84A.  
– Режим доступа <https://static.chipdip.ru/lib/059/DOC000059990.pdf>
11. ГОСТ 2.001-70 (93) – «Единая система конструкторской документации. Общие положения».
12. ПНАЭ Г-7-002-86. Нормы расчёта на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок.

					ДК82.463421.001 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		



13. ГОСТ 9.303-84. ЕСЗКС. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Общие требования к выбору и обозначению.
14. ГОСТ 13377-75 - "Надежность в технике. Термины и определения".
15. ГОСТ 16503-70 - "Промышленные изделия. Номенклатура и характеристика основных показателей надежности".

					ДК82.463421.001 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		