

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

Радіотехнічний факультет

Кафедра радіоконструювання та виробництва радіоапаратури

До захисту допущено:

В.о.зав. кафедри

_____ Євгеній НЕЛІН

« ____ » _____ 20 ____ р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

за освітньо-професійною програмою

« Інтелектуальні технології мікросистемної радіoeлектронної техніки »

за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

на тему: «Пристрій автоматичного поливу рослин»

Виконав:

студент IV курсу, групи РІ-361
Кавалеров Олексій Дмитрович

Керівник:

ст. викладач
Новосад Андрій Анатолійович

Консультант з охорони праці

к.б.н., доцент
Гусєв Аркадій Миколайович

Рецензент:

ст. викладач каф. ТОР
Булашенко Андрій Васильович

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

Студент _____

Київ-2020 рік

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

[illegible]

**Пояснювальна записка
до дипломного проекту
на тему: «Пристрій автоматичного поливу рослин»**

Київ – 2020 року

АНОТАЦІЯ

В даному дипломному проекті розроблено пристрою автоматичного поливу рослин, який дозволяє своєчасно виконувати полив рослин без втручання людини. Проведена перевірка його на працездатність та оформлення необхідної конструкторської документації.

В процесі розробки було проведено аналіз існуючих рішень та схожих за функціоналом приладів, розроблено структурну схему, виконано підбір елементної бази, підбір конструкційних матеріалів, спроектовано друковану плату та створено тривимірну модель приладу. Проведені конструкторські і технологічні розрахунки, розглянуті питання економіки та охорони праці.

Розроблено комплект конструкторської документації.

					PI361.466369.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		3

ANNOTATION

In this diploma project the device of automatic watering of plants that allows carrying out timely watering of plants without human intervention is developed. Checked for operability and the necessary design documentation.

In the process of development, the analysis of existing solutions and similar functional devices carried out, the structural scheme developed, the element base selected, construction materials selected, the printed circuit board designed and a three-dimensional model of the device created. Design and technological calculations carried out, questions of economy and labor protection are considered.

A set of design documentation are developed.

					PI361.466369.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		4

Зміст

Вступ.....	8
1 Огляд існуючих рішень та аналіз технічного завдання	9
1.1 Огляд та аналіз аналогів на ринку.....	9
1.2 Аналіз технічного завдання	11
2 Аналіз схеми електричної принципової	13
3 Вибір елементної бази	17
3.1 Вибір резисторів.....	17
3.2 Вибір конденсаторів	19
3.3 Вибір транзисторів.....	20
3.4 Вибір мікросхеми	21
3.5 Вибір змінного резистора.....	21
3.6 Вибір реле	22
3.7 Вибір роз'єму живлення.....	22
3.8 Вибір блока живлення	22
4 Вибір конструкційних матеріалів та проектування друкованого вузла	24
4.1 Вибір матеріалів	24
4.1.1 Вибір матеріалу друкованої плати	24
4.1.2 Вибір матеріалу корпусу	24
4.2 Аналіз вихідних даних.....	25
4.2.1 Вибір типу друкованої плати.	25
4.2.2 Вибір класу точності, конфігурації друкованої плати.	26
4.3 Розрахунок друкованої плати.	27
4.3.1 Розрахунок геометричних розмірів ДП.	27

4.3.2 Розрахунок необхідної мінімальної ширини провідника по постійному струму.	27
4.3.3 Розрахунок мінімальної ширини друкованого провідника, виходячи із припустимого падіння напруги.	28
4.3.4 Розрахунок діаметру контактних площадок.	29
4.3.5 Розрахунок максимальної ширини провідників.	29
4.3.6 Розрахунок мінімальної відстані між елементами провідного малюнка.	29
4.3.7 Розрахунок мінімальної відстані між провідниками й контактною площиною у вузьких місцях.	30
4.4 Розробка Друкованої плати в програмному середовищі	31
5 Варіантна проробка.....	33
6 Розрахунки, що підтверджують працездатність конструкції	35
6.1 Розрахунок теплового режиму.....	35
6.2 Оцінка вібростійкості конструкції.....	36
6.3 Розрахунок надійності.....	38
7 Техніко-економічний розрахунок.....	44
7.1 Загальна частина	44
7.2 Сировина та матеріали.....	44
7.3 Покупні вироби та ЕРЕ.....	47
7.4 Основна заробітна плата	49
7.5 Додаткова заробітна плата	49
7.6 Соціальні відрахування	50
7.7 Загальнозаводські витрати	50
7.8 Витрати на контрагентські роботи.....	51
7.9 Прибуток	51

					PI361.466369.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		6

7.10 Собівартість	52
7.11 Ціна	52
8 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	53
8.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів	53
8.2 Організація робочого місця	53
8.2.1 Повітря робочої зони.	55
8.2.2 Освітлення.	58
8.2.3 Виробничий шум і вібрація	62
8.2.4 Випромінювання.	64
8.3 Електробезпека	65
8.4 Пожежна безпека	66
Висновки	69
Перелік посилань	70
Додаток «А» Технічне завдання	71
Додаток «Б»	75

					PI361.466369.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		7

ВСТУП

Рослини є невід’ємною частиною життя людини. Зелені насадження висаджують не тільки в парках та скверах задля прикраси і привабливого зовнішнього вигляду, а й для очищення повітря. Так само майже в кожній родині є свій зелений куточок наповнений горщиками з різноманітними хатніми рослинами. І майже в кожній родині є час літнього відпочинку на який треба залишити рослини без відповідного догляду.

Метою розробки є створення функціонально закінченого пристрою автоматичного поливу рослин для використання в побутових умовах.

Пристрій призначається для здійснення регулярного автоматичного поливу хатніх рослин без втручання людини за заданим інтервалом часу, який є керованою величиною і може бути налагодженим відповідно по потреб користувача.

Має бути можливість регулювання інтервал часу на протязі якого буде здійснюватися полив.

Також в даному пристрої буде можливість використання датчику вологості ґрунту, підключення якого використовується при використанні з рослинами які можуть загинути при надлишковому зволоженні ґрунту.

Виконання дипломного проекту було виконано згідно методичних вказівок [1].

					PI361.466369.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		8

1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ ТА АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

1.1 Огляд та аналіз аналогів на ринку.

Проведемо огляд аналогічних пристроїв присутніх на ринку.

Розглянемо перший аналог (рис.1.1)



Рис.1.1 Контролер поливу WHITE LINE WL-31S11 [2].

Переваги цього контролера: має можливість налаштування незалежних програм для 11 секцій поливу, для кожної секції існує 6 незалежних програм, кожна з яких може бути налаштована на полив від 1 хв. до 12 год. 50 хв.

До недоліків можна віднести те що пристрій має великий корпус (20см х 25см х 10см), складне програмування роботи пристрою, контролер керує електроклапанами розрахованими тільки на змінну напругу 24В, для вірної роботи контролера (зберігання програм та таймеру) необхідно встановити батарею 9В типу 6L61, Має вбудований блок живлення від мережі 220В. Ціна такого пристрою 3244 грн

					PI361.466369.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		9

Розглянемо другий аналог (рис 1.2)



Рис 1.2 Контролер автоматичного поливу Hunter X-Core 401 – Е [3].

Даний контролер використовується для поливу присадибних ділянок.

Серед переваг цього пристрою: має 4 зони для поливу, герметичний корпус для використання назовні, можна налаштувати 3 незалежні програми поливу, має 4 періоди запуску програми поливу, має енергонезалежну пам'ять, автоматичний захист від короткого замикання.

До недоліків можна віднести: великий корпус (30см x 20 см x 10 см), доволі складне програмування пристрою, контролер керує електроклапанами розрахованими тільки на змінну напругу 24В, має вбудований блок живлення від мережі 220В. Вартість контролера 3110грн.

Провівши аналіз аналогів, було вирішено зробити пристрій автоматичного поливу рослин із значно меншими габаритними розмірами та меншою вартістю, який буде використовувати тільки одну зону для поливу й мати можливість контролю вологості ґрунту.

					РІЗДІЛ 1. ЗАДАЧА № 1	Лис
						10
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Ла-		

1.2 Аналіз технічного завдання

Враховуючи вимоги вказані в ТЗ потрібно прийняти рішення щодо розробки пристрою який буде відповідати усім технічним нормам згідно чинного законодавства.

Експлуатація даного пристрою передбачається стаціонарно в опалюваному житловому приміщенні. Незважаючи на експлуатацію в стаціонарних умовах на пристрій будуть діяти механічні навантаження при транспортуванні, тому елементи конструкції необхідно перевірити на механічну міцність. Оскільки споживана потужність пристрою не перевищуватиме 1 Вт, то, скоріш за все, пристрій не матиме елементів, для яких необхідно використовувати штучні системи охолодження.

Конструктивно пристрій автоматичного поливу необхідно розробити на одній друкованій платі, що буде розміщена в корпусі. Живлення пристрою необхідно подавати від блока живлення постійного струму 12В, який в свою чергу буде підключений до мережі живлення 220В. Необхідно передбачити захист від ураження струмом користувачів.

Пристрій буде розроблятися для експлуатації в умовах помірного клімату з діапазоном робочих температур від +10°C до +40°C, відносною вологістю повітря до 80% при 25°C, атмосферним тиском в 64,0–106,7 кПа (630–800 мм рт. ст.). Оскільки пристрій буде експлуатуватись в житловому приміщенні, то він буде мало піддаватися впливу вібрацій, трясці, механічним ударам, акустичним шумам, але все ж таки будуть рекомендації щодо використання гумових підкладок під основу корпусу. Для зменшення впливу електромагнітного випромінювання всередині корпусу необхідно зробити екранування.

Спираючись на те що в даній розробці використовується малосерійне виробництво, то для забезпечення достатнього рівня якості необхідно буде використати елементну базу широкого асортименту, з перевіркою якості кожної готової деталі.

Щодо надійності пристрою необхідно зробити перевірку параметрів використаних елементів РЕА, якості збірки пристрою, потрібно забезпечити час

					PI361.466369.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		11

безвідмовної роботи пристрою, його налаштування відповідно до параметрів які вказані в ТЗ. Також, потрібно забезпечити легкий доступ до ремонту пристрою.

Для забезпечення вимог електробезпеки та пожежної безпеки блок живлення маю бути оснащений заземленням через мережу живлення.

Задля виконання естетичних да дизайнерських рішень зовнішній вигляд конструкції необхідно зробити привабливим та ергономічним.

Органи керування необхідно розташувати зручно та зрозуміло.

Для зберігання пристрою, та забезпечення відповідних умов транспортування наземним автомобільним, або іншим видом транспорту, конструкцію необхідно запакувати в картонну упаковку.

					PI361.466369.001 ПЗ	Лис
						12
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		

2 АНАЛІЗ СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ

На рис.2 зображено схему електричну принципову пристрою автоматичного поливу рослин.

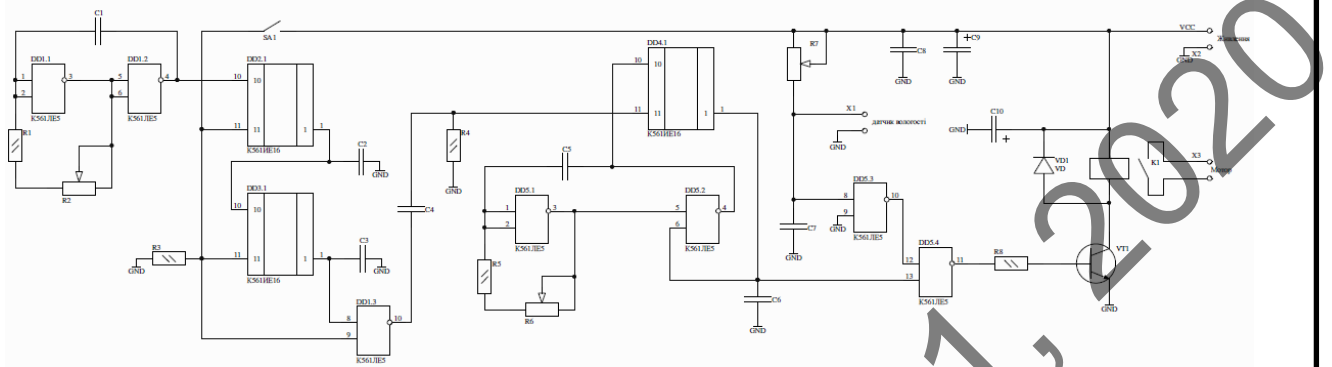


Рис.2 – Схема електрична принципова приладу автоматичного поливу рослин.

Таймер зібраний на мікросхемах DD1 - DD3. Фактично це добовий автоматичний таймер. Наприклад, натиснувши на кнопку запуску, автомат зробить полив ділянки і рівно через добу він знову повторить цю операцію.

На логічних елементах зібраний генератор прямокутних імпульсів таймера, що слідує з частотою 38 Гц. Ці імпульси надходять на лічильники подільники DD2 і DD3. На виході 1 лічильника DD3 раз на добу з'являється сигнал логічної одиниці. Тепер на обох входах елемента DD1.3 лог.1 і під час надходження лог.0 на будь-який з цих входів на виході цього елемента відбудеться перемикання з логічного 0 на 1.

Це створить імпульс за допомогою елементів C6 і R5, обнулить тим самим лічильник DD4. Нуль на виході лічильника DD4 запускає мультівібратор, який визначає тривалість автоматичного поливу.

Установка часу виконується шляхом зміни опору змінного резистора R6. При зазначених значеннях цей період можна змінювати від 1 хв. до 20 хв. Якщо потрібно ще більше збільшити цей інтервал, то в цьому випадку слід збільшити ємність конденсатора C7.

Датчик вологості побудований на елементі DD5.3. При великій вологості на його виході формується логічна одиниця, а при малій вологості нуль,

який свідчить, що необхідно зробити полив рослин. Поріг чутливості встановлюється змінним резистором R7. Як тільки на обох входах DD5.4 з'являються лог.0, на його виході утворюється лог.1 в результаті чого транзисторний ключ подає напругу на реле керування мотором помпи, або електроклапан, тим самим запускаючи автоматичний полив рослин.

Електроди датчика вологості можна зробити своїми руками. Вони можуть являти собою пару нержавіючих штирів уткнутих в землю не далеко один від одного. Таких датчиків може бути кілька, які необхідно розмістити в різних місцях біля рослин. Їх слід паралельно з'єднати між собою монтажним проводом і під'єднати до роз'єму X1.

Розрахунок транзисторного ключа

Транзисторний ключ у даній схемі застосовується для комутації напруги живлення на мотор помпи. Проведемо електричний розрахунок даного ключа, що складається з наступних радіоелементів (згідно з кресленням PI361.466369.001 E3) VT1, R8 та K1 показаного на рис 2.1

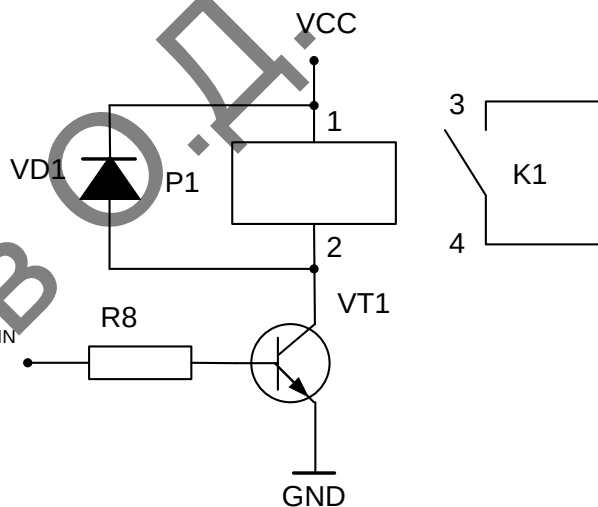


Рис. 2.1 Транзисторний ключ

Навантаженням ключа служить реле K1, опір обмотки якого становить 240 Ом і визначає струм колектора транзистора VT1.

$$I_K = \frac{VCC - U_{HAC}}{R_H} = \frac{12 - 1,2}{240} = 0,045[A],$$

де VCC - напруга джерела живлення;

					PI361.466369.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		14

$U_{НАС}$ - напруга насичення відкритого транзистора, яка для кремнієвих транзисторів становить 1,2 В;

R_H - опір обмотки реле.

Розглянемо джерело сигналу керування ключем, яким є мікросхема К561ЛЕ5.

Вихідна напруга високого рівня при напрузі живлення 10 В становить не менше 7,2 В, струм навантаження не менше 0,3 мА.

Обчислимо необхідний коефіцієнт підсилення ключа за током

$$K_I = \frac{I_K}{I_{BX}} = \frac{45}{0,3} = 150$$

Виберемо транзистор типу КТ3102Б з параметрами:

- $I_{K\max} = 100$ мА;
- $h_{21} = 200 \div 500$;
- $U_{K\max} = 50$ В;
- $P_{K\max} = 250$ мВт.

Обчислимо потужність, що розсіюється транзистором.

У закритому стані

$$P_{K3} = V_{CC} \times I_{K0} = 12 \times 0,1 \times 10^{-6} = 1,2 \times 10^{-6} [Вт] = 1,2 \times 10^{-3} [мВт].$$

У відкритому стані

$$P_{KB} = U_{НАС} \times I_K = 0,6 \times 45 \times 10^{-3} = 27 \times 10^{-3} [Вт] = 27 [мВт].$$

Опір резистора R8 розраховуємо за формулою:

$$R_8 = \frac{V_{IN} - V_{BE}}{I_{IN}} = \frac{7,2 - 0,7}{0,3 \times 10^{-3}} = 21666 [Ом],$$

де V_{IN} - найнижча можлива напруга на виході мікросхеми К561ЛЕ5;

V_{BE} - падіння напруги на переході емітер-база транзистора КТ3102Б;

I_{IN} - найменший можливий вихідний струм при високому рівні мікросхеми К561ЛЕ5.

Обираємо з таблиці номіналів найближче значення опору, що становить 22 кОм.

Розрахунок таймерів

Визначимо номінали елементів які визначають часові проміжки.

					РІ361.466369.001 ПЗ	Лис
						15
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		

На початку розрахуємо елементи задаючого генератора на мікросхемі DD1.1, DD1.2.

Одна доба містить $24 \times 60 \times 60 = 86400$ секунд.

Лічильники на мікросхемах DD2, DD3 використовуємо з коефіцієнтом переліку, що дорівнює 2048. Таким чином, загальний коефіцієнт переліку дорівнює $N_1 = 4194304$.

Визначимо тривалість рахункового проміжку часу

$$\Delta t = \frac{T_{\text{ДОБИ}}}{N_1} = \frac{86400}{4194304} = 0,0206[\text{с}]$$

Розрахуємо частоту і період роботи генератора на мікросхемі типу К561ЛЕ5. Згідно [4] частота генератора визначається за формулою

$$F[\text{кГц}] = \frac{0.44}{R[\text{кОм}] \times C[\text{мкФ}]}$$

Задамося значеннями $R_1 + R_2 = 115 \text{ кОм}$, $C_1 = 0,1 \text{ мкФ}$. Звідки

$$F_1[\text{кГц}] = \frac{0.44}{115 \times 0,1} = 0,038[\text{кГц}] = 38[\text{Гц}]$$

$$T_1 = \frac{1}{F_1} = 0,0261[\text{сек}]$$

Отримане значення дещо більше Δt .

Задамося значенням $R_1 = 33 \text{ кОм}$ і знову визначимо частоту і період роботи генератора

$$F_1[\text{кГц}] = \frac{0.44}{33 \times 0,1} = 0,0536[\text{кГц}] = 53,6[\text{Гц}]$$

$$T_1 = \frac{1}{F_1} = 0,0186[\text{сек}]$$

Отримане значення дещо менше Δt .

Таким чином обравши $R_1 = 33 \text{ кОм}$, а $R_2 = 82 \text{ кОм}$, забезпечимо можливість перестройки задаючого генератора з метою точного встановлення його частоти і періоду.

Аналогічним чином розрахуємо елементи генератора на мікросхемі DD5.3, DD5.4.

Отримаємо $R_4 = 20 \text{ кОм}$, $R_6 = 470 \text{ кОм}$, $C_7 = 0,62 \text{ мкФ}$.

					PI361.466369.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат.		16

3 ВИБІР ЕЛЕМЕНТНОЇ БАЗИ

Виходячи з необхідності забезпечення заданого значення напруцювання на відмовлення виробу при його мінімальній вартості і роботи виробу з заданими показниками якості в даних умовах експлуатації зробимо вибір електрорадіоелементів.

Для вибору елементної бази використаємо порівняльний метод, з оцінкою їх технічних параметрів і властивостей. Занесемо основні характеристики обраних елементів в таблиці і проведемо їх порівняння. Відмітимо найкращі для нашої поробки характеристики елементів, а після порівняння всіх характеристик оберемо елементи з найбільшою кількістю оціночних балів.

3.1 Вибір резисторів

При виборі типів резисторів враховуємо результати їх порівняння за такими показниками:

- надійність;
- масогабаритні показники;
- вартість;
- електричні параметри.

Порівняння проводимо методом експертних оцінок:

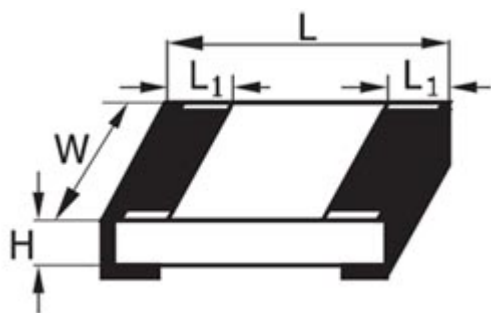


Рисунок 3 – Габаритні розміри резистора типу 1206

					PI361.466369.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		17

1) Резистор постійний SMD 1206 Physcomp Призначений для роботи в електричних ланцюгах постійного, змінного та імпульсного струмів. Використовується для поверхневого монтажу.

- Діапазон номінальних значень опорів: 1 Ом – 30 МОм;
- Допустиме відхилення від номіналу: 1%, 5% ;
- Номінальна потужність, Вт: 0.125 Вт ;
- Робоча напруга, В: 150 В;
- Максимально допустима напруга, В: 200 В;
- Температурний коефіцієнт опору $\pm 100\text{ppm}/^\circ\text{C}$;
- Температурний діапазон: $-55^\circ / +125^\circ\text{C}$;

Габаритні розміри наведені на рисунку 3, де $L=3,2$ мм, $W=1,6$ мм, $H=0.5$ мм, $L1=0.5$ мм:

2) Резистори P1-12

P1-12 - чіп-резистори постійні недротяні загального застосування захищеного варіанту виконання, призначені для роботи в електричних колах постійного і змінного струмів і в імпульсному режимі для монтажу на поверхню друкованих плат і в гібридні інтегральні схеми

- Діапазон номінальних значень опорів: 1 Ом – 27 МОм;
- Допустиме відхилення від номіналу: 1%, 3%, 5% ;
- Номінальна потужність, Вт: 0.125 Вт ;
- Максимальна робоча напруга, В: 150 В;
- Температурний коефіцієнт опору $\pm 100\text{ppm}/^\circ\text{C}$;

3) Резистор постійний SMD 1206 Philips Призначений для роботи в електричних ланцюгах постійного, змінного та імпульсного струмів. Використовується для поверхневого монтажу.

- Діапазон номінальних значень опорів: 1 Ом – 10 МОм;
- Допустиме відхилення від номіналу: 1%, 5% ;
- Номінальна потужність, Вт: 0.125 Вт ;
- Робоча напруга, В: 150 В;

					P/361.466369.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат.		18

- Максимально допустима напруга, В: 200 В;
- Температурний коефіцієнт опору $\pm 100 \text{ppm}/^\circ\text{C}$;

Температурний діапазон: $-55^\circ / +155^\circ\text{C}$; Габаритні розміри наведені на рисунку 3, де $L=3,2 \text{ мм}$, $W=1,6 \text{ мм}$, $H=0.5 \text{ мм}$, $L1=0.5 \text{ мм}$:

Таблиця 3.1 – Результати порівняння характеристик резисторів

Параметр	Тип резистора					
	1206 Physcomp		P1-12		1206 Royalohm	
Вартість, грн./шт	0,12		0,07	+	0,07	+
Напрацювання на відмову мін. год.	30000	+	25000		30000	+
Габарити, мм	3.2x1.6	+	3.2x1.6	+	3.2x1.6	+
Маса, г	0,0004	+	0,0004	+	0,0004	+
Робоча температура max. $^\circ\text{C}$	125		155	+	155	+
Сумарна кількість балів	3		4		5	

Таким чином, згідно сумарного значення оціночних балів обираємо резистори типу 1206 Royalohm, які набрали найбільшу кількість балів.

3.2 Вибір конденсаторів

При виборі конденсаторів враховуємо наступні показники:

- габаритні розміри;
- вартість;
- технологічність установки;
- вологостійкість;
- діапазон робочих температур;
- допустиме відхилення ємності від номінальної.

Результати оцінок занесемо в таблицю 3.2.

Конденсатори оксидно-електролітичні алюмінієві

Розглянемо конденсатори с параметрами 1000uF 16V наступних фірм – Hitano, Leaguer та Samwha.

Порівняємо їхні характеристики:

Таблиця 3.2 – Результати порівняння характеристик конденсаторів

Параметр	Виробник конденсатора					
	Hitano		Leaguer		Samwha	
Вартість, грн./шт	2,3	+	3,5		7,85	+
Габарити, мм	10,0x16,0	+	10,0x15,0	+	10,0x20,0	
Вологостійкість	—		—		—	
Маса, г	0,8	+	0,8	+	1,0	
Діапазон температур, °C	-40 + 105	+	-40 + 75		-45 + 85	
Відхилення ємності, %	-20	+	-20	+	-20	+
Сумарна кількість балів	5		3		2	

Таким чином, згідно сумарного значення оціночних балів обираємо конденсатори фірми Hitano, які набрали найбільшу кількість балів.

Вибір неполярних конденсаторів

Серед конденсаторів smd типу фірм Murata, Kemet, Come, які мають ідентичні технічні характеристики, обираємо конденсатор 1206 Murata, якій є найбільш дешевим. Його технічні характеристики:

- Максимальна робоча напруга, В.....50;
- Допуск номіналу,%.....10;
- Робоча температура,град.....-55-125;
- Габаритні розміри,мм.....3.2x1.6;

3.3 Вибір транзисторів

Серед транзисторів KT3102Б, BC546В, LBC547А обираємо транзистор KT3102Б малої потужності розсіювання, що має коефіцієнт підсилення такий що задовольняє вимогам розрахунку ключового каскаду, та який за вартістю дешевше аналогів, і має наступні технічні характеристики:

- Максимально допустима напруга колектор-база, В.....50;
- Максимально допустимий постійний струм колектора, А.....0,1;
- Максимальна розсіювана потужність колектора, Вт.....0,25;
- Статичний коефіцієнт передачі струму200-500;

					PI361.466369.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		20

3.4 Вибір мікросхеми

Серед мікросхем, K561ЛЕ5, CD4001, HCF4001BM1 обираємо мікросхему K561ЛЕ5 яка має ідентичні характеристики з усіма аналогами серед яких проводили вибір, але менша за вартістю і вітчизняного виробництва. Мікросхема K561ЛЕ5 має наступні технічні характеристики:

- Напруга живлення, В.....3-18;
- Робоча температура.....-45-85;

3.5 Вибір змінного резистора

Порівнюємо технічні характеристики:

Таблиця 3.3 – Результати порівняння змінних резисторів

Параметр	Тип змінного резистора				
	Q-7290 А		СП4-1А		PT6KV
Вартість, грн./шт	11		10	+	18
Габарити, мм	12,8x28		12,8x32		6,4x3
Макс напруга, В	250	+	250	+	100
Ном. потуж., Вт	0,5		0,5		0,25
Наработка, ч	25000	+	10000		15000
Сумарна кількість балів	2		2		3

Серед змінних резисторів Q-7290 А, СП4-1А, PT6KV обираємо PT6KV, який набрав найбільшу кількість оціночних балів та має наступні характеристики:

- ВиробникPiher;
- Номінальні опори..... 220Ом-5мОм;
- Максимальна робоча напруга100В;
- Робоча температура.....-25 - 70;

3.6 Вибір реле

Порівняємо характеристики Реле:

Таблиця 3.4 – Результати порівняння параметрів реле

Параметр	Тип реле					
	SRA-12VDC-CL		SSR-100DA		AM3-24CF	
Вартість, грн./шт	28	+	210		87	
Габарити, мм	12x16x15	+	60x45x25		28x28x25	
Робоча напруга, В	9-16	+	3 - 32	+	12-24	+
Макс. Струм.	10	+	100	+	60	+
Сумарна кількість балів	5		2		2	

За кількістю оціночних балів, обираємо реле SRA-12VDC-CL виробника SONGLERELAY.

3.7 Вибір роз'єму живлення

Серед наявних на ринку роз'ємів живлення візьмемо максимально задовольняючі нас варіанти і порівняємо їх характеристики:

Таблиця 3.5 – Результати порівняння роз'ємів живлення

Параметр	Тип роз'єму					
	DC-140-005		DC-140-003		KLS1-DC-005	
Вартість, грн./шт	4,5	+	5		5	
Габарити, мм	11x9x14,4	+	14,5x9x11	+	11x9x14,5	+
К-ть контактів	3	+	3	+	3	+
Макс. Струм.	2	+	2	+	0,5	+
Сумарна кількість балів	4		3		3	

Враховуючи данні, обираємо роз'єм DC-140-005 виробника KLS , який набрав найбільшу кількість балів.

3.8 Вибір блока живлення

Проведемо аналіз параметрів блоків живлення серед наступних моделей:

Biom Professional BPU-25 12В 2А (Рис 3.1)

					PI361.466369.001 ПЗ	Лис
						22
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		

PROLUM PL-P-12 1A (Рис 3.2)

BIOM LTR-18 18Вт 12В 1.5А Ultra Slim (Рис 3.3).

Таблиця 3.6 – порівняння блоків живлення

Параметр	Блок живлення				
	Biom BPU-25		PROLUM PL-P-12		BIOM LTR-18
Вартість, грн./шт	135		39	+	70
Вид корпусу	Металевий перфорований		Пластик	+	Алюміній
Габарити, мм	172x35x25		75x75x25	+	195x17x18
Тип підключення - 12В	Клеми		Роз'єм 2,1x5,5	+	Провід 2x0,25
Загальна кількість балів	0		5		1



Рис.3.1



Рис.3.2



Рис.3.3

Порівнявши характеристики блоків живлення Biom Professional BPU-25 12В 2А, PROLUM PL-P-12 1А та BIOM LTR-18 18Вт 12В 1.5А Ultra Slim обираємо той що набрав більшу кількість балів, а саме PROLUM PL-P-12 1А, який має наступні характеристики:

Виробник	PROLUM
Потужність	12W
Вхідна напруга	220V
Вихідна напруга	12V
Ступінь захисту	IP20 (Негерметичний)
Вихідний струм	1A
Робоча температура	-25 до 40°C
Додатково	Захист від короткого замкнення, захист від перенавантаження
Розміри ДхШхВ	75x75x25

4 ВИБІР КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ПРОЕКТУВАННЯ ДРУКОВАНОГО ВУЗЛА

4.1 Вибір матеріалів

4.1.1 Вибір матеріалу друкованої плати

За матеріал основи друкованої плати найбільш часто використовується гетинакс і склотекстоліт. У порівнянні з гетинаксом склотекстоліт дорожче. Але в заданих умовах експлуатації, з урахуванням необхідності забезпечення механічної міцності плати, як матеріал для неї вибираємо фольгований склотекстоліт FR4 (товщина підстави 2 мм).

4.1.2 Вибір матеріалу корпусу

З урахуванням умов експлуатації і механічних впливів до матеріалу корпусу пред'являються наступні вимоги:

- низька вартість;
- висока технологічність обробки;

В якості матеріалу корпусу розглянемо ABS - пластик білого кольору середньо глянцевої. Оскільки прилад експлуатується в житловому приміщенні, він має мати гарний зовнішній вигляд. Корпус із ABS-пластику підходить для використання і є досить дешевим.

Фізико-хімічні властивості ABS-пластику ТУ 2246-016-057-05762341-2005 :

Щільність: 1,02-1,08 г / см³.

Міцність при розтягуванні: 35-50 МПа.

Міцність при згині: 50-87 МПа.

Міцність при стисненні: 46-80 МПа.

Відносне подовження: 10-25%.

Усадка (при виготовленні виробів): 0,4-0,7%.

Вологопоглинання: 0,2-0,4%.

					PI361.466369.001 ПЗ	Лис
						24
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		

Модуль пружності при розтягуванні при 23 °С: 1700 - 2930 МПа

Ударна в'язкість по Шарлі (з надрізом): 10-30 кДж / м².

Твердість по Брінеллю: 90-150 МПа.

Теплостійкість по Мартенсу: 86-96 ° С.

Температура розм'якшення: 90-105 ° С.

Максимальна температура тривалої експлуатації: 75-80 ° С.

Діапазон технологічних температур: 200-260 ° С.

Діелектрична проникність при 106 Гц: 2,4-5,0.

Тангенс кута діелектричних втрат при 106 Гц: (3-7) · 10⁻⁴.

Питомий об'ємний електричний опір: 5 · 10¹³ Ом / м.

Електрична міцність: 12-15 МВ / м.

Температура самозаймання: 395 ° С.

4.2 Аналіз вихідних даних

4.2.1 Вибір типу друкованої плати.

По конструкції друковані плати із твердими й гнучкими основами діляться на наступні типи: односторонні (ОДП), двосторонні (ДДП) і багатошарові (БДП)

Односторонні друковані плати характеризуються можливістю забезпечити підвищені вимоги до точності виконання провідного малюнку, установкою елементів на поверхню плати з боку, протилежного стороні пайки без додаткової ізоляції, використанням перемичок без ізоляції, та малою вартістю.

Двосторонні друковані плати мають високі комутаційні властивості, більш високу міцність з'єднання виводів навісних елементів з провідним малюнком плати в порівнянні з ОДП, і меншими розмірами і більш високою вартістю (у порівнянні з ОДП).

Зробивши аналіз схеми приладу автоматичного поливу рослин, приходимо до висновку, що через помірне число інтегральних елементів, що використовуються в останньому, доцільне застосування ДДП. Оскільки розробка ведеться з урахуванням можливої модернізації, результатом якої може бути

					РІ361.466369.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		25

ускладнення його принципової схеми (збільшення кількості елементів), то в цьому випадку ймовірно виникнення проблеми збереження габаритних розмірів (по довжині й ширині) для модернізованого варіанта, рівних розроблювальному. Для виключення такої проблеми доцільно трохи завищити необхідні габаритні розміри друкованої плати. При цьому щільність друкованого малюнка буде відносно невелика (для розроблювального варіанта).

Враховуючи вищесказане, а також те, що надалі передбачається дрібносерійне виробництво приладу, то приймаємо як тип ДП - двобічну друковану плату, як найбільш відповідну зазначеним вимогам.

Таку ДП доцільно виготовляти комбінованим позитивним методом [5], тобто спочатку металізуються отвори, а після цього витравляються провідники. Даний метод дає можливості відтворення всіх типів друкованих елементів з високою роздільною здатністю, показує хорошу надійність ізоляції, хорошу міцність зчеплення металевих елементів плати з діелектричною основою

4.2.2 Вибір класу точності, конфігурації друкованої плати.

По точності виконання елементів конфігурації ДП діляться на чотири класи точності. Друковані плати 1-го й 2-го класів точності найбільш прості у виконанні, надійні в експлуатації й мають мінімальну вартість. ДП третього й четвертого класів вимагають використання високоякісних матеріалів, дорогих інструментів і встаткування, обмеження габаритних розмірів.

З погляду на вимоги по мінімальній вартості, вибираємо другий клас точності, через наявність вузьких місць, що виникають, як правило, при трасуванні багатовиводних елементів (мікросхем).

Габаритні розміри ДП повинні відповідати ГОСТ 10317-79 при максимальному співвідношенні довжини й ширини ДП 5:1, а розмір ДП по великій стороні при його величині до 100 мм повинен бути кратним 2,5 мм. Рекомендується розробляти ДП прямокутної форми; конфігурацію, відмінну від прямокутної форми варто застосувати тільки в технічно обґрунтованих випадках. Товщина ДП визначається товщиною вихідного матеріалу й вибирається залежно від використовуваної елементної бази й діючих механічних наван-

					РІЗ61.466369.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		26

тажень із ряду 0,8; 1,0; 1,5; 2,0 мм.

Приймаємо товщину плати рівною 2 мм

4.3 Розрахунок друкованої плати.

4.3.1 Розрахунок геометричних розмірів ДП.

Розрахунок площі ДП робимо по формулі:

$$S_{nn} = \frac{S_{\Sigma}}{K_{un}} \quad (4.1)$$

де K_{un} - коефіцієнт використання площі плати. Приймаємо $K_{un}=0,28$. S_{Σ} - сумарна площа, займана елементами на ДП.

$$S_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n S_{Ri} + \sum_{i=1}^k S_{Ci} + \sum_{i=1}^t S_{umc} + \sum_{i=1}^i S_{vd} + \sum_{i=1}^n S_{npi}, \quad (4.2)$$

де S_{Ri} , S_{Ci} , S_{umc} , S_{VDi} , S_{npi} – відповідно площі проєкції на ДП

$$S_{пп}=2152 \text{ мм}^2.$$

Визначення базових розмірів ДП проведемо з урахуванням розрахункового значення площі ДП. Це припустимо, оскільки плата містить кількість елементів, що відповідає числу останніх в інших, блоках (тобто приблизно однакове). Приймаємо значення довжини й ширини ДП пристрою відповідно – 80x80 мм..

4.3.2 Розрахунок необхідної мінімальної ширини провідника по постійному струму.

Розрахунок робимо по формулі:

$$b_{\min 1} = \frac{I_{\max}}{j_{\text{доп}} \cdot h_0} \quad (4.3)$$

де $I_{\max}$ – максимальний струм у друкованому провіднику

$j_{\text{доп}}$ – припустима щільність 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 не перевищує 30 ма.

					РІ361.466369.001 ПЗ	Лис
						27
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат-		

Згідно п. 2.4. ГОСТ 23751-86 значення припустимої щільності струму при найгірших умовах дорівнює 20 А/мм².

$$h_0 = 50 \text{ мкм}$$

$$b_{\min 1} = \frac{30 \cdot 10^{-3}}{20 \cdot 0.05} = 0.03 \text{ мм}$$

4.3.3 Розрахунок мінімальної ширини друкованого провідника, виходячи із припустимого падіння напруги.

Розрахунок робимо по формулі:

$$b_{\min 2} = \frac{I_{\max} \cdot P \cdot l}{h_0 \cdot U_{\text{доп}}}, \quad (4.4)$$

де Р – питомий опір міді; Р=0.0175 Ом·мм²/м

U_{доп} – припустиме падіння напруги на провіднику. Задаємо U_{доп}=0,01В.

l – довжина провідника. За результатами трасування довжина самого довгого провідника не перевищує 15 см.

$$b_{\min 2} = \frac{30 \cdot 10^{-3} \cdot 0.0175 \cdot 0.15}{0.05 \cdot 0.01} = 0.15 \text{ мм}$$

Згідно таблиці 1 [1] мінімально можлива ширина друкованого провідника у вузьких місцях ДП становить 0,25 мм, що відповідає другому класу точності малюнка ДП.

5.2.5. Розрахунок номінального значення діаметра монтажного отвору.

Розрахунок робимо по формулі:

$$d = d_s + [\Delta d_{\text{но}}] + r \quad (4.5)$$

де d_s – максимальний діаметр виводу встановлюваного ЕРЕ,

Δd_{но} – нижнє граничне відхилення від номінального діаметру Δd_{но} = 0,1 мм,

r - відстань між мінімальним діаметром отвору й виводу ЕРЕ.

Відповідно до рекомендацій [1] приймаємо r = 0,1 мм.

На плату встановлені елементи з діаметрами виводів 0,6 мм; 1,1 мм, тоді

					PI361.466369.001 ПЗ	Лис
						28
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат.		

$$d_1 = 0,6 + 0,1 + 0,1 = 0,8 \text{ мм}$$

$$d_2 = 1,1 + 0,1 + 0,1 = 1,3 \text{ мм.}$$

4.3.4 Розрахунок діаметру контактних площадок.

Розрахунок робимо по формулі:

$$D_{\min} = d + \Delta db_0 + 2b + \Delta t_{no} + (T_d^2 + T_D^2 + t_{no}^2)^{\frac{1}{2}} \quad (4.6)$$

де d - номінальний діаметр монтажного отвору

Δdb_0 – верхнє граничне відхилення діаметру контактної площадки

Δt_{no} – нижнє граничне відхилення діаметру контактної площадки

T_d, T_D – відповідно позиційний допуск на розташування отворів і центрів контактних площадок.

Чисельні значення зазначених величин узяті з таблиці 1,2,4,5 [1].

Тоді для отворів діаметром 0,8 мм одержимо

$$D_{\min} = (0,8 + 0,1) + 2 \cdot 0,3 + 0,1 + (0,2^2 + 0,35^2 + 0,1^2)^{\frac{1}{2}} = 2,0 \text{ мм}$$

для отворів діаметром 1,3 мм

$$D_{\min} = (1,3 + 0,1) + 2 \cdot 0,3 + 0,1 + (0,2^2 + 0,35^2 + 0,1^2)^{\frac{1}{2}} = 2,5 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметри контактних площадок: для діаметру монтажного отвору 0,8 мм - діаметр контактної площадки 2,0 мм; для діаметру монтажного отвору 1,1 мм - діаметр контактної площадки - 2,5 мм.

4.3.5 Розрахунок максимальної ширини провідників.

Розрахунок робимо по формулі:

$$b_{\max} = b_{\min} + (0,02 \dots 0 \dots 0,07) \quad (4.7)$$

$$b_{\max} = 1,15 + 0,05 = 1,2 \text{ мм}$$

Таким чином ширина провідника визначається технологічною нормою на виготовлення і становить 0,45 мм.

4.3.6 Розрахунок мінімальної відстані між елементами провідного малюнка.

Розрахунок робимо по формулі:

					PI361.466369.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		29

$$S_{1\min} = L_0 - \left[\frac{D_{\max}}{(2 + b_p)} + \frac{b_{\max}}{(2 + \delta_e)} \right] \quad (4.8)$$

де, $\delta_p = 0,1$ мм [1]

де L_0 - відстань між центрами елементів, $L_0 = 2,5$ мм.

$$S_{1\min} = 2,5 - \left[\frac{2}{(2 + 0,1)} + \frac{0,45}{(2 + 0,1)} \right] = 1,3 \text{ мм}$$

4.3.7 Розрахунок мінімальної відстані між провідниками й контактною площадкою у вузьких місцях.

Розрахунок ведеться для одного й двох провідників мінімальної ширини (0,45мм) між площадками (див. рис. 4)

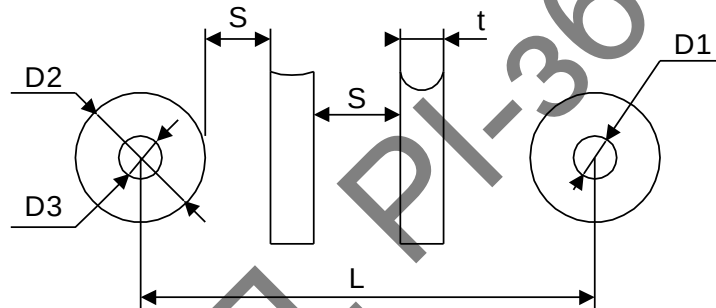


Рис. 4

Розрахунок робимо по формулі:

$$C = \frac{D_1 + D_2}{2} + t \cdot n + S(n + 1) + T_1 \quad (4.9)$$

де n - кількість провідників,

T_1 - позиційний допуск на розташування друкованого провідника щодо сусіднього провідника чи контактної площадки (по таблиці 6 [1]), $T_1 = 0,15$ мм.

$$C_1 = \frac{2 + 2}{2} + 0,45 \cdot 1 + 2 \cdot 0,45 + 0,15 = 3,5 \text{ мм}$$

$$C_2 = \frac{2 + 2}{2} + 0,45 \cdot 2 + 3 \cdot 0,45 + 0,15 = 4,25 \text{ мм}$$

Розглянуті варіанти вузьких місць у повному об'ємі описують номенклатуру таких варіантів, отриманих у результаті трасування ДП блоку.

Отримані значення показують про наявність запасу по відстані C_2 (при припустимому значенні $C_2 \leq 5 \text{ мм}$), рівному 0,75 мм по відстані C_1 (при припустимому значенні $C_1 = 5 \text{ мм}$), рівному 1,5 мм.

4.4 Розробка Друкованої плати в програмному середовищі

Розробку друкованої плати будемо проводити в програмному середовищі ALTIUM DESIGNER. Спочатку скомпонуємо базу даних елементів, яка складається з графічно схематичної частини компонентів та Footprint-ів елементів в яких розміщено габаритні розміри, контактні майданчики та 3D моделі відповідних компонентів. За допомогою бази в подальшому буде створена схема електрична принципова та розроблено дизайн плати з можливістю перенесення готової плати в інші програмні засоби для симуляції випробувань або подальшого моделювання.

В Schematic Editor буде розроблятися схема електрична принципова. Розмістимо всі елементи схеми електричної принципової зі створеної бази елементів на робочому столі програми і з'єднаємо відповідні контактні площадки елементів для подальшого створення списку елементів та з'єднань, який буде використано для перенесення електричних з'єднань та габаритних розмірів і 3D моделей компонентів в PCB Editor для проектування плати.

Виберемо оптимальний розмір друкованої плати та розташуємо радіоелементи на робочому столі програми, так щоб всі вони розмістилися всередині нашої плати. При необхідності розміри друкованої плати можна скоригувати. Зробимо трасування доріжок між елементами, попередньо задав товщину силових та сигнальних доріжок. Трасування можна проводити як в ручному так і в автоматичному режимі. При необхідності після автоматичного трасування можна внести зміни в топологію доріжок вручну. Для зменшення впливу електромагнітних перешкод зробимо екранування плати шляхом нанесення заземлення на вільні зони верхнього та нижнього шару плати.

Після виконання всіх дій маємо отримати готову змодельовану плату.

					PI361.466369.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		31

Результат розробки показано на рис. 4.1-4.4

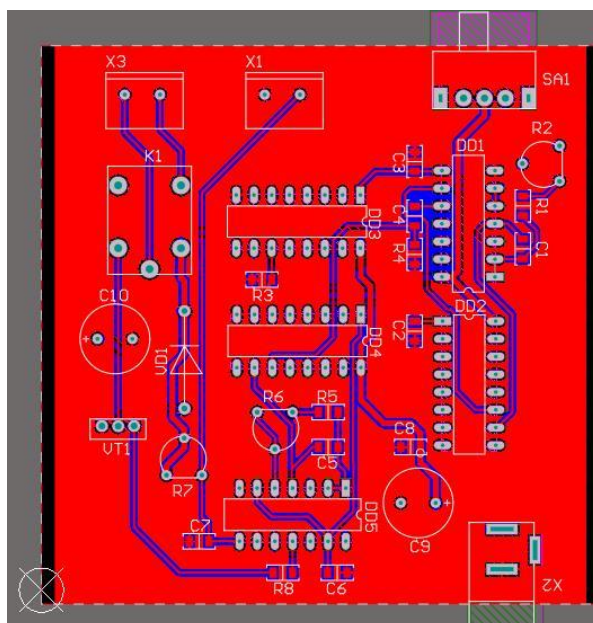


Рис 4.1 (верхній шар)

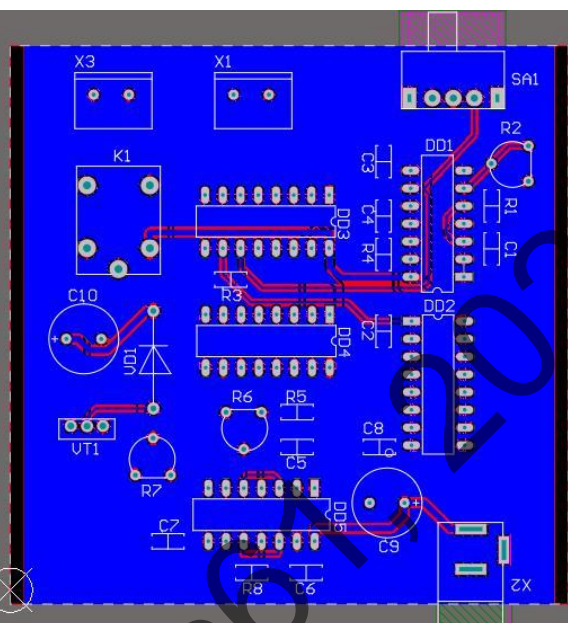


Рис 4.2 (нижній шар)

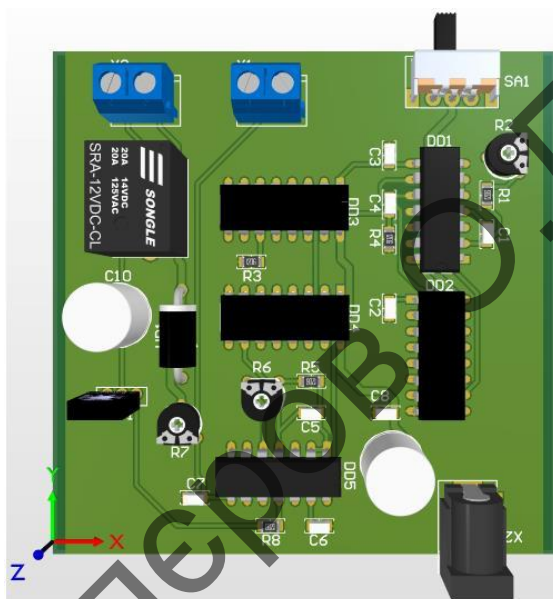


Рис 4.3

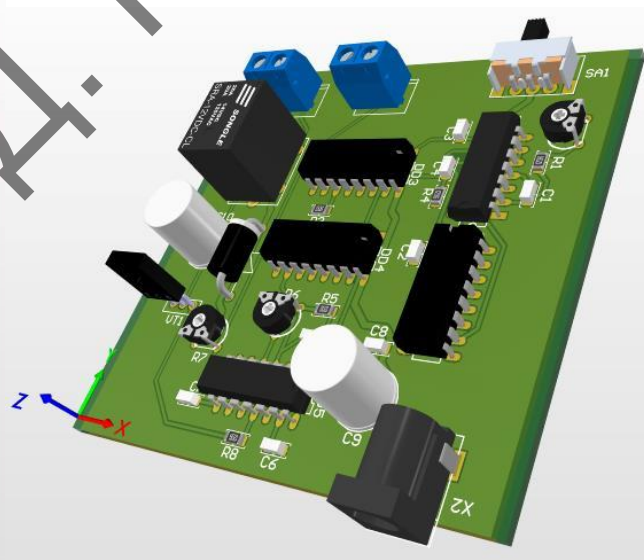


Рис 4.4

3D модель плати

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-

PI361.466369.001 ПЗ

Лис

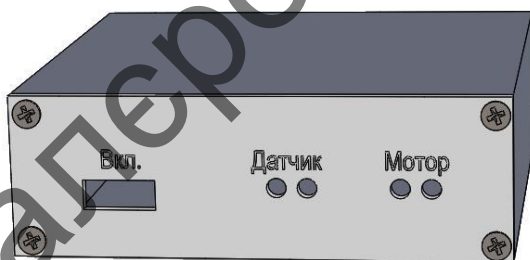
32

5 ВАРІАНТНА ПРОРОБКА

Розглянемо два варіанти конструкції виробу, кожен з яких має переваги і недоліки перед іншим варіантом. Вибір раціональної конструкції зробимо методом експертних оцінок.

Перший варіант конструкції зображено на рис. 5 (а), габарити якого складають 82x84x27. Корпус має передню кришку. Друкована плата з радіоелементами фіксується в корпусі в направляючих пазах, і фіксується передньою кришкою яка кріпиться до корпусу чотирма гвинтами для швидкої установки і зняття плати. Перемикач живлення та отвори для під'єднання провідників до датчику вологості і реле – на передній панелі корпусу. Отвір для роз'єму живлення на задній стінці корпусу. Корпус має прямокутну форму, та виконано із пластмаси.

Другий варіант конструкції виробу зображено на рис. 5 (б). Орієнтовані габарити 90x85x50. Корпус має верхню кришку, форма корпусу прямокутна. Перемикач живлення та отвори для під'єднання провідників знаходяться на передній стінці корпусу, роз'єм для підключення живлення плати знаходяться на задній стінці корпусу. Плата встановлена на ніжках розташованих на основі корпусу і закріплена за допомогою чотирьох гвинтів. Має більші габаритні розміри и масу.



а)



б)

Рис. 5 — Варіанти конструкції виробу, а – перший варіант корпусу, б – другий варіант корпусу

					РІ361.466369.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		33

Порівняємо переваги та недоліки всіх вищезазначених конструкцій та занесемо результати до табл.5.1.

Таблиця 5.1 – Переваги та недоліки конструкції

Варіант конструкції	Переваги	Недоліки
1	2	3
1	– простота виконання; – малий коефіцієнт заповнення корпусу; – легке підключення датчика та мотору помпи; – простота у ремонті; – менші розміри конструкції.	– потребує індивідуальне виробництво.
2	– малий коефіцієнт заповнення корпусу; – мала вартість; – простота у ремонті; – серійне виробництво корпусів.	– більші габарити конструкції; – складний монтаж плати в корпус після підключення датчику та мотору помпи;

Таким чином, враховуючи всі переваги і недоліки представлених конструкцій, найбільше оптимальною, технологічною та надійною є конструкція №1, тому для подальшої розробки обираємо саме цей варіант.

6 РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ КОНСТРУКЦІЇ

При розробці пристрою важливо забезпечити виконання певних функцій при збереженні значень параметрів в межах, заданих нормативно-технічною документацією при певних умовах експлуатації. Тому, потрібно враховувати надійність, теплову і механічну дію на розроблюваний пристрій.

6.1 Розрахунок теплового режиму

Розрахунок теплового режиму робимо методом коефіцієнтів за методикою [6].

Вихідні дані:

- розсіювана в корпусі максимальна потужність становить 1 Вт;
- геометричні розміри $d = 84 \cdot 82$ мм.

Визначаємо питому потужність

$$P_k = P/S_k,$$

S_k – площа зовнішньої поверхні корпусу

$$S_k = 2 \pi d^{2/4} + \pi d l = 0,18 \text{ М}^2,$$

$$P_k = 5,6 \text{ Вт/М}^2.$$

Коефіцієнт, що враховує тиск навколишнього середовища

$$K_{HI} = f(H), K_{HI} = 11,2 \cdot H_1^{-0,21} = 11,2(1 \cdot 105)^{-0,21} = 0,97.$$

Визначаємо перегрів корпусу, коли тиск навколишнього середовища 0,1МПа:

$$v_{ko} = 0,1472 \cdot P_k - 0,2962 \cdot 10^3 \cdot P_k^2 + 0,3127 \cdot 10^{-6} \cdot P_k^3 = 1^\circ \text{C}$$

Перегрів корпусу блоку

$$U_K = U_{KO} \cdot K_{HI} \approx 1^\circ;$$

$$t_k = t_{cp} + v_k = 40 + 1 = 41^\circ.$$

За отриманим значенням температури можна зробити висновок, що температура нагрітої зони не перевищує максимально припустимих температур жодного з елементів, з яких комплектується пристрій.

					PI361.466369.001 ПЗ	Лис
						35
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат-		

6.2 Оцінка вібростійкості конструкції

Розрахунок резонансної частоти друкованої плати

Вихідні дані для розрахунку:

- $a = 0,08$ м – довжина друкованої плати;
- $b = 0,08$ м – ширина друкованої плати;
- $h = 2 \cdot 10^{-3}$ м – товщина друкованої плати;
- $E = 3,02 \cdot 10^{10}$ Н/м² – модуль пружності;
- $\nu = 0,22$ – коефіцієнт Пуассона;
- $\rho = 2,1 \cdot 10^3$ кг/м³ – щільність матеріалу;
- $m_e = 0,11$ кг – маса елементів.

Знаходимо циліндричну жорсткість пластини

$$D = \frac{E \cdot h^3}{12(1 - \nu^2)} = \frac{3,02 \cdot 10^{10} \cdot (2 \cdot 10^{-3})^3}{12(1 - 0,22^2)} = 8,93 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Приведена маса плати з електрорадіоелементами дорівнює

$$m = m_n + m_e = \rho \cdot h + \frac{m_e}{ab} = 2,1 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^{-3} + 0,11 / (0,1 \cdot 0,15) = 10,48 \text{ кг/м}.$$

Функція $\varphi(\beta)$, де $\beta = a/b$. Для даного способу кріплення плати

$$\varphi(\beta) = 22,37 \sqrt{1 + 0,14 \cdot \beta^2 + 0,02 \cdot \beta^4} = 22,37 \sqrt{1 + 0,14 \left(\frac{0,15}{0,1}\right)^2 + 0,02 \left(\frac{0,15}{0,1}\right)^4} = 26,62.$$

Резонансна частота плати визначається, як

$$f_0 = \frac{\varphi(\beta)}{2\pi a_2} \sqrt{\frac{D}{m}} = \frac{26,62}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,15^2} \sqrt{\frac{8,93}{10,48}} = 173,32 \text{ Гц}.$$

Розрахунок механічних напруг у платі

Вихідні дані для розрахунку:

- $T = 2700$ с – час випробувань;

					PI361.466369.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		36

- $\Delta f = 10 \div 15$ – діапазон частот вібрацій;
- $n_n = 4g$ – коефіцієнт віброперевантаження;
- $f_0 = 173$ Гц – резонансна частота плати;
- $\sigma_\beta = 130 \cdot 10^6$ Н/м² – межа пружності;
- $\delta = 0,2$ – логарифмічний декремент загасання;
- $n = 10,4$ – запас тривалості.

Визначення коефіцієнта динамічності

$$\eta = \frac{1}{\sqrt{4\delta^2 \left(\frac{f_0}{f_\epsilon}\right)^2 + \left[1 - \left(\frac{f_0}{f_\epsilon}\right)^2\right]^2}} = \frac{1}{\sqrt{4 \cdot 0,2^2 \left(\frac{173}{55}\right)^2 + \left[1 - \left(\frac{173}{55}\right)^2\right]^2}} =$$

0,125,

де $f_\epsilon = 55$ Гц – верхня частота вібрацій.

Розрахунок допустимих напруг у платі

Оскільки добуток $Tf_\epsilon = 2700 \cdot 55 = 148500 < 10^7$, то допустиму напругу знаходимо за наступними формулами, взятими з [7]:

- межа витривалості на згиб

$$\sigma_{-1} = 0,3\sigma_\epsilon = 0,3 \cdot 130 \cdot 10^6 = 37 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2.$$

- межа витривалості при N циклах

$$\sigma_N = \sigma_{-1} + 0,167(\sigma_\epsilon - \sigma_{-1})(6 - \lg N) = 3,7 \cdot 10^6 + 0,166(130 \cdot 10^6 - 37 \cdot 10^6)(6 - \lg(270 \cdot 0173)) = 44,2 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2.$$

- припустима напруга

$$[\sigma_N] = \frac{\sigma_N}{N} = 44,2 \cdot 10^6 / 10,4 = 4,25 \text{ Н/м}^2.$$

					РІ361.466369.001 ПЗ	Лис
						37
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат-		

Розрахунок напруги у центрі плати

$$\sigma = \frac{3 \cdot M \cdot g \cdot \eta \cdot n_n \cdot a}{b \cdot h^2} = (3 \cdot 0,11 \cdot 9,8 \cdot 0,125 \cdot 4 \cdot 0,16 \cdot 0,125) / (0,1 \cdot 0,0015^2) = 1,1 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2,$$

де $M = 0,11$ – маса елементів на платі,

$g = 9,8 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння,

$\eta = 0,125$ – коефіцієнт динамічності,

$n_n = 4g$ – перевантаження.

Видно, що резонансна частота плати ($f_0 = 173 \text{ Гц}$) більше, ніж у три рази перевищує максимальну частоту вібрацій ($f_g = 55 \text{ Гц}$) та виконується умова $\sigma < [\sigma_N]$, то вибраний варіант кріплення плати задовольняє вимогам Технічного завдання.

6.3 Розрахунок надійності

Пристрій автоматичного поливу рослин відноситься до спеціальної радіоелектронної апаратури. У випадку відмови роботи він підлягає відновленню в ремонтній майстерні, після чого виріб знову може бути використаний за призначенням. Тому пристрій автоматичного поливу рослин відноситься до відновлюваної апаратури.

Відповідно до нормативно-технічної документації для відновлюваної РЕА існує група показників надійності за раптовими відмовами:

1) Показники безвідмовності:

- імовірність безвідмовної роботи $P(t)$;
- параметр потоку відмовлень $\lambda(t)$;
- середній наробіток на відмовлення.

2) Показники ремонтпридатності:

- імовірність відновлення в заданий час;
- середній час відновлення.

					РІ361.466369.001 ПЗ	Лис
						38
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		

Розрахунок робимо для другої (робочої) ділянки [8], що характеризується сталим рівнем інтенсивності потоку відмов.

В цьому випадку справедливий експоненціальний закон імовірності безвідмовної роботи пристрою

$$P(t) = e^{-\lambda_{\Sigma} t}.$$

З позиції безвідмовності, блок – складний.

Параметр потоку відмовлень системи

$$\lambda_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \lambda_i,$$

де λ_i – параметр потоку відмовлень i -го елемента системи.

Середній наробіток на відмову складає

$$T_0 = 1/\lambda_{\Sigma}.$$

Коли діє експонентний закон розподілення, гамма-процентний наробіток дорівнює

$$t_{\gamma} = T_0(1 - \gamma).$$

Коефіцієнт готовності

$$K_{\Gamma} = T_0 / (T_0 + T_{\text{в}}),$$

де $T_{\text{в}}$ – середній час відновлення блоку.

Параметр потоку відмов i -го елемента визначається:

$$\lambda_i = \lambda_{0i} \cdot a_{1i} \cdot a_{2i},$$

де λ_{0i} – параметр потоку відмов i -го елемента в нормальних умовах,

a_1 – коефіцієнт, що враховує вплив температури;

a_2 – коефіцієнт навантаження.

Коефіцієнти a_{1i} обчислювалися як відношення

$$a_{1i} = \frac{T_{\text{ПМАКС}}}{T_{\text{ЕМАКС}}},$$

де $T_{\text{ПМАКС}}$ – максимальна робоча температура пристрою;

$T_{\text{ЕМАКС}}$ – максимальна робоча температура елемента.

Коефіцієнти a_{2i} обчислювалися як відношення

$$a_{2i} = \frac{H_{iE}}{H_{iEMД}},$$

де H_{iE} – навантаження і-го елемента в схемі;

$H_{iEMД}$ – максимально допустиме навантаження елемента за технічними умовами.

При розрахунку коефіцієнтів a_{2i} в якості навантаження використовувалася потужність, що розсіюється на елементі. Для конденсаторів і напівпровідникового діода використовувалася робоча напруга.

Таблиця 6.1 Результати розрахунків відмовлень елементів.

№	Схемне позначення	Тип елемента	$\lambda_{01} \cdot 10^{-6}$ 1/год	a1	a2	$\lambda_{11} \cdot 10^{-6}$ 1/год	N	$\lambda_{\Sigma v}$
1	R1	PT6KV	0,66	0,57	0,01	0,003762	1	0,003762
2	R2	1206 Royalohm	0,2	0,26	0,01	0,00052	1	0,00052
3	R3	1206 Royalohm	0,2	0,26	0,011	0,000572	1	0,000572
4	R4	1206 Royalohm	0,2	0,26	0,06	0,00312	1	0,00312
5	R5	1206 Royalohm	0,2	0,26	0,038	0,001976	1	0,001976
6	R6	PT6KV	0,66	0,57	0,0025	0,0009405	1	0,0009405
7	R7	PT6KV	0,66	0,57	0,01	0,003762	1	0,003762
8	R8	1206 Royalohm	0,2	0,26	0,05	0,0026	1	0,0026
9	C1	1206 Murata	0,135	0,32	0,24	0,010368	1	0,010368
10	C2	1206 Murata	0,135	0,32	0,24	0,010368	1	0,010368
11	C3	1206 Murata	0,135	0,32	0,24	0,010368	1	0,010368
12	C4	1206 Murata	0,135	0,32	0,24	0,010368	1	0,010368
13	C5	1206 Murata	0,135	0,32	0,24	0,010368	1	0,010368
14	C6	1206 Murata	0,135	0,32	0,24	0,010368	1	0,010368
15	C7	1206 Murata	0,135	0,32	0,24	0,010368	1	0,010368
16	C8	1206 Murata	0,135	0,32	0,24	0,010368	1	0,010368
17	C9, C10	Hitano	0,5	0,38	0,75	0,1425	2	0,285
18	VD1	1N4004	0,2	0,32	0,05	0,0032	1	0,0032
19	VT1	KT3102Б	0,84	0,32	0,35	0,09408	1	0,09408
12	P1	SRA-12VDC	0,42	0,5	1	0,21	1	0,21
13	DD1, DD5	K561JE5	1,0	0,47	0,8	0,376	2	0,752
14	DD2, DD3, DD4	K561JE16	1,0	0,47	0,8	0,376	3	1,128
15	XI, X2	DG306-5.0-02P-12	0,04	0,32	0,2	0,00256	2	0,00512
16	SA1	SK-12D11-VG3	1	0,32	0,2	0,32	1	0,32
17	Пайки	–	0,01	-	–	0,01	112	1,12

$\lambda_{\Sigma} \cdot 10^{-6}$ 1/год 4,0175965

					РІЗ61.466369.001 ПЗ	Лис
						40
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат.		

Таким чином середній наробіток на відмову складає

$$T_0 = \frac{1}{\lambda_{\Sigma}} = \frac{10^6}{4,01756} = 248907,29 [\text{год}]$$

Гамма–процентний наробіток для імовірностей:

$$\gamma = 0,9; \quad t_{0,9} = 248907,29(1 - 0,9) = 24890,73 [\text{год}];$$

$$\gamma = 0,99; \quad t_{0,99} = 248907,29(1 - 0,99) = 2489,073 [\text{год}];$$

Залежність зміни імовірності безвідмовної роботи пристрою автоматичного поливу рослин від часу визначається виразом

$$P(t) = e^{-t/T_0}.$$

Подана залежність представлена у вигляді графіка на рис. 6.1.

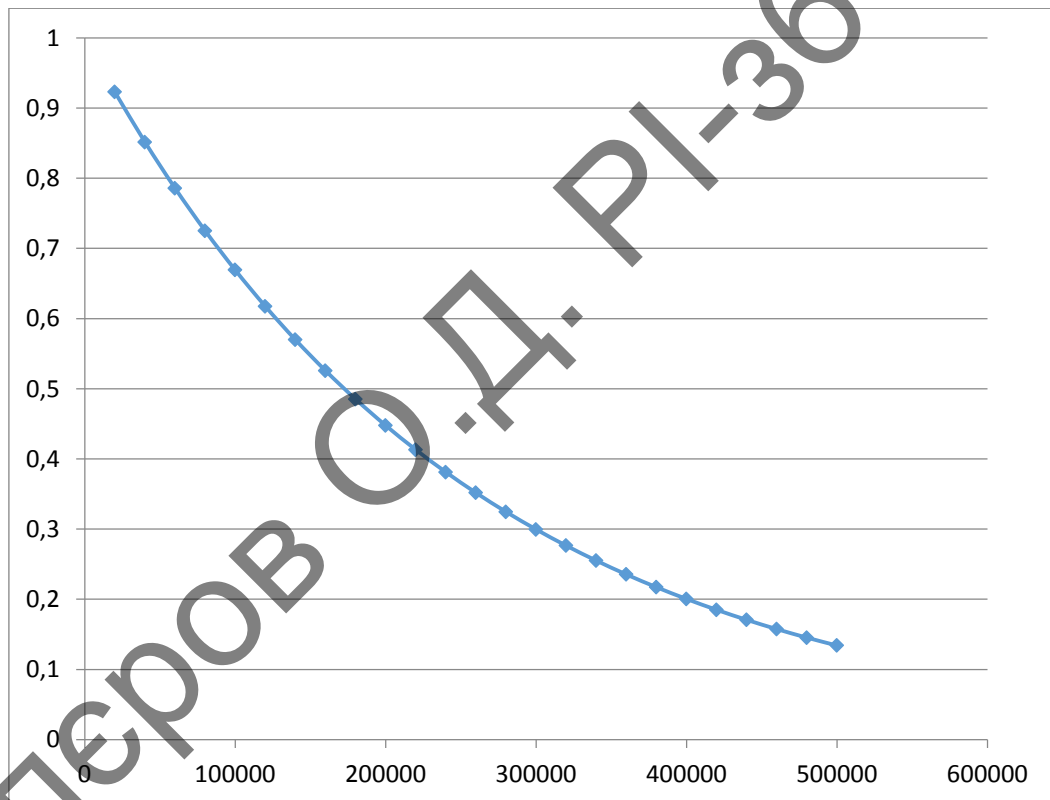


Рис. 6.1 Імовірності безвідмовної роботи

Для імовірності відновлення справедливий експонентний закон

$$P_B(t) = 1 - e^{-t/T_B},$$

де $P_B(t)$ – імовірність того, що фактична тривалість робіт з відновлення працездатності виробу не перевищить задану.

Середній час відновлення блоку становить

$$T_B = K_{oz} \sum_{i=1}^K N_i \lambda_i \tau_{cpi} / \lambda_0 ,$$

де K_{oz} – коефіцієнт одночасної заміни елементів, дорівнює 2,3;

N_i – кількість елементів i -ої групи;

τ_{cpi} – середній час відновлення РЕЗ у випадку виходу з ладу елемента i -ої групи.

В таблиці 6.2 наведені дані з розрахунку часу відновлення за групами елементів

Таблиця 6.2 час відновлення за групами елементів.

Тип елемента	Кільк.	τ_{cpi}	λ_i	$N * \tau_{cpi} * \lambda_i$
Резистори	6	0,02	0,00052	6,24E-05
	2	0,05	0,0038	0,00038
Конденсатори	8	0,133	0,0104	0,011066
	2	0,033	0,1425	0,009405
Мікросхеми	5	0,083	0,376	0,15604
Транзистор	1	0,33	0,094	0,03102
Діод	1	0,33	0,0032	0,001056
Колодки з'єдн.	2	0,06	0,00256	0,000307
Вимикач	1	0,06	0,32	0,0192
$\Sigma N * \tau_{cpi} * \lambda_i$				0,228536

Таким чином середній час відновлення складе

$$T_B = (\sum_i N \lambda_i \tau_{cpi}) (K_{oz} / \lambda_0) = \frac{0,228536 * 2}{4,01756} = 0,114 [год]$$

Залежність зміни імовірності відновлення пристрою від часу

$P_B(t) = 1 - e^{-t/T_B}$ представлена графічно на рис. 6.2.

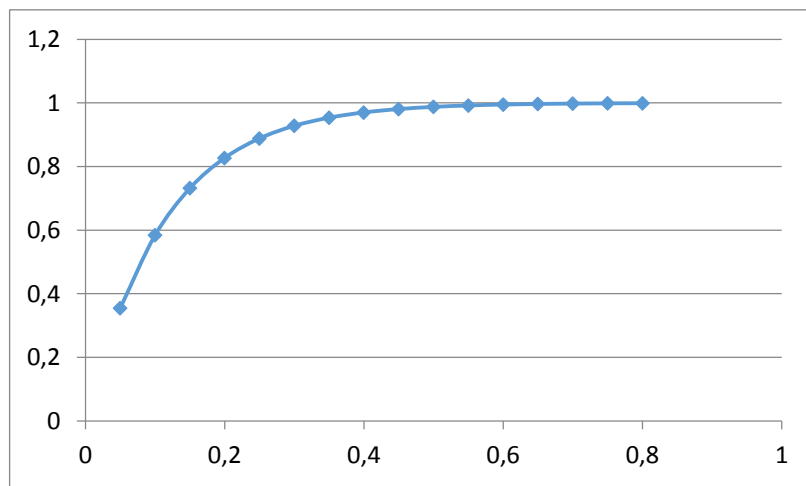


Рис. 6.2 Імовірність відновлення пристрою

Комплексний показник надійності виробу – коефіцієнт готовності, дорівнює

$$K_r = \frac{T_0}{T_0 + T_B} = \frac{248907,3}{248907,3 + 0,114} \approx 1.$$

Отже середній наробіток на відмову складає 248907 год., середній час відновлення близько 7 хв. Всі отримані значення показників надійності відповідають вимогам Технічного Завдання.

7 Техніко-економічний розрахунок.

7.1 Загальна частина

Техніко-економічна розрахунок включає в себе обчислення вартості виготовлення пристрою автоматичного поливу рослин.

Структура ціни виготовлення будь-якого пристрою включає наступні складові:

1. Сировина та матеріали.
2. Покупні вироби та ЕРЕ.
3. Основна заробітна плата.
4. Додаткова заробітна плата.
5. Соціальні відрахування від основної і додаткової заробітної плати.
6. Загальнозаводські витрати.
7. Витрати на контрагентські роботи.
8. Прибуток.

7.2 Сировина та матеріали

Найбільш вагомою частиною процесу виготовлення датчика вологості ґрунту становить монтаж друкованої плати. При цьому використовуються наступні матеріали:

- АБС — пластик для корпусу;
- припій;
- флюс;
- змивка.

Виходячи з габаритних розмірів корпусу 82 x 84 x 27 і товщини стінок 2 мм обчислимо потрібний об'єм пластику

$$V_{\text{КОРП}} = 2V_{\text{БОК}} + 2V_{\text{ВК}} + 2V_{\text{ПП}} + 4V_{\text{НПР}} + 4V_{\text{ПР}},$$

Де $V_{\text{БОК}}$ - об'єм бокової стінки;

$V_{\text{ВК}}$ - об'єм верхньої або нижньої стінки;

$V_{\text{ПП}}$ - об'єм передньої або задньої стінки;

					PI361.466369.001 ПЗ	Лис
						44
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат-		

$V_{\text{НПР}}$ - об'єм напрямляючи друкованої плати;

$V_{\text{ПР}}$ - об'єм припливів для кріплення.

Підставивши геометричні розміри корпусу отримаємо

$$V_{\text{КОРП}} = 2 \times 82 \times 84 \times 2 + 2 \times 82 \times 27 \times 2 + 2 \times 84 \times 27 \times 2 + 2 \times 82 \times 27 \times 2 + 4 \times 84 \times 2 \times 2 + 4 \times 10 \times 10 \times 30 = 57516 [\text{мм}^3] = 57,516 [\text{см}^3]$$

Знаючи щільність матеріалу АБС знайдемо вагу

$$P_{\text{КОРП}} = V_{\text{КОРП}} \times \rho = 57,516 \times 1,08 = 62,12 [\text{Г}]$$

Додамо ще 15 відсотків втрат на літники та облой і отримаємо $P_{\text{КОРП}} = 72$

Г.

Ціна пластику АБС у гранулах складає 80 грн/кг.

Таким чином вартість пластику для корпусу становить
[<https://prom.ua/Abs-plastik-granula.html>] $\Pi_{\text{КОРП}} = 5,72$ грн.

Розрахуємо кількість паяних з'єднань виходячи з кількості ЕРЕ та їх контактів. Ці дані наведені у таблиці 7.1

Таблиця 7.1

№ з/п	Тип ЕРЕ	Кількість виводів	Кількість елементів	Всього контактів	Примітка
1	Мікросхема	14	4	56	
2	Потенціометр	3	3	9	
3	Резистор	2	5	10	
4	Конденсатор	2	10	20	
5	Реле	5	1	5	
6	Транзистор	3	2	6	
7	З'єднувач	2	3	6	
Всього контактів				112	

Розрахуємо об'єм паяного з'єднання.

На рисунках 7.1 та 7.2 наведено розріз паяних з'єднань для ЕРЕ з виводами та SMD виконання.

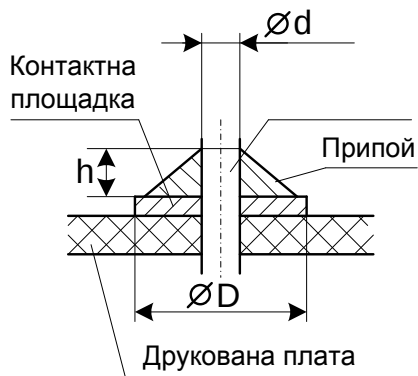


Рис.7.1

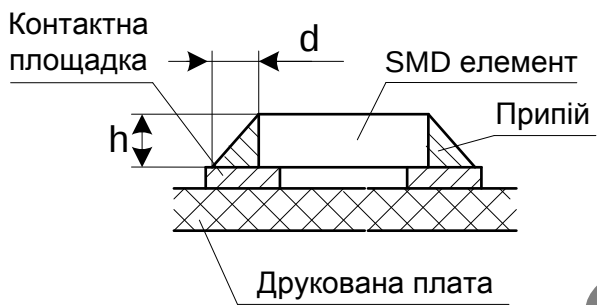


Рис.7.2

Об'єм припою, що витрачається на один контакт ЕРЕ з виводами обчислюмо за формулою

$$V_{ПЗ} = V_{кон} - V_{цил},$$

де $V_{кон}$ - об'єм конусу, приблизну форму якого має припій,

$V_{цил}$ - об'єм циліндру, форму якого має вивід ЕРЕ.

Для параметрів $d = 0,6$, $D = 1,3$, $h = 1,5$ отримаємо

$$V_{ПЗ} = V_{кон} - V_{цил} = \frac{1}{3} \pi \left(\frac{D}{2} \right)^2 h - \pi \left(\frac{d}{2} \right)^2 h = \frac{1}{3} 3,14 \left(\frac{1,3}{2} \right)^2 1,5 - 3,14 \left(\frac{0,6}{2} \right)^2 1,5 = 0,24 [\text{мм}^3]$$

Об'єм припою, що витрачається на один контакт ЕРЕ SMD виконання обчислюмо за формулою

$$V_{ПЗ} = \frac{1}{2} d \times h \times l$$

де l – ширина SMD елемента.

Для SMD елементів формфактору 1206 ці розміри становлять $d = 0,5$ мм, $h = 0,5$ мм, $l = 1,6$ мм.

Підставляючи ці значення до формули отримаємо

$$V_{ПЗ} = \frac{1}{2} 0,5 \times 0,5 \times 1,6 = 0,2 [\text{мм}^2]$$

З урахуванням втрат припою від розбризкування та інших втрат визначимо об'єм однієї пайки рівним $0,28 \text{ мм}^2$.

Знаючи щільність припою ПОС-61, що дорівнює $8,5 \text{ Г/см}^3$ вирахуємо кількість припою необхідну для пайки одного контакту

$$M_1 = P_{\text{ПР}} V_{\text{ПЗ}} = 8,5 \times 0,28 \times 10^{-3} = 2,38 \times 10^{-3} [\text{Г}]$$

Тобто на 112 контактів піде 266,56 мГ.

Вартість припою ПОС-61[www.zpsplav.com.ua/pripoi/pos61] діаметром 3 мм становить 480 грн/кг. Таким чином, вартість припою необхідного для монтажу друкованої плати становить $\Pi_{\text{ПР}} = 0,13$ грн.

Розхід флюсу на один контакт припустимо рівним приблизно 1 мм^3 .

Тоді загальний об'єм флюсу буде становити 112 мм^3 , або 0,112 мл.

Вартість рідкого нейтрального флюсу СКФ становить [www.gsm-komplekt.ua/product/49300] 25 грн за 30 мл. Таким чином, вартість флюсу необхідного для монтажу друкованої плати становить $\Pi_{\text{ФЛ}} = 0,09$ грн.

Для промивки друкованої плати будемо використовувати змивку на основі ізоприлового спирту і бензину калоша код 124328 [www.gsm-komplekt.ua/product/49300], який коштує 19 грн за 30 мл. Витрати змивки становлять приблизно 1 мл на один квадратний дециметр площі друкованої плати. При площі друкованої плати 1 дм^2 вартість змивки складе $\Pi_{\text{ЗМ}} = 0,63$ грн.

Таким чином, вартість сировини і матеріалів дорівнює

$$\Pi_{\text{СМ}} = \Pi_{\text{КРП}} + \Pi_{\text{ПР}} + \Pi_{\text{ФЛ}} + \Pi_{\text{ЗМ}} = 5,72 + 0,13 + 0,09 + 0,63 = 5,77 [\text{грн}]$$

7.3 Покупні вироби та ЕРЕ

Згідно переліку елементів до схеми електричної принципової в пристрої автоматичного поливу рослин використовуються покупні елементи наведені в таблиці

№ з/п	Тип ЕРЕ	Кільк. ел-в	Ціна за одиницю	Вартість	Посилання
1	Конденсатор 1206 Murata	8	1.52	12.16	https://www.chipdip.ru/product/

					<i>PI361.466369.001 ПЗ</i>	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат.		47

2	Конденсатор Hitano1000uF 16V	2	2.50	5.00	https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/
3	М/с K561ЛЕ5	2	12.00	24.00	http://tec.org.ru/board/k561le5/
4	М/с K561ИЕ16	3	1.50	4.50	http://korund.in.ua/catalog/561/561ie16
5	Реле SRA-12VDC-CL	1	19.50	19.50	https://www.rcscomponents.kiev.ua
6	Резистор 1206 Royalohm	6	0.48	2.88	https://www.tme.eu/ua/ru/details/
7	Резистор змінний Piher PT6KV	3	32.00	96.00	https://ru.mouser.com/ProductDetail/
8	Транзистор КТ3102А	1	2.90	2.90	https://prom.ua/p839624210-kt815a-tranzistor-npn.html
9	Діод 1N4004	1	2.00	2.00	https://www.sea.com.ua/elektronnye-komponenty/
10	Вимикач KCD1-2-101N R/B 220V	1	10,35	10,35	https://nikaelectro.com.ua/
11	Клемник DG306-5.0-02P-12-00A(H) 2конт.б, Degson	2	19,80	39,60	https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/
Усього				218,89	

Таким чином, вартість покупних елементів становить $\Pi_{\text{ПЕ}} = 223\text{грн.}85\text{коп.}$

					<i>PI361.466369.001 ПЗ</i>	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		48

7.4 Основна заробітна плата

Основна заробітна плата це винагорода за виконану роботу відповідно до встановлених норм праці (норми часу, виробітку, обслуговування, посадові обов'язки). Вона встановлюється у вигляді тарифних ставок (окладів) і відповідних розцінок для робітників та посадових окладів для службовців.

Для виготовлення датчика вологості ґрунту необхідні наступні робітники:

- пресувальник для виготовлення корпусу;
- монтажник для монтажу ЕРЕ на друкованій платі;
- слюсар-складальник для збірки датчика до купи.

Трудовітність робіт складає:

- пресувальник – 0,5 н/г;
- монтажник – 2 н/г;
- слюсар-складальник – 1 н/г.

Середня зарплата в Україні в квітні 2020 склала 10430 грн. [<https://index.minfin.com.ua/labour/salary/average/>].

При тому, що в квітні 21 робочий день при 8-ми годинному робочому дні, то вартість однієї нормо/години становить 62,09 грн/год.

Таким чином основна заробітна плата за 3,5 н/г становитиме $P_{осн} = 217 \text{ грн.} 32 \text{ коп.}$

7.5 Додаткова заробітна плата

Додаткова заробітна плата це винагорода за працю понад установлені норми, за трудові успіхи та винахідливість і за особливі умови праці. Вона включає доплати, надбавки гарантійні і компенсаційні виплати, передбачені чинним законодавством; премії, пов'язані з виконанням виробничих завдань і функцій.

					PI361.466369.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		49

В загальному випадку додаткова заробітна плата на кожному підприємстві окремо встановлюється як відсоток основної заробітної плати.

Задамося розміром додаткової заробітної плати, що становить 30% ($V_{ДЗП} = 0,3$) від основної заробітної плати.

Таким чином додаткова заробітна плата становить

$$П_{ДОД} = П_{ОСН} \times V_{ДЗП} = 217,32 \times 0,3 = 65,2 [грн]$$

7.6 Соціальні відрахування

Соціальні відрахування [«Вісник податкової служби України», листопад 2009 р., № 44 (568), с. 34 (www.visnuk.com.ua)] встановлюються у вигляді відсотків від основної та додаткової заробітної плати і включають відрахування:

- на загальнообов'язкове державне пенсійне страхування - 33,2%;
- у зв'язку з тимчасовою втратою працездатності - 1,4%;
- страхування на випадок безробіття 1,6%;
- страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання – 0,5%.

Що в сумі складає 36,7% ($V_{СВ}=0,367$).

Таким чином соціальні відрахування становлять

$$П_{СВ} = (П_{ОСН} + П_{ДОД}) \times V_{СВ} = (217,32 + 65,2) \times 0,367 = 103,68 [грн]$$

7.7 Загальнозаводські витрати

Загальнозаводські витрати включають в себе витрати на утримання та експлуатацію устаткування, загальне обслуговування і організацію виробництва, управління виробничим підприємством і представляють в основному постійні витрати.

Загальнозаводські витрати на кожному підприємстві окремо обчислюються за минулий рік і в поточному році визначаються як відсоток від суми статей, а саме:

					РІЗ61.466369.001 ПЗ	Лис
						50
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат-		

- сировина та матеріали;
- покупні вироби та ЕРЕ;
- основна заробітна плата;
- додаткова заробітна плата;
- соціальні відрахування від основної і додаткової заробітної плати.

Задамося розміром загальнозаводських витрат, що становлять 60% ($B_{ЗВ} = 0,6$).

Таким чином загальнозаводські витрати становлять

$$\begin{aligned} \Pi_{ЗВ} &= (\Pi_{СМ} + \Pi_{ЕРЕ} + \Pi_{ОСН} + \Pi_{ДОП} + \Pi_{СВ}) \times B_{ЗВ} = \\ &= (5,77 + 223,85 + 217,32 + 65,20 + 103,68) \times 0,6 = 369,49 [\text{грн}] \end{aligned}$$

7.8 Витрати на контрагентські роботи

До контрагентських робіт відноситься виготовлення друкованої плати. Це пов'язано з тим, що це виробництво є шкідливим і ним займаються спеціалізовані підприємства.

Вартість виготовлення друкованої плати залежить від її площі, матеріалу та кількості шарів і для плати розміром 80 x 80 (0,64 дм²) становить [\[https://prom.ua/Izgotovlenie-pechatnyh-plat.html\]](https://prom.ua/Izgotovlenie-pechatnyh-plat.html)

$$\Pi_{КА} = 250 \times 0,64 = 160 [\text{грн}]$$

7.9 Прибуток

Прибуток обчислюється як сталий коефіцієнт від всіх затрат на виробництво за винятком контрагентських робіт.

Встановимо прибуток у розмірі 25% і обчислимо його значення

$$\begin{aligned} \Pi_{ПР} &= (\Pi_{СМ} + \Pi_{ЕРЕ} + \Pi_{ОСН} + \Pi_{ДОП} + \Pi_{СВ} + \Pi_{ЗВ}) \times B_{ПР} = \\ &= (5,77 + 223,85 + 217,32 + 65,20 + 103,68 + 369,49) \times 0,25 = 246,33 [\text{грн}] \end{aligned}$$

					РІ361.466369.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		51

7.10 Собівартість

Собівартість продукції включає в себе всі витрати плюс прибуток і дорівнює в нашому випадку

$$\begin{aligned} \Pi_{CB} &= \Pi_{CM} + \Pi_{EFE} + \Pi_{OCH} + \Pi_{ДОП} + \Pi_{CB} + \Pi_{ЗВ} + \Pi_{КА} + \Pi_{ПР} = \\ &= 5,77 + 223,85 + 217,32 + 65,20 + 103,68 + 160 + 369,49 + 246,33 = 1341,64 [\text{грн}] \end{aligned}$$

7.11 Ціна

Відпускна ціна підприємства складається із собівартості виготовлення та податку на додану вартість, який становить 20% і дорівнює

$$\Pi_{Ц} = \Pi_{CB} \times 1,2 = 1341,64 \times 1,2 = 1609,97 [\text{грн}]$$

					РІ361.466369.001 ПЗ	Лис
						52
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		

8 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

8.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

В розділ "Охорона праці" включені всі необхідні питання пов'язані із забезпеченням безпечних і здорових умов праці [8]. Для аналізу умов праці та розробки заходів з охорони праці, з огляду на тему дипломного проекту «Пристрій автоматичного поливу рослин», вибрано робоче місце конструктора радіоелектронної апаратури на базі ПК на стадії проектування і розробки робочої конструкторської документації (РКД).

Приміщення, в якому здійснюється проектування і розробка РКД, знаходиться на другому поверсі окремої 2-х поверхової адміністративної будівлі. Розміри приміщення: довжина $a = 7$ м; ширина $b = 5$ м; висота $h = 3,5$ м. Кількість робочих місць - 4. Кожне з робочих місць оснащено персональним комп'ютером (ПК).

Трудова діяльність користувачів ПК відбувається в певній виробничо-му середовищі, яке впливає на їх функціональний стан. Найбільш значимі - фізичні фактори виробничого середовища:

- електромагнітні хвилі різних частотних діапазонів;
- електростатичні поля;
- акустичний шум;

Істотний вплив на користувачів ПК надають параметри мікроклімату, світлотехнічні показники. Вплив хімічних і, особливо, біологічних факторів виробничого середовища значно менше.

З огляду на ступінь і якість впливу цих факторів на функціональний стан, необхідно розробити або оцінити існуючі заходи та способи щодо забезпечення безпеки, підвищення трудової діяльності і збереження здоров'я користувачів ПК.

8.2 Організація робочого місця

Правильна організація робочого місця сприяє усуненню загального дискомфорту, зменшенню втоми працівника, підвищенню його продуктивності.

					РІ361.466369.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		53

Виконання вимог, що пред'являються до норм на площу і об'єм виробничого приміщення є основним фактором при дотриманні санітарно-технічних умов. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями регламентує вимоги до організації робочого місця користувача ПК. Робочі місця з відео дисплейними терміналами (ВДТ) розташовані в 2 ряди, причому відносно вікон вони розміщені так, що природне освітлення падає збоку, зліва. Це дає можливість виключити дзеркальне відображення на екрані джерел природного освітлення (вікон) і попадання їх у поле зору користувачів.

Площа, виділена для одного робочого місця з ВДТ, становить не менше 6 м^2 , а обсяг - не менше ніж 20 м^3 . При розміщенні робочих місць дотримані наступні вимоги:

- робочі місця з ВДТ розташовуються на відстані не менше 1 м від стін з світловими прорізами;
- відстань між бічними поверхнями відеотерміналів не менш 1,2 м;
- відстань між тильною поверхнею відеотерминала і екраном іншого не меншою 2,5 м;
- прохід між рядами робочих місць не менше 1м.

Вимоги щодо виробничих приміщень, в яких знаходяться робочі місця користувачів ЕОМ, відображені в НПАОП 0.00-7.15-18 і ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин».

Приміщення, в якому здійснюється проектування і розробка РКД, знаходиться в окремій 2х поверховій адміністративній будівлі на другому поверсі. Виробниче приміщення для роботи з ВДТ не межує з вибухонебезпечними приміщеннями і з приміщеннями, в яких рівень шуму і вібрації перевищують допустимі значення. План приміщення представлений на рис.8.1

					РІ361.466369.001 ПЗ	Лис
						54
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат-		

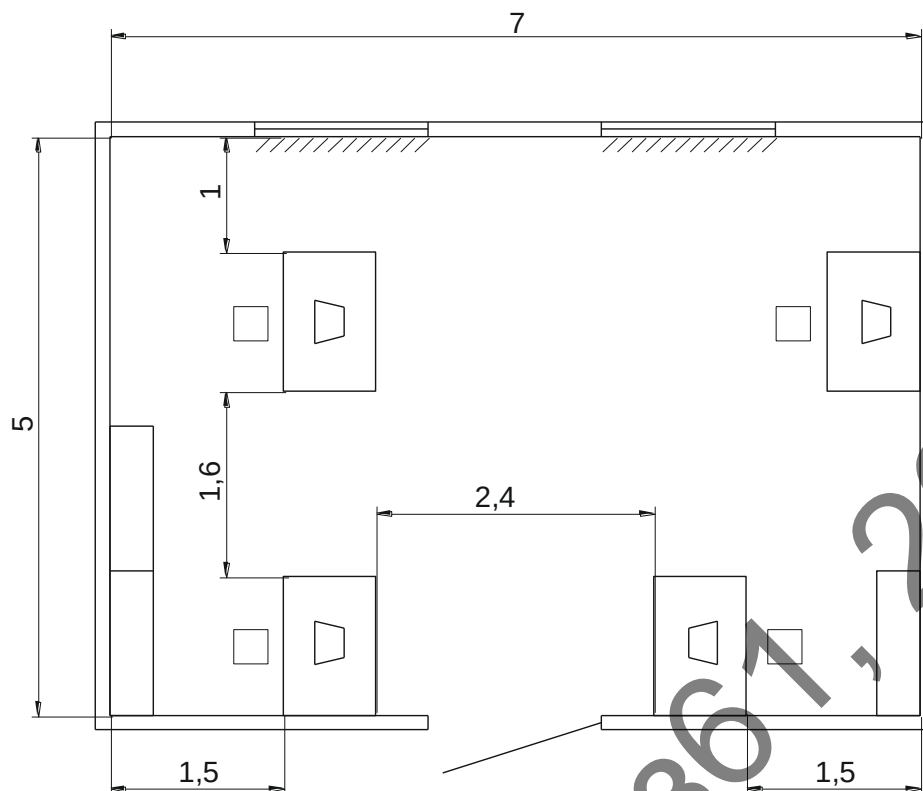


Рис 8.1. План приміщення з комп'ютеризованими робочими місцями.

Площа приміщення становить відповідно $S_{\text{п}} = 35\text{м}^2$, обсяг $V_{\text{п}} = 122,5\text{м}^3$. Отже, на одного користувача припадає $8,75\text{м}^2$ площі приміщення і $30,625\text{м}^3$ його обсягу. Таким чином, з точки зору розташування приміщень з ВДТ, виділеної площі і обсягу на одне робоче місце вимоги і нормативи дотримані.

8.2.1 Повітря робочої зони.

8.2.1.1. Мікроклімат виробничого приміщення.

Згідно ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» мікроклімат виробничих приміщень - це умови внутрішнього середовища цих приміщень, які впливають на тепловий обмін працюючих з оточенням шляхом конвекції, кондукції, теплового випромінювання та випаровування вологи. Ці умови визначаються спільним впливом температури, відносної вологості та швидкості руху повітря, температурою оточуючих людину поверхонь та інтенсивністю теплового (інфрачервоного) випромінювання.

Робота за комп'ютером з проектування та розробки РКД характеризується малими фізичними навантаженнями і цей вид діяльності за критерієм

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-

PI361.466369.001 ПЗ

Лис

55

витрати енергії відноситься до категорії б легких робіт (ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень»). До категорії б відносяться роботи, які виконуються сидячи, стоячи або пов'язані з ходьбою і супроводжуються деякими фізичними навантаженнями, при яких витрати енергії становлять від 141 до 175Вт (121-150 Ккал / год).

У ДСН 3.3.6.042-99 та ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила и норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» встановлені допустимі і оптимальні метрологічні умови в теплий і холодний періоди року.

Відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 у виробничих приміщеннях і робочих місцях з ВДТ забезпечуються оптимальні значення параметрів мікроклімату.

У таблицю 8.1. зведені нормовані параметри мікроклімату для приміщень з ВДТ і фактичні дані.

Таблиця 8.1. Параметри мікроклімату для приміщень з ВДТ

Параметри	Період року	Температура повітря, °С	Відносна. вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
Оптимальні	Холодний	21 - 23	40 - 60	0,1
	Теплий	22 - 24	40 - 60	0,1
Фактичні	Холодний	20 - 22	60	0,1
	Теплий	22 - 25	45 при 25°C 55 при 22°C	0,1

З таблиці випливає, що мікрокліматичні умови в приміщенні відповідають оптимальним як для холодного, так і для теплого періодів року за рахунок застосування кондиціонера Samsung серії BioTechPlus моделі AD24B1E2 і радіатором водяного опалення низького тиску.

8.2.1.2. Іонний склад повітря.

Іонний склад повітря може значно змінюватися під впливом цілої низки чинників, до яких також належить специфіка виробничої діяльності. Підтверджено факт значної трансформації іонного складу повітря на робочих місцях з ВДТ протягом робочої зміни. Встановлено [9], що при роботі користувача з ЕОМ концентрація негативних іонів зменшується, в той час як концентрація позитивних іонів зростає.

Зміна балансу іонного складу повітря призводить до несприятливого впливу на здоров'я користувачів ПК.

ГН 2152-80 Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих і громадських приміщень регламентує рівні іонізації приміщення при роботі з ВДТ (таблиця 8.2.).

Таблиця 8.2. Рівні іонізації повітря приміщень при роботі з ВДТ

Рівні	Кількість іонів в 1 см ³ повітря	
	n ⁺	n ⁻
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1 500 – 3 000	3 000 – 5 000
Максимально допустимі	50 000	50 000

Необхідна концентрація позитивних і негативних іонів в повітрі робочих зон приміщення досягається шляхом використання:

- кондиціонера Samsung серії Bio Tech Plus моделі AD24B1E2;
- провітрювання за допомогою пристроїв місцевої вентиляції;
- захисних екранів, які заземлені.

8.2.1.3. Забруднення повітря на робочих місцях з ВДТ.

Серед речовин, у яких було виявлено перевищення ГДК в повітрі біля робочих місць з ВДТ, знаходяться озон, оксид азоту, пил. Діоксин і фуран

відносяться до полібромірованих протипожежних засобів, які включаються в матеріал корпусу і плат з метою підвищення їх вогнестійкості.

Зазвичай ці отрути виділяються у великих кількостях при горінні, але вони також можуть знаходитися в повітрі і при звичайній температурі [9].

Особливу небезпеку щодо впливу на здоров'я людини представляє підвищена концентрація озону - високотоксичного дратівної газу. Основними джерелами озону на робочих місцях з ВДТ є ЕПТ і лазерні принтери.

Відповідно до ГОСТ 12.1.005-88 «Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони» вміст озону в повітрі не перевищує 0,1 мг / м³; вміст оксидів азоту - 5 мг / м³; вміст пилу - 4 мг / м³.

Основним засобом для запобігання впливу озону та інших шкідливих речовин на здоров'я операторів ПК є забезпечення функціонування припливно-витяжної вентиляції. У нашому випадку функції даного пристрою в приміщенні з ВДТ виконує кондиціонер.

8.2.2 Освітлення.

Освітлення забезпечує нормальні зорові умови праці і є важливим фактором в організації процесу виробництва. Необхідна умова гарної роботи - правильно організоване освітлення, що створює сприятливі умови праці, підвищує працездатність і продуктивність.

Робота користувачів ПК характеризується значними напруженнями зорових аналізаторів, тому виключно важливе значення має забезпечення раціонального освітлення робочих місць.

Зоровий дискомфорт може бути викликаний:

- неправильної орієнтацією робочого місця щодо світлових прорізів (вікон);
- неадекватними світловими характеристиками світильників (і / або) неправильним їх просторовим розташуванням щодо робочих місць;
- освітленням екрану прямим або розсіяним світлом світильників або небосхилу через світлові отвори.

					PI361.466369.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		58

Згідно ДСанПіН 3.3.2.007-98 освітлення в приміщенні з ВДТ поєднане, при якому недостатнє за нормами природне освітлення доповнюється штучним.

Природне освітлення здійснюється через 2 бічних вікна в стіні (бокове одностороннє висвітлення). Розмір кожного з вікон 1,5 м по ширині і 2,5 м по висоті. Загальна площа світлових прорізів 7,5 м². Для забезпечення відносної постійності природнього освітлення вікна обладнані сонцезахисними регульованими жалюзіями. На робочих місцях екрани ВДТ розташовані перпендикулярно відносно світлових прорізів. Згідно ДСанПіН 3.3.2.007-98 коефіцієнт природної освітленості (КПО) має значення не нижче 1,5%.

Робота ведеться з пульсуючим об'єктом, що постійно перебуває в полі зору. Частота оновлення екрану монітора не нижче 75 Гц, коефіцієнт пульсації не перевищує 5%, що відповідає нормам пульсації і освітленості.

Як джерела штучного освітлення використовуються люмінесцентні лампи ЛБ-40, які добре поєднуються з природним освітленням. Крім того, вони створюють дифузні світлові потоки, що сприяє зниженню можливості сліпучої дії світла, відбитого екраном. Світильники загального освітлення ЛСО-02 (2 x 40 Вт) з розсіювачами розташовані у вигляді 2-х суцільних ліній збоку (зліва) від робочих місць паралельно лінії зору користувачів.

Отже, виробниче освітлення відповідає таким вимогам:

- створює на робочій поверхні освітленість, що відповідає характеру зорової роботи і знаходиться в межах встановлених норм;
- рівномірність і постійність рівня освітленості
- зведення до мінімуму пульсацій світлового потоку.

Для створення сприятливих умов необхідно розробити заходи щодо забезпечення необхідної освітленості робочої поверхні в межах встановлених норм, яка відповідає характеру зорової роботи. Проведемо відповідний розрахунок.

Для розрахунку штучного освітлення використовується метод світлового потоку (коефіцієнта використання). Цей метод призначений для розрахунку загального рівномірного освітлення горизонтальних поверхонь. Метод

					РІЗ61.466369.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		59

дозволяє враховувати як прямий світловий потік, так і відбитий від стін і стелі.

Основне розрахункове рівняння методу світлового потоку, за яким можна визначити світловий потік лампи світильника, має вигляд:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E \cdot S \cdot K_z \cdot z}{N \cdot n \cdot \eta} \quad (8.1)$$

де E - нормована освітленість, лк;

S - площа приміщення, яке висвітлюється, м²;

K_z - коефіцієнт запасу;

Z - коефіцієнт нерівномірності освітленості;

N - кількість світильників;

n - кількість ламп в світильнику;

η - коефіцієнт використання світлового потоку.

Оскільки для освітлення приміщення використовується лампа ЛБ-40, то її світловий потік $\Phi_{\text{л}}$ однозначно заданий. Вирішуємо рівняння щодо кількості світильників:

$$N = \frac{E \cdot S \cdot K_z \cdot z}{\Phi_{\text{л}} \cdot n \cdot \eta} \quad (8.2)$$

Розміри приміщення $a = 7$ м, $b = 5$ м, висота $h_0 = 3,5$ м. Відповідно площа приміщення $S = 35$ м². Висота робочих поверхонь (столів) $h_p = 0,75$ м. Приміщення має світлу побілку: коефіцієнти $\rho_{\text{стел}} = 70\%$, $\rho_{\text{стін}} = 50\%$, $\rho_{\text{пидл}} = 30\%$. Нормований мінімальний рівень освітленості E на робочому столі дорівнює 300 лк.

Як світлові пристрої приймаємо світильники типу ЛСО-02 з двома лампами потужністю 40 Вт кожна. Довжина світильника 1265 мм, ширина 292 мм [11]. Оскільки світильники кріпляться до стелі, то їх висота над підлогою майже дорівнює висоті приміщення $h_0 = 3,5$ м, що не суперечить вимогам ДБН В. 2. 5. – 28– 2018 «Природне і штучне освітлення», слідуючи яким $h_{0\text{min}} = 2,6 - 4$ м, коли в світильнику менше 4-х ламп.

					PI361.466369.001 ПЗ	Лис
						60
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		

Коефіцієнт запасу K_3 , який враховує зниження освітленості в результаті забруднення і старіння ламп, визначається в залежності від типу приміщення і використовуваних для освітлення ламп [10]. Для громадських і побутових приміщень при освітленні газорозрядними лампами значення K_3 дорівнює 1,5.

Коефіцієнт z , що характеризує нерівномірність освітлення дорівнює 1,1 для люмінесцентних ламп [11].

Для визначення коефіцієнта використання знаходиться індекс приміщення I та імовірно оцінюються коефіцієнти відображення поверхонь приміщення: стелі, стін, робочої поверхні.

$$i = \frac{a \cdot b}{h(a + b)} \quad (8.3)$$

де h - висота світильника над робочою поверхнею.

$$h = h_0 - h_p = 3,5 - 0,75 = 2,75 \quad (8.4)$$

$$i = \frac{7 \cdot 5}{2,75(7 + 5)} = 1,06$$

При $i = 1.1$ ($i = 1.06$ не існує [11]) $\rho_{\text{стел}} = 70\%$, $\rho_{\text{стін}} = 50\%$, $\rho_{\text{підл}} = 30\%$, для світильника ЛСО-02 коефіцієнт використання світлового потоку = 0,36 [11].

Визначимо необхідну кількість світильників для забезпечення необхідної нормованої освітленості робочих поверхонь. У кожному світильнику встановлено по дві лампи ЛБ-40, світловий потік однієї такої лампи дорівнює $\Phi_{\text{л}} = 3200 \text{ лм}$ [11].

$$N = \frac{300 \cdot 35 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{2 \cdot 3200 \cdot 0,36} = 7,51$$

Приймаємо $N = 8$ світильників, які для забезпечення рівномірності освітлення маємо в два ряди по 4 світильника в кожному. Загальна довжина всіх світильників ряду становить:

$$\sum L_{\text{св}} = 1,265 \cdot 4 = 5,06 \text{ м} \quad (8.5)$$

Таким чином, для забезпечення необхідної нормованої освітленості 300лк потрібно 8 світильників ЛСО-02 з двома лампами ЛБ-40 в кожному.

					РІЗ61.466369.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат-		61

Маємо в своєму розпорядженні світильники в два ряди по 4 світильника в кожному. Загальна довжина всіх світильників в ряді становить 5,06м (Рис. 8.2).

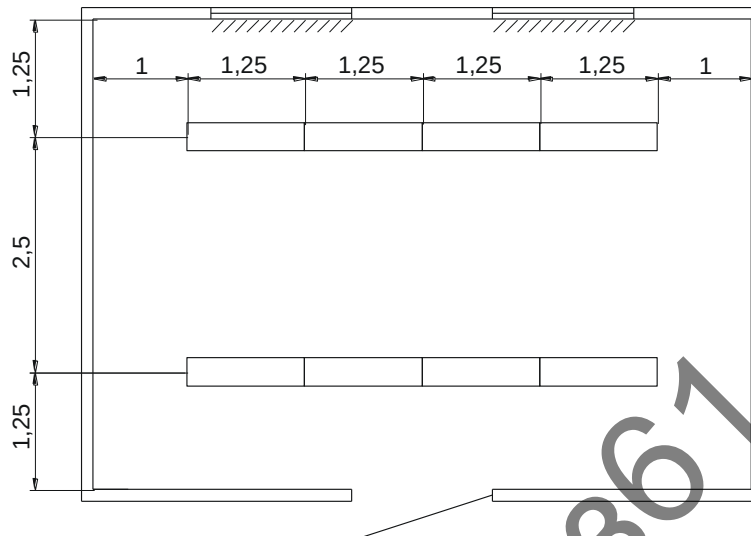


Рис 8.2. Схема розміщення світильників ЛСО-02 в приміщенні з ВДТ

Отже, виробниче освітлення створює на робочій поверхні рівномірний і постійний рівень освітленості, який відповідає характеру зорової роботи і знаходиться в межах встановлених норм.

8.2.3 Виробничий шум і вібрація.

Ті види діяльності, в яких об'єднується напружена розумова робота і інтенсивність використання комп'ютера, характеризуються істотним впливом навіть незначних рівнів шуму.

На робочих місцях з ВДТ основним джерелом шуму є вентилятори системного блоку, накопичувачі інформації. Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях, обладнаних ПК визначені ДСН 3.3.6.037-99 «Державні санітарні норми шуму, ультразвуку та інфразвуку» (таблиця 8.3.).

					РІ361.466369.001 ПЗ	Лис
						62
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		

Таблиця 8.3. Допустимі рівні звуку еквівалентних рівнів звуку, рівні звукового тиску

Вид трудової діяльності	Рівні звукового тиску в дБ									
	в октавних смугах із середньгеометричними частотами, Гц									
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Рівні звуку, еквівалентні рівні звуку дБА/дБАекв
Користувачі ПК	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Шум на робочих місцях з ВДТ є широкосмутовим і постійним, тобто рівень шуму за повний робочий день при роботі обладнання змінюється не більше ніж на 5 дБА.

Оскільки приміщення в адміністративній будівлі, а також робочі місця з ВДТ для розробки РКД сплановані раціонально, то рівні шуму не перевищують норм.

Рекомендовані заходи щодо зниження рівня шумів:

- зниження рівнів шуму в джерелі його створення (в процесі його проектування);
- використання звукопоглинальних і звукоізолюючих засобів.

Під час виконання робіт на ПК у виробничих приміщеннях значення характеристик вібрації на робочих місцях не перевищують допустимих значень, визначених ДСН 3.3.6.037-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. Для зменшення існуючих вібрацій в ПК конструкціях фірмами виробником закладені засоби амортизації.

8.2.4 Випромінювання.

ВДТ та ПК є потенційними джерелами випромінювання декількох діапазонів електромагнітного спектра: рентгенівського, оптичного, радіочастотного. Кожен вид випромінювання відрізняється своїми характеристиками впливу на організм людини.

8.2.4.1. Електростатичні поля.

ВДТ та лазерні принтери є джерелом електростатичних зарядів. Довге перебування в електричному полі, яке створюється цими зарядами, може викликати бронхо-легеневі захворювання, порушення серцево-судинної і нервової систем, ураження шкіри.

Несприятливий вплив електростатичного поля проявляється в тому, що воно здатне притягувати пил, бруд та інші частинки, присутні в повітрі навколо ВДТ і принтерів. Напруженість електростатичного поля миттєво зростає до максимуму в момент включення приладів і надалі поступово зменшується до стабільного рівня. Після виключення ВДТ реєструвалася негативна напруженість поля, яка поступово зменшувалася. У проведених вимірах напруженість електростатичного поля коливалася від 8 до 75 кВ/м.

Згідно НПАОП 0.00-1.29-97 поверхневий електростатичний потенціал відеотерміналу не перевищує 500В.

Напруженість електростатичного поля на робочих місцях з ВДТ не перевищує 20 кВ/м.

Для запобігання створенню напруженості поля і захисту від статичної електрики в приміщенні з ВДТ використовується:

- кондиціонер Samsung;
- екрани ВДТ з провідним шаром;
- приєкранного фільтри із заземленням;

Необхідні додаткові заходи:

- застосування побутових зволожувачів повітря;
- одяг користувача повинен бути з натурального матеріалу: в першому шарі - бавовна;
- екран протирати вологою тканиною;

					PI361.466369.001 ПЗ	Лис
						64
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		

- в приміщенні проводити вологе прибирання.

8.3 Електробезпека

Вимоги електробезпеки в приміщеннях, де встановлені ЕОМ та ПК відображені в НПАОП 0.00-7.15-18. Слідуючи цьому нормативному документу під час проектування систем електроживлення, монтажу основного електрообладнання і електрообладнання та електричного освітлення будівель та приміщень для ЕОМ необхідно дотримуватись вимог «Правил улаштування електроустановок (ПУЕ)», правил пожежної безпеки в Україні та інших нормативних документів, які стосуються штучного освітлення і електротехнічних пристроїв, а також вимог нормативно-технічної експлуатації документації заводу -виробника.

За ступенем небезпеки ураження електричним струмом приміщення належить до III категорії, тобто приміщення без підвищеної небезпеки, в якому відсутні умови, що створюють підвищену або особливу небезпеку.

У приміщенні використана однофазна мережа з глухозаземленою нейтраллю.

Лінія електромережі для живлення ПК, периферійних пристроїв ПК виконувалася як окрема групова трипровідна мережа шляхом прокладання фазового, нульового робочого та нульового захисного провідників.

Нульовий захисний провідник використовується для занулення електроприймачів і прокладається від стійки групового розподільного щита, розподільного пункту до розеток живлення. Занулення є електричне з'єднання з нульовим захисним провідником металевих неструмоведучих частин, які можуть опинитися під напругою. Це основний засіб захисту від ураження користувачів струмом в разі дотику до корпусів електрообладнання, які опинилися під напругою в результаті короткого однофазного замикання.

Принцип дії занулення - перетворення пробією на корпус в одноразове коротке замикання, тобто замикання між фазовим і нульовим проводами з метою створення струму, здатного забезпечити спрацювання захисту. При пробитті на корпус в ланцюзі короткого замикання виникає великий струм

					РІЗ61.466369.001 ПЗ	Лис
						65
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		

короткого замикання, який забезпечує відключення фази плавким запобіжником.

У схемі з зануленням були дотримані наступні вимоги ПУЕ:

1. Повна провідність нульового проводу у всіх випадках не менше провідності фазного проводу;
2. Щоб забезпечити безперервність ланцюга занулення, в нульовому проводі відсутні запобіжники і вимикачі;
3. Опір замикаючого пристрою, до якого приєднується нейтраль джерела живлення (робоче заземлення), не перевищує значень, наведених в таблицях і довідниках;

Всі провідники відповідають номінальним параметрам мережі та навантаження, умовам навколишнього середовища, умовам розподілу провідників, температурному режиму та типам апаратури захисту, вимогам ПУЕ.

ПК, периферійні пристрої ПК підключаються до електромережі змінного струму з напруги 220 В і частотою 50 Гц за допомогою штепсельних з'єднань та електророзеток заводського виробництва. Штепсельні з'єднання та електророзетки крім контактів фазового та нульового робочого провідників мають спеціальні контакти для підключення нульового захисного провідника. Конструкція їх така, що при з'єднанні нульовий захисний провідник підключається раніше, ніж з'єднання фазового і нульового робочого провідників. Порядок роз'єднання зворотний.

Електромережа штепсельних розеток для живлення ПК та периферійних пристроїв розташована уздовж стіни на підлозі в металевих трубах і гнучких металевих рукавах з відповідними відводами. Металеві труби і гнучкі металеві рукава заземлені відповідно до вимог НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів».

8.4 Пожежна безпека

Для будівель і приміщень, в яких експлуатуються ЕОМ спеціальні протипожежні заходи визначені Правилами пожежної безпеки в Україні.

					РІЗ61.466369.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		66

Будинки й приміщення, в яких знаходяться ЕОМ, II ступеня вогнестійкості. Адміністративна будівля і приміщення, в якому експлуатується ЕОМ, мають категорію "В" вибухопожежної та пожежної небезпеки відповідно до ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень і будинків з вибухопожежної і пожежної небезпеки». До категорії "В" відносяться пожежонебезпечні приміщення, в яких горючі і важко горючі рідини, тверді горючі і важкогорючі речовини і матеріали (в тому числі пил та волокна), речовини і матеріали, здатні при взаємодії з водою, киснем повітря або одне з одним горіти, за умови, що приміщення, в яких вони знаходяться (використовуються), не належать до категорії "А" і "Б".

Згідно ПУЕ, приміщення з ВДТ відноситься до пожежонебезпечної зони класу П-Па. Даний клас визначає зони приміщень, в яких існують тверді або волокнисті горючі речовини. Горючий пил і волокна не виділяються. В даному приміщенні можливий клас пожежі А, тобто горіння твердих речовин. Відповідні позначення нанесені на входні двері приміщення.

Фальшпідлога в приміщенні з ЕОМ виготовлена з негорючих матеріалів. Простір під з'йомною підлогою розділений негорючими діафрагмами на відсіки. Комунікації прокладені крізь діафрагми в спеціальних обоймах з застосуванням негорючих ущільнювачів для запобігання проникнення вогню з одного відсіку в інший, а також з простору між підлогами в приміщенні. Простір між статями під знімною підлогою оснащено системою автоматичної сигналізації та засобами пожежогасіння відповідно вимог ДБН В.2.5-56:2014, з використанням димових пожежних сповіщувачів.

Причини виникнення пожежі:

- коротке замикання;
- робота без стабілізатора напруги;
- проведення зварювальних робіт в інших приміщеннях будівлі може дати скачок напруги;
- необачне поводження з вогнем (паління в недозволеному місці, користування кип'ятильниками, обігрівальними приладами).

					РІЗ61.466369.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		67

Приміщення, в якому знаходяться ПК, оснащене системою автоматичної сигналізації з димовими пожежними сповіщувачами ДП-1 і 4-ма переносними вуглекислотними вогнегасниками ВВ-5 в розрахунку 2шт. на кожні 20 м².

Два рази в квартал очищаються від пилу агрегати та вузли, кабельні канали та простір між підлогою та фальшпідлогою.

При виникненні пожежі в приміщенні евакуація людей можлива через передбачені два евакуаційні виходи відповідно до НАПБ А.01.003-2009, які через коридор ведуть на сходову площадку. При цьому сходові майданчики мають вихід назовні через вестибюль.

					РІ361.466369.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		68

ВИСНОВКИ

В даному дипломному проекті було розроблено конструкцію пристрою автоматичного поливу рослин.

Було проведено аналіз схеми електричної принципової, на основі цього аналізу здійснено компонування елементів на платі і виконано її розміром 80x80 мм, що задовольняє вимогам технічного завдання. При виборі матеріалів і компонентів були враховані вимоги до малих габаритів, маси і параметрів надійності. Також при виборі конструкції були розглянуті два варіанти оформлення і компонування конструкції пристрою і з них було обрано оптимальний варіант. Конструкція приладу має невеликі габарити та масу відносно розглянутих аналогів, і менша їх більш ніж в 25 разів.

Були проведені розрахунки, щодо працездатності пристрою, а саме, була розрахована надійність його роботи, де ми побачили що, середній наробіток на відмову в два рази більше, а середній час відновлення пристрою в три рази менший заданих параметрів ТЗ. Механічні удари, тряска та вібрації не впливають на роботу пристрою.

Було розраховано вартість виробництва даного пристрою, яка майже в 2 менша за ціни аналогів.

В ході виконання дипломному проекту розроблено комплект конструкторської документації в кількості, яка дає можливість зрозуміти принцип роботи пристрою.

Проект виконано згідно зі стандартами, що регламентують виконання такого роду робіт.

					РІЗ61.466369.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		69

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни „Конструювання РЕЗ” та дипломних проектів – для студентів за напрямком „Електронні апарати” / Укл.:Б.М.Уваров. – Київ: КПІ, 1998.
2. Электронный контроллер 11-секций,WHITE LINE WL-31S11 — agrostandart.in.ua *[Електронний ресурс]* — Режим доступу: <https://agrostandart.in.ua/p1137309450-elektronnyj-kontroller-sektsijwhite.html> — Назва з екрану.
3. Контроллер Hunter X Core 401E, наружный, 4 зоны полива — rozetka.com.ua *[Електронний ресурс]* — Режим доступу: <https://rozetka.com.ua/ua/43240008/p43240008/> — Назва з екрану.
4. Бирюков С.А. Цифровые устройства на МОП-интегральных микросхемах. – М.: «Радио и связь», 1990. – 128 с.; ил.
5. Комбінований позитивний метод, pcbdesigner.ru *[Електронний ресурс]* — Режим доступу: <http://pcbdesigner.ru/pcb/sposobi-izgotovleniya-pechatnihplat/kombinirovannye-metody.html> — Назва з екрану.
6. Конструирование РЭА. Оценка и обеспечение тепловых режимов. Учеб. пособие / В. И. Довнич, Ю. Ф. Зиньковский. – К.: УМК ВО, 1990. –240 с.
7. Конструювання та технологія радіоелектронних засобів. Методика розрахунку механічної та ударної дії на плату. / Р. С. Лободзінська, О.П. Шеремета, О.І. Нікольський, О.А. Костюк. // Вінниця ВНТУ. – 2007. – С. 57–63.
8. Жидецкий В.Ц., Джигирей В.С., Мельников О.В. Основы охраны труда. Учебное пособие – изд. 4-е, доп. – Львов: Афиша, 2000 - 350с.
9. Жидецкий В.Ц. Охраны труда пользователей компьютера. Учебное пособие – изд. 2-е, доп. – Львов: Афиша, 2000 - 176с.
- 10.Жидецкий В.Ц., Джигирей В.С., Сторожук В.М. и др. Практикум по охране труда. Учебное пособие – Львов: Афиша, 2000 - 352с.
- 11.Под ред. Кнорринга Г.М. Справочная книга для проектирования электрического освещения. "Энергия", 1976г. 384с.

					<i>P/361.466369.001 ПЗ</i>	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат.		70

ДОДАТОК «А» ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

**Технічне завдання
до дипломного проекту
на тему: «Пристрій автоматичного поливу рослин»**

Київ – 2020 року

					PI361.466369.001 ПЗ	Лис
						71
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		

1. Найменування та область застосування.

Прилад для автоматичного поливу рослин призначений для використання в житлових приміщеннях.

2. Підстава для розробки.

Завдання на дипломний проект.

3. Мета і призначення розробки.

Метою розробки є створення приладу з невеликими габаритами та простою і надійною формою реалізації, а також за доступною ціною.

5. Технічні вимоги.

5.1. Склад виробу та вимоги до конструктивного пристрою.

Виріб складається з печатної плати, розміщеної в корпусі та блока живлення. Мотор водяної помпи вибираються окремо відповідно до потреб користувача.

Конструкція виробу повинна бути стаціонарною, з габаритними розмірами не більше 100мм (довжина), 100мм (ширина). Живлення пристрою здійснюється від зовнішнього (мережного) джерела живлення.

5.2. Показники призначення.

Інтервал періодичності поливу	24 год.
Інтервал тривалості поливу	1-20 хв.

5.3. Вимоги до надійності.

Середній наробіток на відмову, не менше	5000 ч.
Середній час відновлення, не більше	20 хв.
Середній термін служби, не менше	5 років.

5.4. Вимоги до технологічності та метрологічного забезпечення розробки, виробництва та експлуатації.

					PI361.466369.001 ПЗ	Лис
						72
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		

- Керуватися передовими прийомами виготовлення деталей та зборки.
- Вимоги до рівня уніфікації і стандартизації.
- Коефіцієнт застосовності за типорозмірами 0,5.

5.6. Вимоги безпеки та вимоги до охорони праці.

Керуватися загальними вимогами техніки безпеки до апаратури ГОСТ 1220070-75, ГОСТ 12.1.019-79, ГОСТ 12.1.038-88.

5.7. Вимоги до естетики і ергономіки.

Пристрій повинний відповідати естетичним та ергономічним вимогам для апаратури спеціального призначення за ГОСТ 16081-81.

5.9. Вимоги до складових частин виробу, сировини, вихідним та експлуатаційним матеріалам.

Використовувати деталі і матеріали, які випускають серійно промисловістю і дозволені до застосування в радіоелектронній апаратурі спеціального призначення.

Максимально застосовувати уніфіковані і раніше розроблені вироби.

5.10. Умови експлуатації.

Категорія виконання УЗ за ГОСТ 15150-69:

температура $-40 \div +40^{\circ} \text{C}$;

відносна вологість 80% при 20°C ;

атмосферний тиск $650 \div 800 \text{ мм рт. ст.}$

5.11. Вимоги до маркування і пакування.

Маркування й упаковка пристрою і тари повинні здійснюватися за ОСТ 39.100-80, розділ 6, "Маркування, пакування, транспортування і збереження".

На лицьовій стороні пристрою вказати його найменування і товарний знак заводу виробника.

					PI361.466369.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		73

На тильній стороні нанести заводський номер і дату виготовлення.

Органи підключення маркувати відповідно до їхнього функціонального призначення.

На друкованій платі нанести децимальний номер плати.

Шрифти і знаки, які застосовувані для маркування повинні відповідати ГОСТ 2831-62.

Консервація пристрою повинна здійснюватися за ДСТ 8.11- 78.

5.11.8. Виріб повинний бути упакований в індивідуальну тару.

5.12. Вимоги до транспортування і збереження.

Транспортування і збереження виробу повинно здійснюватися за ГОСТ 15150-69.

6. Економічні показники.

Тип виробництва – дрібносерійне.

7. Стадії й етапи розробки.

Розробка пристрою повинна здійснюватися по наступним етапах:

- технічна пропозиція;
- ескізний проект;
- технічний проект.

					PI361.466369.001 ПЗ	Лис
						74
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		

ДОДАТОК «Б»

Кавалеров О.Д. РІ-361, 2020

					РІ361.466369.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Да-		75