

**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 проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

**за освітньо-професійною програмою «Інтелектуальні технології
мікросистемної радіоелектронної техніки»**

за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

на тему: «Автоматизована система поливу»

Виконав:

студент IV курсу, групи РІ-г61-1
Терещенко Дмитро Валерійович

Керівник:

Старший викладач
Адаменко Володимир Олексійович

Консультант з охорони праці

к.б.н., доцент
Гусєв Аркадій Миколайович

Рецензент:

к.т.н., доцент каф. РОС
Лащєвська Наталія Олександрівна

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

Студент _____

Київ – 2020 року

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

Кафедра радіоконструювання та виробництва радіоапаратури

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність 172 “Телекомунікації та радіотехніка”

Освітньо-професійна програма «Інтелектуальні технології мікросистемної радіоелектронної техніки»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о.зав. кафедри

_____ Євгеній НЕЛІН

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту
Терещенку Дмитру Валерійовичу

1. Тема проєкту: «Автоматизована система поливу»

Керівник проєкту Адаменко Володимир Олексійович, старший викладач, затверджені наказом по університету від «21» травня 2020 р. №1126-с

2. Термін подання студентом проєкту 05 червня 2020 року _____

3. Вихідні дані до проєкту: Діапазон напруги живлення 210-250 В, з'єднання з Wi-Fi, робочий діапазон вологості 0-60%, робочий діапазон температур +1 – +35 °С.

4. Зміст пояснювальної записки: Вступ, Огляд наявних рішень, Розробка програмного забезпечення, Проектування приладу, Охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) Схема електрична структурна, складальний кресленик, алгоритм роботи програми. _____

6. Консультанти розділів проекту*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
З охорони праці	к.б.н., доцент Гусєв А М		

7. Дата видачі завдання 13 квітня 2020 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Огляд існуючих рішень	06.05 – 08.05	
2	Розробка та аналіз технічного завдання	09.05 – 14.05	
3	Вибір та обґрунтування схемотехнічного рішення	15.05 – 19.05	
4	Розробка програмного забезпечення	20.05 – 22.05	
5	Проектування приладу	23.05 – 26.05	
6	Аналіз працездатності приладу	27.05 – 28.05	
7	Охорона праці	29.05 – 30.05	
8	Оформлення текстової та графічної документації	30.05 – 03.06	

Студент

Дмитро Терещенко

Керівник

Володимир Адаменко

* Якщо визначені консультанти. Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проекту.

**Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Автоматизована система
поливу»**

Київ – 2020 року

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	3
ВСТУП	5
1 ОГЛЯД НАЯВНИХ РІШЕНЬ.....	6
1.1 Огляд наявних аналогів на ринку.....	6
1.2 Аналіз технічного завдання	11
2 ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СХЕМОТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ	13
2.1 Розробка структурної схеми	13
2.2 Вибір плати з мікроконтролером	13
2.3 Вибір датчика температури.....	17
2.4 Вибір датчика вологості	17
2.5 Вибір електромагнітного клапана	18
2.6 Вибір силового модуля.....	18
2.7 Вибір блоків живлення.....	20
3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	21
3.1 Вибір мови програмування	21
3.2 Підключення мікроконтролера до Wi-Fi	21
3.3 Підключення датчика температури.....	23
3.4 Підключення датчика вологості ґрунту.....	25
4 ПРОЕКТУВАННЯ ПРИЛАДУ	28
4.1 Опис макета	28

PI61.271241.001 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розробив		Терещенко Д.В.		
Перевірів				
Рецензував				
Н.контр.				
Затвердив		Адаменко В.О.		
Автоматизована система поливу				
		Літера	Арк.	Аркушів
			1	
КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. КіВРА Гр. PI-з61-1				

4.2 Перевірка працездатності.....	30
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	32
5.1 Визначення основних потенційно шкідливих та небезпечних виробничих факторів	32
5.2 Технічні рішення та організаційні заходи з безпеки і гігієни та виробничої санітарії.....	33
5.2.1 Вимоги з охорони праці при роботі з ПК.....	33
5.2.2 Вимоги до освітленості робочих місць користувачів ПК.....	34
5.2.3 Електробезпека.....	36
5.2.4 Виробничий шум.....	37
5.2.5 Мікроклімат зони	37
5.3 Пожежна безпека.....	38
ВИСНОВКИ.....	41
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	42
ДОДАТКИ.....	47

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

A0 (від англ. Analog input 0) – перший вхід аналоговий.

Bluetooth BR (від англ. Bluetooth Basic Rate) – Bluetooth з базовою швидкістю передачі даних.

Bluetooth EDR (Bluetooth Enhanced Data Rate) – Bluetooth з підвищеною швидкістю передачі даних.

D0 (від англ. Digital input 0) – перший вхід цифровий.

ESP32 – серія мікроконтролерів типу «система на кристалі», що мають інтегровані контролери Wi-Fi і Bluetooth, низьке енергоспоживання і невисоку ціну.

GND (від англ. ground) – заземлення, земля; позначення на устаткуванні.

GSM/GPRS – стандарт, який використовує не зайняту голосовим зв'язком смугу частот для передачі інформації.

I2C — послідовна шина даних для зв'язку інтегральних схем.

IDE (від англ. Integrated development environment) – інтегроване середовище розробки.

SDIO (від англ. Secure Digital Input/Output) – стандарт, що дозволяє використовувати зі слотом розширення формату SD/MMS відповідну периферію.

SPI (від англ. Serial Peripheral Interface) – послідовний периферійний інтерфейс.

SRAM (від англ. Static Random Access Memory) – статична оперативна пам'ять з довільним доступом.

UART (від англ. Universal Asynchronous Receiver/Transmitter) – універсальний асинхронний приймач/передавач.

USB – універсальна послідовна шина.

VCC (від англ. Voltage Collector-to-Collector) – живлення; позначення на устаткуванні.

Wi-Fi (від англ. Wireless Fidelity) – бездротова точність відтворення.

					PI61.271241.001 ПЗ	Арк
						3
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

АСП – автоматизована система поливу.

АЦП – аналого-цифровий перетворювач.

ДБН – державні будівельні норми.

ПУЕ – правила улаштування електроустановок.

ЦАП – цифро-аналоговий перетворювач.

Терещенко Д.В. РІ-Г61-1, 2020

					РІ61.271241.001 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		4

ВСТУП

Сьогодні системи автоматичного поливу лише набувають популярності і не здобули широкого розповсюдження. Наявні системи поливу використовуються на великих полях, присадибних ділянках, садах та городах, але вони потребують керування людиною та відстеження рівня поливу. Автоматичні системи повністю відкидають потребу у постійному нагляді людиною, дозволяють краще відстежити, наскільки полита зона, та зменшити витрати води.

Зараз на українському ринку автоматичного поливу лідерами є дві американські компанії Hunter та Rain Bird, які орієнтовані або на великі сільськогосподарські поля, або на галявини з газоном. До того ж, ціна на ці системи досить висока. Відсутність на ринку автоматичних систем поливу для невеликих присадибних ділянок з різними зонами поливу, а також перераховані вище переваги такої системи визначають **актуальність** дипломного проекту.

Метою роботи є проектування системи автоматизованого поливу для дачних ділянок з різноманітною рослинністю, а саме: плодовим садом та городом.

Для досягнення вказаної мети необхідно виконати такі **завдання**:

- проаналізувати наявні на ринку аналоги автоматизованих систем поливу, виявити їх переваги і недоліки;
- розробити структурну схему власної автоматизованої системи поливу;
- розробити програмне забезпечення системи;
- створити макет для тестування обладнання та програмного забезпечення.

					РІ61.271241.001 ПЗ	Арк
						5
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ОГЛЯД НАЯВНИХ РІШЕНЬ

1.1 Огляд наявних аналогів на ринку

Виявлені аналоги на українському ринку автоматизованих систем поливу (АСП). На сьогодні найбільший попит мають такі компанії з виробництва АСП:

- «Hunter»;
- «Rain Bird»;
- «Irritec»;
- «Полив-плюс»;
- «АкваБуд».

Розглянемо кожну компанію окремо.

«**Hunter**» [1] пропонує автоматичні системи поливу для зрошення прибудинкової, паркової, присадибної ділянки у теплу пору року. На блоці управління можна налаштувати частоту поливу та його тривалість. У випадку дощу або зниження температури до критичного мінімуму система не вмикається.

Для керування струменями води використовуються електромагнітні клапани, які управляються контролером.

Для контролю погодних умов використовуються датчики дощу, температури, вітру або метеостанції.

Для управління системою використовуються пульти керування на корпусі контролера. Датчики та клапани можуть бути з'єднані контролером за допомогою дротів, GPRS або GSM (стільниковий оператор зв'язку). Один контролер може керувати однією або кількома зонами поливу.

Також управляти системою можна з комп'ютера. Спеціально розроблена програма дозволяє керувати всіма налаштуваннями контролера, отримувати перелік помилок, переглядати вхідні дані, статус обладнання, зони поливу у вигляді схематичної карти місцевості.

					РІ61.271241.001 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		6

Отже, системи «Hunter» розраховані на великі території з бажаною присутністю оператора. Використання GPRS або GSM є надлишковим на малих територіях та занадто витратним в обслуговуванні. Застосування такої потужної системи не має сенсу в домашніх умовах.

«Rain Bird» [2] виробляє системи поливу для присадибних ділянок, спортивних майданчиків та сільськогосподарських полів. Пропонується велике різноманіття контролерів та допоміжних систем.

Керування струменями води, залежно від варіанта встановлення, може здійснюватися електромагнітними клапанами або насосами.

Для контролю погоди використовується метеостанція чи датчик дощу із термометром. Можливе встановлення системи без датчиків погоди.

Найпростіші моделі контролерів опрацьовують лише одну зону поливу за визначеним часом. Найскладніші можуть контролювати до 8 зон поливу за чотирма встановленими програмами.

Підключення усіх датчиків, клапанів і насосів проводиться через дроти. Налаштування системи у більшості випадків здійснюється через панель керування на корпусі контролера. Також найпотужніші моделі контролера дають можливість під'єднати смартфон за допомогою wi-fi.

Отже, «Rain Bird» пропонує досить широкий вибір пристроїв управління потоком води, датчиків та контролерів. Можливість встановлення одного контролера для багатьох зон поливу дозволяє використовувати систему як для присадибної ділянки, так і для саду чи газону. Функція вибору кількох програм наявна лише у найдорожчих моделей контролера і не дозволяє встановити індивідуальну програму для кожної зони поливу. Найдешевші ж моделі контролера дають можливість використовувати лише таймер для поливу без датчиків погоди. Усі ці особливості свідчать про те, що автоматизована система поливу «Rain Bird» є придатною для невеликих ділянок з незначним різноманіттям рослин.

					PI61.271241.001 ПЗ	Арк
						7
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

«Irritec» [3] пропонує зрошувальні системи автоматичного поливу для сільськогосподарських ділянок та фермерських теплиць. Системи орієнтовані на великі площі та використання води з природних водойм.

Струмені поливу керуються насосами, що дає змогу самостійно регулювати витрати води

Контроль погодних умов відбувається за допомогою метеостанції та кількох термометрів.

Контролер можна розташовувати у будь-якому зручному місці. Він з'єднується з блоками управління за допомогою дротів або радіохвиль та охоплює до 20 зон поливу. Також контролер має функцію змішування добрива для поливу і вибору резервуарів з готовим добривом для кожної ділянки.

Повне налаштування та керування системою здійснюється через програмне забезпечення комп'ютера, під'єданого до контролера радіохвилями чи дротами.

Отже, «Irritec» спрямована на обробку великих фермерських територій полів та садів. Оскільки зони керування є завеликими для присадибних ділянок, а використання насосів при централізованому водопостачанні недоречне та надмірне, то система не є придатною для домашнього використання.

«Полив-плюс» [4] пропонує зрошення газону та присадибних ділянок із мінімальним функціоналом та максимальною непомітністю для реалізації різних рішень ландшафтного дизайну.

Керування водяними струменями відбувається за допомогою електромагнітних клапанів.

Для контролю погодних умов використовується датчик дощу.

Кожний контролер розрахований на одну зону поливу і розміщений біля неї. До контролера підключені висувні зрошувачі, які розташовані на ділянці для того, аби система поливу була непомітною. Усі модулі підключені дротами до контролера.

					РІ61.271241.001 ПЗ	Арк
						8
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Налаштування контролера, а саме часу і критичної вологості поливу, здійснюється безпосередньо з панелі керування на корпусі.

Отже, автоматизована система поливу компанії «Полив-плюс» спрямована на обробку газонів та невеликих садів. Оскільки налаштувати температуру поливу неможливо, виникає необхідність власноруч корегувати систему в залежності від погодних умов. Цей факт, а також необхідність окремого контролера для кожної зони поливу, використання специфічних зрошувачів роблять АСП виробництва «Полив-плюс» не вигідними для городу і саду з різними видами рослин.

«АкваБуд» [5] пропонує системи автополиву для садів та газонів із різними джерелами подачі води: забір із ємності, викачування із свердловини, централізоване водопостачання.

Керування водяними струменями здійснюється за допомогою електромагнітних клапанів або насосів, в залежності від вибору джерела подачі води.

Для контролю погодних умов застосовуються термометри та датчики світла і дощу.

Один контролер керує кількома зонами поливу, що є достатнім для обробки газону та саду. Управління контролером здійснюється за допомогою панелі керування на його корпусі. Усі з'єднання проводяться дротами.

Отже, «АкваБуд» спеціалізується на АСП для садів та галявин із газоном. Оскільки система орієнтована на малу кількість зон поливу і використовує холодну воду із свердловини без нагрівача, вона є неприйнятною для городів та плодкових садів.

Можна зробити висновок, що найбільші з розглянутих компаній – «Hunter» та «Irritec» – орієнтовані на великі площі поливу (парки, поля). Це виправдовує використання GSM та GPRS технологій, які є занадто дорогими та надмірними для присадибних ділянок. Для полів і парків прийнятними також є контролери, розраховані великі зони поливу. Можливість налаштування системи та керування нею з комп'ютера важлива для територій,

					РІ61.271241.001 ПЗ	Арк
						9
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

які не можна швидко обійти пішки, перевіряючи справність кожного компонента. Використання датчиків дощу є виправданим на великих рівних територіях, але не буде вдалим на неоднотипному ландшафті.

Усі інші розглянуті компанії виробляють системи поливу для малих ділянок. Більшість з них орієнтовані на обробку газонів і неплодових садів, а тому пропонують висувні зрошувачі для збереження ландшафтного дизайну («Полив-плюс») та можливість використання холодної води із свердловини («АкваБуд»). Окрім того, компанії «Rain Bird» і «АкваБуд» виготовляють системи поливу для ділянок з однотипними рослинами, про що свідчить управління контролером малою кількістю зон.

Серед проаналізованих автоматизованих систем поливу було виявлено такі недоліки: використання недостатньої кількості датчиків погоди («Полив-плюс», «Rain Bird»), висока вартість обладнання керування (усі компанії), необхідність в операторі («Hunter», «Irritec»).

На основі переглянутих автоматизованих систем поливу та врахуванні їх переваг і недоліків було запропоновано власний проект – АСП для присадибної плодової ділянки. Оскільки використання тільки статичного пульта або комп'ютера не є у такому випадку зручним, необхідна можливість керування системою із переносного пристрою, а саме смартфона. Доцільним буде використання Wi-Fi. Додаток на смартфоні повинен забезпечити повне налаштування системи та її керування.

У запропонованій системі поливу буде використано датчики температури та вологості ґрунту. Інформації, отриманої з них, достатньо для визначення необхідних погодних умов. Управління струменями води буде здійснюватися за допомогою насоса та електромагнітних клапанів. Для налаштування системи будуть враховані дані температури, вологості ґрунту та часу.

					РІ61.271241.001 ПЗ	Арк
						10
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2 Аналіз технічного завдання

Згідно з технічним завданням необхідно розробити систему для автоматичного поливу території біля будинку: саду та городу.

Контролер розташовується в приміщенні.

Живлення контролера здійснюється від мережі 220 В.

Корпус має вигляд паралелепіпеда з кріпленнями до стіни та отворами для дротів датчиків та живлення. Корпус складається з двох частин, що дає можливість, не знімаючи його зі стіни, робити налаштування контролера.

За показниками надійності пристрій повинен мати гарантійний термін не менше 12 місяців. Технічним обслуговуванням та ремонтом займається фірма-розробник.

Використання пристрою передбачається у житлових опалюваних приміщеннях без агресивних середовищ.

За ГОСТ16019-2001 [7] система відповідає групі апаратури С1: стаціонарна, встановлювана в опалюваних наземних та підземних спорудах. Характеристики наведені у таблиці 1.1.

					РІ61.271241.001 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		11

Таблиця 1.1 – Характеристики та значення механічних та кліматичних чинників.

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

Згідно з ГОСТ15150-69 [6], запропонована система поливу відповідає УХЛ 4: для експлуатації в приміщеннях зі штучно регульованими кліматичними умовами. За цих умов нижня робоча температура складатиме +1°С, верхня робоча температура – +35°С. Гранична нижня робоча температура складатиме +1°С, гранична верхня температура – +40°С. Середня відносна вологість не має перевищувати 60% при 20°С, гранична відносна вологість – 80% при 25°С.

2 ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СХЕМОТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ

2.1 Розробка структурної схеми

На рисунку 2.1 зображено структурну схему автоматичної системи поливу.

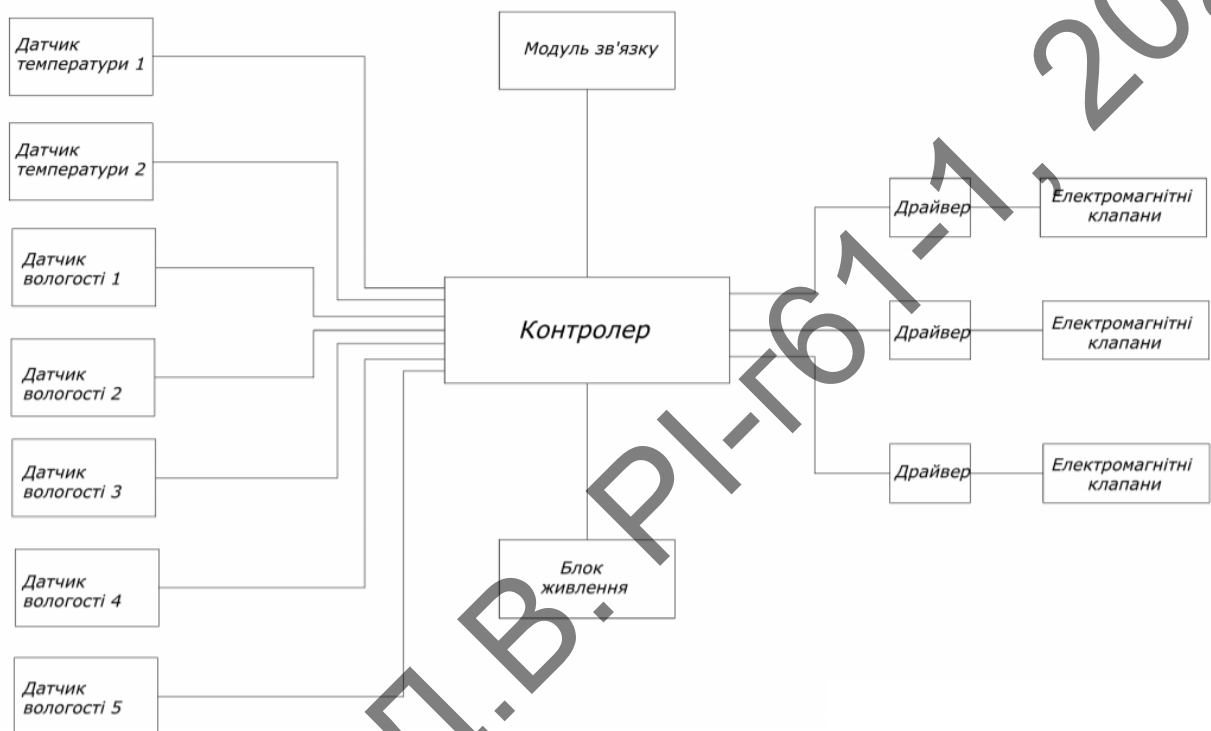


Рисунок 2.1 – Структурна схема автоматичної системи поливу

На структурній схемі зображено порядок взаємодії елементів. Дані з датчиків передаються на контролер, після чого контролер дає команду клапанам через драйвери. У режимі реального часу на роутер через модуль зв'язку передається інформація з датчиків та активних клапанів.

2.2 Вибір плати з мікроконтролером

Серед мікроконтролерів розглядалися STM32 [8], Arduino [9], Espressif [10]. Контролер STM32 має велику обчислювальну потужність, через що є досить дорогим, також достатньо незручну оболонку для програмування, а для підключення до мережі потребує окремий модуль.

Зображення мікроконтролера STM32 на рисунку 2.2.



Рисунок 2.2 – Пристрій STM32

Контролери Arduino дуже зручні у програмуванні, мають відносно невелику обчислювальну потужність та невелику кількість аналогових входів. Як і для STM32 потребує окремого модуля зв'язку.

Зображення мікроконтролера Arduino UNO на рисунку 2.3.



Рисунок 2.3 – Пристрій Arduino UNO

Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

PI61.271241.001 ПЗ

Арк

14

Із вбудованим на плату модулем зв'язку є плати компанії *Espressif*. Досить популярна модель ESP8266 [11], але модель ESP32 [12] перевершує свого попередника по багатьом характеристикам, тому розглянуто саме цю модель. Контролер від компанії *Espressif* заходиться приблизно в одному ціновому діапазоні з Arduino, але значно перевершує другий по технічним характеристикам. Також ESP32 має можливість програмуватися в оболонці Arduino IDE [13]. Порівняно із STM32, ESP32 значно дешевше, а також перевершує STM32 по технічним характеристикам. Вбудований модуль Wi-Fi також є перевагою над іншими варіантами.

ESP32 розроблений на базі процесора Tensilica Xtensa LX6, здатний надійно функціонувати в промислових умовах з робочою температурою від -40°C до $+125^{\circ}\text{C}$. Працюючи розширеними схемами калібрування, ESP32 може динамічно видаляти недоліки зовнішніх даних і пристосовуватися до змін навколишнього середовища.

Зображення мікроконтролера ESP32 на рисунку 2.4.

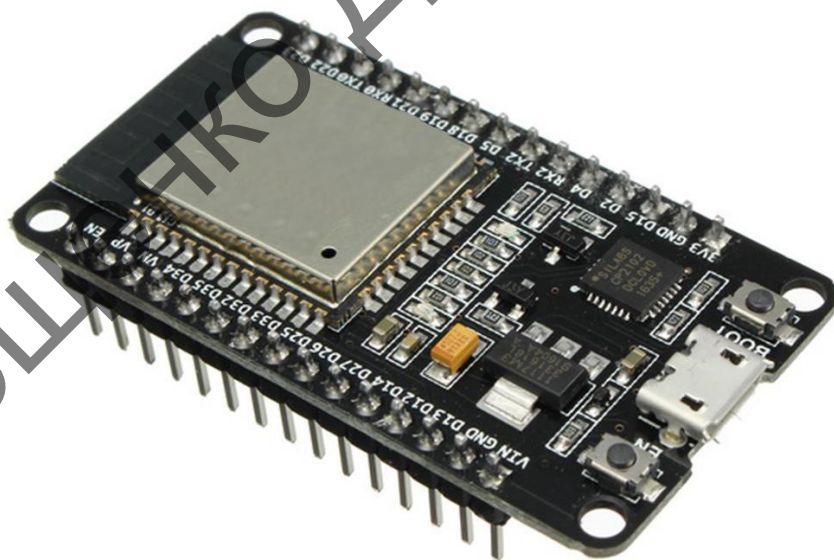


Рисунок 2.4 – Пристрій ESP32

					PI61.271241.001 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		15

ESP32 має наднизьке енергоспоживання завдяки комбінації кількох типів власного програмного забезпечення. Це безперечно вдале рішення для приладу, який багато часу перебуває у режимі очікування та безперервно працює.

Взаємодія з іншими системами для забезпечення функцій Wi-Fi та Bluetooth відбувається через інтерфейси SPI / SDIO або I2C / UART.

ESP32 має дуже високий рівень інтеграції із вбудованими антенними вимикачами, радіочастотним підсилювачем, підсилювачем потужності, низькошумним приймальним підсилювачем, фільтрами та модулями управління потужністю.

ESP32 має такі технічні характеристики:

- Tensilica Xtensa LX6 двоядерний 32-розрядний процесор, із тактовою частотою 240 МГц та продуктивністю до 600 DMIPS [14];
- 520 КБ пам'яті SRAM;
- Wi-Fi: 802.11 b / g / N;
- Bluetooth: v4.2 BR/EDR and BLE;
- 12-ти розрядний АЦП до 18 каналів;
- 2 x 8 біт ЦАП;
- Робоча напруга 3,3 В;
- Напруга живлення 5-14 В;
- Максимальний струм одного виводу 12 мА;
- 15 аналогових входів (12 біт);
- 2 аналогових виходу (8 біт).

Отже, найважливішими критеріями, за якими була обрана ESP32, є низьке енергоспоживання, вбудовані модуль Wi-Fi та антени. Також цей мікроконтролер значно дешевший за наявні на ринку аналоги з такою самою обчислювальною потужністю.

					PI61.271241.001 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		16

Оскільки був обраний мікроконтролер із вбудованим Wi-Fi модулем, використання окремого модуля не потрібне.

2.3 Вибір датчика температури

Для більш точного налаштування поливу було вирішено використовувати датчики температури окремо від датчиків вологості. Оскільки умови поливу рослин мають досить вузький діапазон температури, можна обрати відповідний датчик із невеликим діапазоном, орієнтуючись на ціну. Вибір був між DS18B20 [15] із температурним діапазоном $-55 - +125^{\circ}\text{C}$ і вартістю 40 грн за одиницю, 0,5M NTC 10K [16] із діапазоном $-25 - +105^{\circ}\text{C}$ та вартістю 25 грн за одиницю, термодатчиком ADECS [17] із температурним діапазоном $-55 - +125^{\circ}\text{C}$ і вартістю 50 грн за одиницю, датчик температури CX817 [18] із температурним діапазоном $0 - +600^{\circ}\text{C}$ і вартістю 63 грн за одиницю.

Таблиця 2.1 – Характеристики датчика температури 0,5M NTC 10K

Параметр	Значення
Діапазон виміру, $^{\circ}\text{C}$	$-20 - +105$
Константа розсіювання, мВТ/ $^{\circ}\text{C}$	5
Опір ізоляції, МОм	>100

Оскільки різниця у діапазоні температур у нашому випадку не важлива, обираємо більш дешевий варіант. Характеристики 0,5M NTC 10K наведені у таблиці 2.1.

2.4 Вибір датчика вологості

Для більш точного налаштування міри поливу рослин було вирішено, замість датчиків вологості повітря або дощу, використовувати датчики вологості ґрунту: вони дешевші і дозволяють більш точно визначати вологість, необхідну для рослин. Також використання таких датчиків дає можливість рівномірно поливати території із нерівним ландшафтом. У продажу було знайдено лише один датчик для підключення до мікроконтролера – FC-28 [19].

					РІ61.271241.001 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		17

Він спроектований на базі двох датчиків, які забезпечують вимірювання вологості ґрунту. Визначається вологість за допомогою двох зондів, які дозволяють струму проходити крізь ґрунт. При проходженні струму датчик замірює опір і в результаті визначає кількість води у ґрунті. Чим більше води, тим менший опір, відповідно якщо ґрунт сухий, тоді опір буде великий. Датчик має 4 виходи (GND, VCC, D0 і A0). GND і VCC використовуються для подачі живлення на плату номіналом 3,3 – 5 В. A0 – аналоговий вихід, який приймає аналогові значення 0 – 1023. D0 використовується як цифровий вихід для підключення до плати із мікроконтролером.

2.5 Вибір електромагнітного клапана

Вибір електромагнітного клапана здійснювався за такими критеріями: надійність та ціна. На ринку наявні електромагнітні клапани фірм Rain-Bird [20], Hunter [21], Round Star [22], Irritrol [23], Ukspar [24]. За ціною вони різняться так: Rain-Bird – 629 грн, Hunter – 520 грн, Round Star – 1750 грн, Irritrol – 370 грн, Ukspar – 706 грн. Гарантійний термін служби Rain-Bird складає 2 роки, Hunter – 5 років, Round Star – 1 рік. Irritrol та Ukspar не надають інформацію про гарантію. Отже, зважаючи на ціну та гарантійний термін служби, обрано електромагнітний клапан компанії Hunter, а саме Hunter PGV. Напруга активації складає 24 В, струм активації 370 мА, струм підтримання у відкритому стані – не нижче 190 мА.

2.6 Вибір силового модуля

Оскільки електромагнітний клапан потребує 24В для активації, що не може забезпечити мікроконтролер, необхідно використовувати силовий модуль для відкриття клапану.

Для вибору наявні силовий модуль MOSFET IRF540 [28] із напругою активації від 3,5 В та максимальним струмом до 30 А з радіатором та 5 А без встановленого радіатора, силовий модуль MOSFET IRF540N [29] із напругою

					PI61.271241.001 ПЗ	Арк
						18
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

активації від 3В та максимальним струмом до 5 А з радіатором та 1 А без встановленого радіатора, модуль реле Arduino [30] із напругою активації 5 В та максимальним струмом до 10 А.

Оскільки напруга активації від мікроконтролера ESP32 буде відбуватися напругою 3,3 В, а струм живлення електроклапану складає лише 370 мА, обрано силовий модуль MOSFET IRF540N. Зображення обраного силового модуля MOSFET IRF540N на рисунку 2.5.

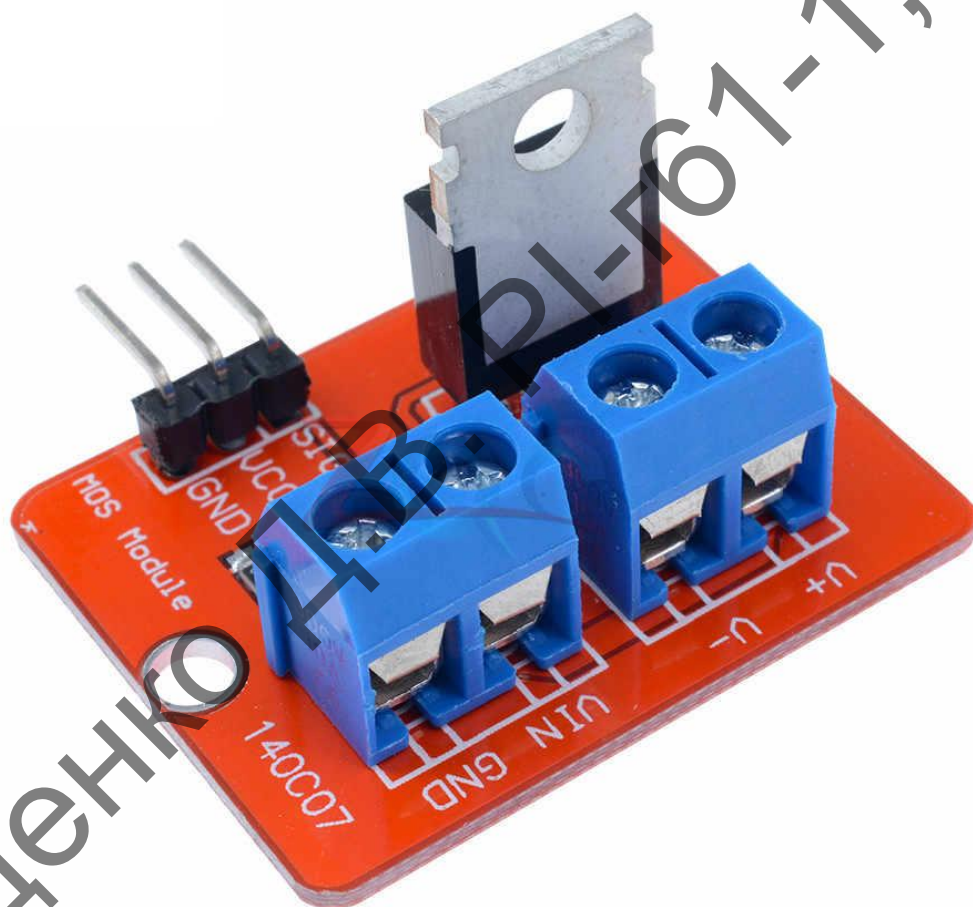


Рисунок 2.5 – Силовий модуль MOSFET IRF540N

Кількість зон поливу обмежується лише кількістю виходів на контролері ESP32, а саме 7 зон поливу.

Отже було обрано оптимальні схемотехнічні рішення для бюджетної системи поливу невеликої присадибної або дачної ділянки.

Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

PI61.271241.001 ПЗ

Арк

19

2.7 Вибір блоків живлення.

Для живлення клапанів необхідна напруга 24 В. Оскільки живлення приладу здійснюється від мережі необхідний відповідний блок живлення. Для більш зручного розташування у корпусі доречно взяти максимально компактну версію. Зважаючи на це було обрано Блок живлення 24В 10А 240Вт [31] вузький із розмірами 200x58x40 мм.

Для живлення мікроконтролера необхідно блок живлення 5 В. Мікроконтролер підключається через роз'єм micro USB, отже доцільніше взяти блок живлення із роз'ємом micro USB. Обрано Блок живлення 5В 2А micro USB [32].

					PI61.271241.001 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		20

3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

3.1 Вибір мови програмування

Програмування ESP32 може здійснюватися за допомогою різних оболонок програмування. Було обрано оболонку Arduino IDE із додатковими бібліотеками для ESP32.

Програмування можливе на мовах *Assembler*, *C* та *C++*. Мова *Assembler* [25] призначена для мікроконтролерів із малим об'ємом пам'яті, до яких ESP32 не відноситься. Мова програмування *C++* є більш розширеною мовою *C* [26] і для *C++* [27] є дійсними усі програми, написані на *C*, але не навпаки. Саме тому доцільно використовувати мову програмування *C++*, із можливістю застосування рішення для мови *C*.

3.2 Підключення мікроконтролера до Wi-Fi

Для коректної роботи приладу необхідне з'єднання із мережею Wi-Fi. Це дозволить системі визначати точний час, отримувати команди та відправляти поточну інформацію. Це водночас позбавляє необхідності у підключенні до плати мікроконтролера модуля годинника, панелі керування та дисплею для виводу інформації.

Використовується бібліотека «WiFi.h».

```
#include <WiFi.h>
```

Вказуються змінні для вводу назви мережі та паролю. Поля «YOUR_SSID» та «YOUR_PASS» замінюються на назву мережі та пароль до неї відповідно. Мережа Wi-Fi зазвичай встановлюється в одному місці, і зміни до налаштувань не вносяться, тому для автоматичного підключення назва мережі та пароль вводяться на етапі налаштування системи, а не запитуються у користувача при кожному ввімкненні.

					РІ61.271241.001 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		21

```
const char* ssid    = "YOUR_SSID";
const char* password = "YOUR_PASS";
```

Далі необхідно вивести на монітор порту інформацію про підключення або його відсутність. Програма буде очікувати підключення, щоб почати роботу. При вдалому підключенні програма виведе на монітор порту «CONNECTED».

```
Serial.begin(115200);
//connect to WiFi
Serial.printf("Connecting to %s ", ssid);
WiFi.begin(ssid, password);
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
}
Serial.println(" CONNECTED");
```

Підключаємо бібліотеку для роботи з часом

```
#include "time.h"
```

Відокремлюємо години та хвилини для налаштування по часу

```
int hours;
int minutes;
hours = atoi (timeinfo_hours);
minutes = atoi (timeinfo_minutes);
```

Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

PI61.271241.001 ПЗ

Арк

22

Після підключення прилад може виконувати усі функції. Мережа повинна бути підключена до Internet для отримання актуального часу.

3.3 Підключення датчика температури

Датчик температури – необхідний елемент системи, який повинен запобігати її ввімкненню у холодну пору року, і не менш важливо – у занадто спекотну погоду, оскільки це може нашкодити рослинам.

Налаштування температури відбувається в залежності від погодних умов обраного регіону і місця розташування датчика.

Спочатку оголошуємо змінні:

```
#define THERMISTORPIN 34
// Опір при 25 градусах Цельсію
#define THERMISTORNOMINAL 10000
// Температура номінального опору
#define TEMPERATURENOMINAL 25
// кількість значень для визначення опору
#define NUMSAMPLES 5
// бета коефіцієнт термістора
#define BCOEFFICIENT 3950
// опір другого резистора
#define SERIESRESISTOR 10000
```

Створюємо вектор для визначення середнього значення температури:

```
uint8_t i;
float average;
// зводимо показання в вектор з невеликою затримкою між зняттям
for (i=0; i< NUMSAMPLES; i++) {
```

					PI61.271241.001 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		23

```
samples[i] = analogRead(THERMISTORPIN);  
delay(10);
```

Розраховуємо середнє значення та виводимо для перевірки:

```
average = 0;  
for (i=0; i < NUMSAMPLES; i++) {  
average += samples[i];  
}  
average /= NUMSAMPLES;  
Serial.print("Average analog reading ");  
Serial.println(average);
```

Вираховуємо за отриманими значеннями опір:

```
average = 2047 / average;  
average = SERIESRESISTOR / average;  
Serial.print("Thermistor resistance ");  
Serial.println(average);
```

Вираховуємо за опором температуру у градусах Цельсія та виводимо на порт рисунок:

```
float steinhart;  
steinhart = average / THERMISTORNOMINAL; // (R/Ro)  
steinhart = log(steinhart); // ln(R/Ro)  
steinhart /= BCOEFFICIENT; // 1/B * ln(R/Ro)  
steinhart += 1.0 / (TEMPERATURENOMINAL + 273.15); // + (1/To)  
steinhart = 1.0 / steinhart; // інвертуємо  
steinhart -= 273.15; // конвертуємо в градуси по Цельсию
```

Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

PI61.271241.001 ПЗ

Арк

24

```
Serial.print("Temperature ");  
Serial.print(steinhart);  
Serial.println(" *C");
```

3.4 Підключення датчика вологості ґрунту

Датчик вологості ґрунту – найголовніший елемент системи поливу. На противагу датчикам вологості повітря, які не враховують нерівності ландшафту та нерівномірність випарів вологи з поверхні, датчики вологості ґрунту дають максимально точний результат.

Оскільки датчик вологості резистивний і склад ґрунту неоднаковий у різних місцях, то налаштування також проводяться на місці зі спочатку сухим, а потім із вологим ґрунтом.

Оголошуємо змінні для датчика вологості:

```
int sensor_pin = 14;  
int moisture;
```

Масштабуємо отримані дані у відсотки вологості:

```
moisture = analogRead(sensor_pin);  
moisture = map(moisture,3900,230,0,100);  
Serial.print("Mositure : ");  
Serial.print(moisture);  
Serial.println("%");
```

Об'єднавши усі отримані дані, налаштуємо параметри, які будуть вказувати на вмикання та вимикання поливу:

```
if (hours == 18 && minutes > 20)
```

					PI61.271241.001 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		25

```

{
if (steinhart > 30 && steinhart < 31 && moisture < 50)
{
digitalWrite (EMC_PIN, 1);
delay (900000);
}
else
{
digitalWrite (EMC_PIN, 0);
}
}

```

Робимо затримку у програмі на час обов'язкового поливу. Потім цикл повторюється. Додавання зон поливу виконується шляхом дублювання програмного коду датчиків та циклу поливу.

Отже, після запуску контролера програма ініціалізує підключення до мережі Wi-Fi, назва і пароль якої записано в коді. Із мережі Wi-Fi система дізнається актуальний час. Після чого, відбувається считування датчиків температури, із цих показань робиться масив значень для більш точного відображення температури. Далі програма считає показання з датчику вологості. Керуючись показниками часу, температури та вологості ґрунту програма перевіряє чи відповідають вони вказаним параметрам поливу, якщо ні – програма повертається на етап отримання часу. Якщо погодні умови та бажаний час поливу збігається, програма дає команду відкрити електромагнітні клапани та зачекати 15 хвилин для поливу, після чого повертається до зчитування часу із мережі Wi-Fi.

15 хвилин є оптимальним кроком часу для поливу більшості рослин, які вирощуються на присадибних ділянках. Цей час також калібрується в залежності від рослин, які знаходяться на території поливу системи.

Програмування системи виконане мовою C++. Розроблена АСП може виконувати усі функції після підключення до Wi-Fi. Під'єднання до мережі

					PI61.271241.001 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		26

також є необхідною умовою для отримання актуального часу. До системи підключено датчик температури, який спочатку визначає середнє значення температури, за ним - опір, а після цього - температуру у градусах Цельсія. Підключено датчик вологості ґрунту із затримкою на час обов'язкового поливу.

Терещенко Д.В. РІ-Г61-1, 2020

					РІ61.271241.001 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		27

4 ПРОЕКТУВАННЯ ПРИЛАДУ

4.1 Опис макета

Оскільки вироблення готової для використання системи автоматизованого поливу потребує великих матеріальних витрат, то у дипломному проєкті представлена лише початкова версія макета майбутньої системи, тобто прилад ще відкритий для удосконалення та додавання нових функцій. Обрані рішення працюють, але при їх практичному втіленні можливе виявлення недоліків. Тому результат дипломного проєкту варто оцінювати як макет для демонстрації, який дає можливість перевірити вправність системи як окремо з кожним, так і комплексно із усіма датчиками. З результатів цих тестувань буде зрозуміло, що треба змінити у системі чи додати до неї.

При створенні прототипу майбутньої системи поливу можна оминати увагою розташування та маскування елементів, оскільки готовий результат ще може підлягати змінам.

Для з'єднань використовуються дроти для плат, оскільки напруга не перевищує 5 В.

Усі елементи для збору макету для перевірки всіх функцій програми зображено на рисунку 4.1.

Для розміщення мікроконтролера був розроблений спеціальний корпус із можливістю кріплення до стіни. Він складається з двох частин, що робить його зручним у використанні. Наявні отвори для дроту живлення та для гофрованої труби для дротів, які з'єднують мікроконтролер із датчиками та клапанами. Конструкцію зображено на кресленку Автоматизована система поливу складальний кресленик PI61.271241.001 СК. 3D модель зібраного корпусу зображено на рисунку 4.2. Модель корпусу без верхньої кришки зображено на рисунку 4.3.

					PI61.271241.001 ПЗ	Арк
						28
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

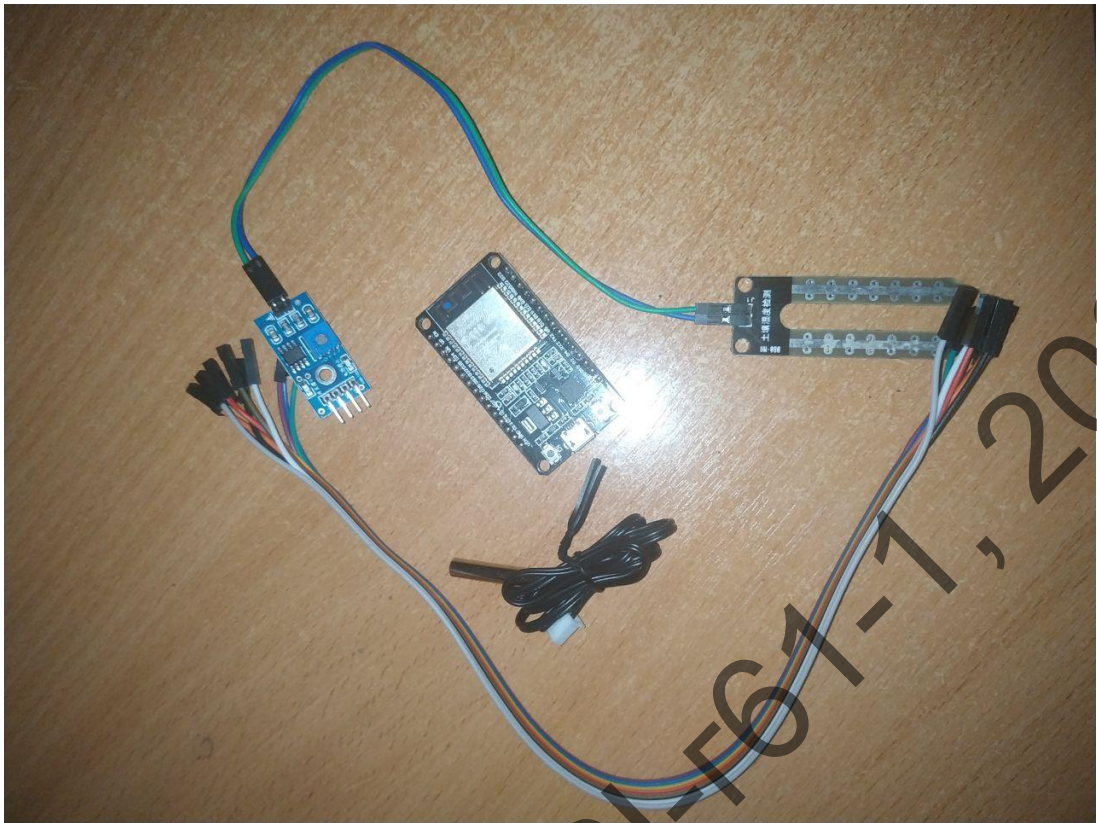


Рисунок 4.1 – Плата із давачами

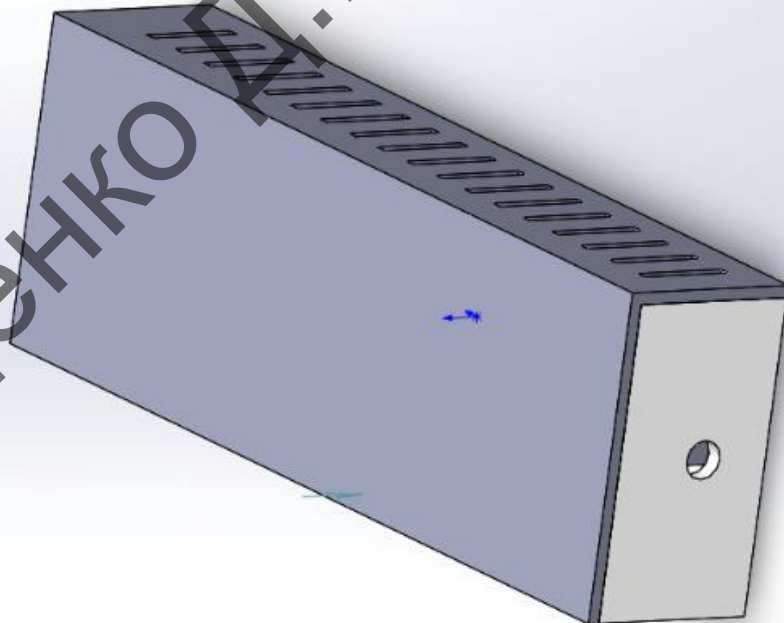


Рисунок 4.2 – 3D модель зібраного корпусу

Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

PI61.271241.001 ПЗ

Арк

29

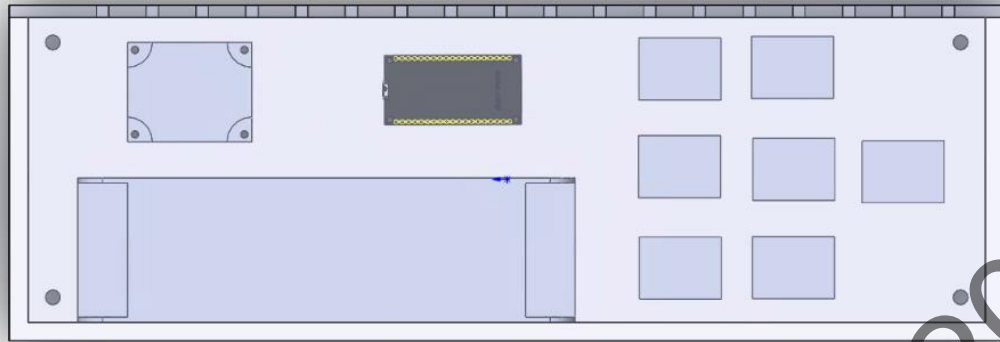


Рисунок 4.3 – 3D модель корпусу без кришки

Під'єднані до плати із мікроконтролером дроти протягуються через спеціальні отвори на корпусі, на якому плата закріплюється чотирма гвинтами. Корпус кріпиться до стіни чотирма саморізами/дюбелями. Дроти під'єднуються до датчиків та клапанів відповідно. Після запуску системи у тестовому режимі та перевірки на працездатність кришка корпусу закручується на два гвинти. Система готова до використання і почне роботу відповідно до внесених користувачем налаштувань.

4.2 Перевірка працездатності

Перевірка працездатності системи полягає у зборі макета і завантаженні програмного забезпечення до мікроконтролера. Після вибору часу поливу, його тривалості та необхідних зовнішніх умов необхідно перевірити роботу системи на відповідність до внесених налаштувань. Для підтвердження працездатності система повинна увімкнути полив за задоволення всіх умов (час поливу, температура повітря, вологість ґрунту) та вимкнути полив після збігу вказаного часу. Оскільки це лише прототип, то усі з'єднання будуть проводитися за допомогою роз'ємів, не закріплених ніякими способами кріплення, тому необхідно постійно перевіряти надійність контактів. При встановленні, за побажанням користувача, можна скріпити з'єднуючі дроти

					РІ61.271241.001 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		30

пайкою (система без можливості переналаштування) чи на звичайні дротові з'єднання.

Після налаштувань усіх датчиків, тестування показало працездатність системи в залежності від різних показників датчиків, що задовольняє завдання дипломного проекту. В подальшому варто розробити варіацію із панелью керування на корпусі та із автономним часовим механізмом для розширення варіацій системи поливу.

Терещенко Д.В. РІ-Г61-1, 2020

					РІ61.271241.001 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		31

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Згідно із законом України «Про охорону праці» — це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності. Цей Закон визначає основні положення щодо реалізації конституційного права працівників на охорону їх життя і здоров'я у процесі трудової діяльності, на належні, безпечні і здорові умови праці, регулює за участю відповідних органів державної влади відносини між роботодавцем і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні [33].

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

5.1 Визначення основних потенційно шкідливих та небезпечних виробничих факторів

Найбільш шкідливими факторами при розробці та експлуатації приладу є:

- можливість ураження електричним струмом;
- низька освітленість робочої зони;
- невідповідність параметрів мікроклімату санітарним нормам та правилам;
- група психофізичних факторів: перевантаження фізичне та психологічне;

					РІ61.271241.001 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		32

- можливість виникнення пожежі в робочих приміщеннях;
- підвищений рівень шуму та вібрації на робочих місцях.

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

5.2.1 Вимоги з охорони праці при роботі з ПК

При роботі з комп'ютером працюючий піддається впливу наступних небезпечних та шкідливих факторів як:

- невідповідна організація робочого місця;
- вплив електромагнітного випромінювання;
- можливість ураження електричним струмом;
- шум вентиляторів;
- невідповідність освітлення;
- монотонність праці, тощо.

Важливе планування робочого місця, що повинно задовольняти вимогам зручності виконання робіт, економії енергії, часу працівника, зручності обслуговування комп'ютера. Нераціональна конструкція та розташування робочих місць приводить до змушеної робочої пози й до напруги кістково-м'язової системи. При тривалій роботі за екраном дисплея в операторів спостерігається виражена напруга органів зору з появою скарг на незадоволеність роботою, дратівливість, порушення сну, хворобливі відчуття в очах, області шиї й у руках. У зв'язку з цим для працівників повинні забезпечуватися оптимальні умови праці й відпочинку. Праця операторів комп'ютера ставиться до I і II класу по гігієнічних умовах праці.

Умови при роботі із моніторами ПК повинні відповідати «Вимогам щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями»[34] та ДСанПіН-3.3.2.007-98[35].

					PI61.271241.001 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		33

5.2.2 Вимоги до освітленості робочих місць користувачів ПК.

Необхідним компонентом для комфортних умов праці є виробниче освітлення. Пред'являються наступні основні вимоги до систем виробничого висвітлення, що обслуговує робочі місця з комп'ютером:

- відповідність рівня освітленості робочих місць характеру виконуваної зорової роботи;
- рівномірний розподіл яскравості на робочих поверхнях й у навколишньому просторі;
- відсутність різких тіней, прямих і відбитих відблисків;
- сталість освітленості в часі й просторі;
- оптимальна спрямованість випромінюваного освітлювальними приладами світлового потоку;
- довговічність, економічність, електро- і пожежобезпечність, естетичність, зручність і простота експлуатації.

Для освітлення робочих місць, обладнаних ПК, застосовується природне, штучне освітлення.

Згідно вимогам щодо безпеки захисту працівників під час роботи з екранними пристроями та ДСанПіН 3.3.2-007-98 [36], освітлення у виробничих приміщеннях з моніторами комп'ютерів повинна бути сумісне. Природне освітлення повинне здійснюватися через отвори, орієнтовані переважно на північ і північний схід. Згідно ДБНВ 2.5-28-2006 [37] коефіцієнт природної освітленості виробничих приміщень із моніторами комп'ютерів повинен бути не нижче 1,5 %.

Розташування будинків і планування виробничих приміщень повинне виключати надмірне надходження тепла від сонячної радіації через вікна і пряме попадання сонячних променів на пристрої ПК і носії інформації.

Штучне освітлення в приміщеннях з моніторами комп'ютерів необхідно здійснювати по загальній системі рівномірного освітлення. Світильники загального освітлення необхідно розташувати у виді ліній (суцільних або

					РІ61.271241.001 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		34

переривчастих) збоку від робочих місць паралельно лінії зору користувачів.
Допускається використання світильників таких класів світлорозподілу:

- прямого світла (П);
- переважно прямого світла (Н);
- переважно відбитого світла (В).

Як джерела штучного освітлення використовуються люмінесцентні лампи типу ЛБ із розсіювачами й екранними сітками.

Коефіцієнт пульсації світлового потоку джерел світла не повинен перевищувати 5 %. Для зменшення коефіцієнта пульсації світлового потоку необхідно використати джерела світла з високочастотними пускорегулюючими апаратами. Яскравість світильників загального висвітлення в зоні кутів випромінювання від 50° до 90° щодо вертикалі в поздовжній і поперечній площинах повинна становити не більше 200 кд/м², а захисний кут світильників повинен становити не більше 40°.

Для обмеження прямої близькості від джерел природного й штучного освітлення необхідно, щоб яскравість їхніх поверхонь, які перебувають у полі зору користувачів, не перевищувала 100 кд/м², яскравість відблисків на екрані монітору комп'ютера 40 кд/м², а яскравість стелі 200 кд/м².

У поле зору користувача монітора комп'ютера повинне бути забезпечене відповідний розподіл яскравості. Відношення значень яскравості робочих поверхонь до загальної яскравості у приміщенні не повинне перевищувати 3:1, а робочих поверхонь і навколишніх предметів (стіни, устаткування, меблі) – 5:1.

У виробничих приміщеннях з моніторами комп'ютерів показник засліпленості повинен становити не більше 20 одиниць, а показник дискомфорту – не більше 40 одиниць

Для забезпечення нормованих показників освітленості в приміщеннях з моніторами ПК необхідно не менш 2 разів у рік очищати від пилу й бруду скла вікон і світильники і вчасно замінювати несправні світильники.

					РІ61.271241.001 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		35

5.2.3 Електробезпека

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

Електроустаткування належить до приладів до 1000 В. Електроустаткування, що використовується, відповідно до ГОСТ 12.2.007.0-75 [38] належить до устаткування класів 0, 0І, і І за електрозахистом. Спроектований пристрій відносяться до І класу за електрозахистом.

Небезпеки дотику до струмоведучих частин відноситься до визначення сили струму, що протікає через тіло людини, і порівняння його із допустимим значенням відповідно до ДСТУ ГОСТ 12.1.038-2008 [39]. У загальному випадку допустима величина струму, що протікає через тіло людини, залежить від схеми підключення електроустаткування до електромережі, роду й величини напруги живлення, схеми включення.

Для виконання для дипломного проекту використовувався персональний комп'ютер — згідно з ГОСТ 12.2.007.0-75 системний блок відноситься до І класу та ВДТ — до ІІ класу за електрозахистом. Для правильного визначення необхідних засобів та заходів захисту від ураження електричним струмом необхідно знати допустимі значення напруг доторкання та струмів, що проходять через тіло людини. Основними технічними засобами, що забезпечують безпеку робіт (згідно ПУЕ та ДБН (1-2) є: надійна ізоляція, захисне заземлення, захисне відключення. У системі трифазних мереж із глухо заземленою нейтраллю, яка використовується у науково-дослідницькій лабораторії, найкращими засобами захисту є: надійна ізоляція струмоведучих частин електроустаткування відповідно до ГОСТ 12.1.009-76[40] і занулення відповідно до ПУЕ.

Підвищена напруга живлення спонукає до додаткових заходів безпеки, а саме: використання сертифікованої елементної бази, та електроізоляційних матеріалів. Між блоком живлення та гальванічними елементами з'єднання

					РІ61.271241.001 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		36

повинні виконуватися провідниками, що розраховані на відповідну напругу і струм.

5.2.4 Виробничий шум

Для умов, що розглядаються в проекті і характеру роботи, який можна класифікувати як роботу програміста персонального комп'ютера у лабораторії для теоретичних робіт та обробки даних, рівні шуму визначені ДСН 3.3.6.037 - 99 [41].

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

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

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

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

5.2.5 Мікроклімат зони

Мікроклімат у виробничих умовах визначається наступними параметрами: температурою повітря, відносною вологістю повітря, швидкістю руху повітря й інтенсивністю теплового випромінювання на робочому місці. У таблиці 5.1 наведені параметри мікроклімату.

					РІ61.271241.001 ПЗ	Арк
						37
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1 – Норми клімату виробничих приміщень

Параметри	Холодний період		Теплий період	
	Оптимальні	Допустимі	Оптимальні	Допустимі
Температура, С	22-24	21-25	23-25	22-28
Відносна вологість, %	40-60	80	40-60	75
Швидкість руху повітря, м/с	0,1	0,1	0,1	0,1-0,2

У приміщенні використовуються батареї центрального опалення для підтримки нормальної температури повітря в холодну пору року. Температура в ділянці приміщення, де використовується пайка, може перевищувати межу припустимої норми. Для видалення надлишків тепла використовується місцева механічна вентиляція. Виконана теплоізоляція вікон. Для підтримки необхідних параметрів повітря в приміщенні використовується природна вентиляція. У приміщенні є два вікна, які можна відкривати, якщо буде потреба в теплий період. Фактичні параметри мікроклімату в робочій зоні відповідають приведеним вище нормам ДСН 3.3.6.042-99 [42].

5.3 Пожежна безпека

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

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

Речовинами які можуть горіти є:

					РІ61.271241.001 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		38

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

Так як усі вище перераховані речовини є твердими речовинами і матеріалами, здатними при взаємодії з повітрям горіти, то розглянуте приміщення, згідно НАПБ Б. 03.002-07 [43], можна віднести до пожежонебезпечної категорії «В».

Згідно з НПАОП 40.1-1.32-01 [44] робочі зони приміщення відносяться до пожежонебезпечних робочих зон класу П-Па.

У приміщенні знаходяться первинні засоби пожежогасіння - це вуглекислотний вогнегасник марки ВВ-5 у кількості двох штук. Застосування вогнегасника даної марки можливо при пожежогасінні електромереж і електроустановок, що знаходяться під напругою до 1000 В, що відповідає класу пожежі «Е». Відповідно до ДСТУ 3675-98 [45] та ISO3941-72 [46] норматив на кількість вогнегасників виконується.

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

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

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

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

Засоби пожежної сигналізації та пожежогасіння відповідають вимогам ДБН В.2.5-56-2014 [47]. Виклик пожежної охорони здійснюється набором номера 101. План евакуації знаходиться на видному місці.

					РІ61.271241.001 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		39

Отже було вжито достатньо заходів безпеки для безпечної роботи.
Розробка та робота з приладом повністю відповідає нормам.

Терещенко Д.В. РІ-Г61-1, 2020

					РІ61.271241.001 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		40

ВИСНОВКИ

1. У результаті аналізу технічного завдання та огляду існуючих на ринку систем, розроблена структурна схема системи автоматичного поливу, яка складається з датчиків температури, вологості, мікроконтролера, блоку живлення для мікроконтролера, електромагнітних клапанів, силового модуля із підключеним до нього блока живлення (драйвер). Основною перевагою схеми є модульність конструкції, що дозволяє прискорити процес розроблення.

2. Виконано обґрунтований вибір потрібних для збирання системи складових частин у вигляді готових модулів: мікроконтролера ESP32, блоків живлення 5 В 2 А та 24 В 10 А, силових модулів MOSFET IRF540N та електромагнітних клапанів Hunter PGV. Розроблено макетний зразок без підключення до труб із водою для перевірки роботи програми.

3. Запропоновано алгоритм роботи програми: із запуском контролера програма підключається до мережі Wi-Fi і отримує актуальний час, далі зчитуються показники датчиків температури і вологості. Програма перевіряє, чи відповідають отримані дані вказаним параметрам поливу; якщо ні – повертається на етап отримання часу; якщо так – дає команду відкрити електромагнітні клапани на 15 хвилин, після чого повертається до зчитування часу із мережі Wi-Fi. Проведено реалізацію алгоритму мовою C++. Перевірка працездатності запропонованого алгоритму проведено на макеті системи автоматизованого поливу шляхом тестування роботи датчиків поодиночі та у комбінації з усіма.

4. В середовищі SolidWorks розроблено корпус для системи поливу, в якому передбачено кріплення окремих модулів системи зі зручним доступом для підключення та налагодження.

					PI61.271241.001 ПЗ	Арк
						41
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Документація. *Hunter* : веб-сайт. URL: <https://hunter.ua/dokumentatsiya> (дата звернення: 14.05.2020).
2. Автоматический полив своими руками. *Rain Bird* : веб-сайт. URL: <https://rain-bird.com.ua/poliv-dlya-doma/avtomaticheskij-poliv-svoimi-rukami.html#kontroller> (дата звернення: 14.05.2020).
3. The real complete solution for irrigation. *Irritec* : веб-сайт. URL: <https://www.irritec.com/solutions/> (дата звернення: 14.05.2020).
4. Автоматичний полив. *Полив-плюс* : веб-сайт. URL: <https://polivplus.com/ua/avtomatichnij-poliv/> (дата звернення: 14.05.2020).
5. Монтаж систем автополива. *АкваБуд* : веб-сайт. URL: https://aquabud.com.ua/sistemy-poliva/montazh_sistem_avtomaticheskogo_poliva.html (дата звернення: 14.05.2020).
6. ГОСТ15150-69. Машины, приборы и другие технические изделия. [Чинний від 1971-01-01]. Москва, 1969. 81 с.
7. ГОСТ16019-2001. Аппаратура сухопутной подвижной радиосвязи. [Чинний від 2002-01-01]. Мінськ, 2001. 12 с.
8. STM32 32-bit Arm Cortex MCUs. *STMicroelectronics* веб-сайт. URL: <https://www.st.com/en/microcontrollers-microprocessors/stm32-32-bit-arm-cortex-mcus.html>
9. Arduino – home. *Arduino* веб-сайт. URL: <https://www.arduino.cc/>
10. Espressif Systems. *Espressif* веб-сайт. URL: <https://www.espressif.com/en/products/socs>
11. Espressif Systems. *Espressif* веб-сайт. URL: <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp8266/overview>
12. Espressif Systems. *Espressif* веб-сайт. URL: <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32/overview>

					PI61.271241.001 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		42

13. Arduino – software. *Arduino* веб-сайт. URL:
<https://www.arduino.cc/en/main/software>
14. Weicker R. Dhystone: A Synthetic Systems Programming Benchmark. *Communications of the ACM : journal*. 1984. Vol. 27, № 10. P. 1013—1030.
15. DS18B20 Programmable resolution 1-wire Digital Thermometer. Dallas. URL:
<https://html.alldatasheet.com/html-pdf/58557/DALLAS/DS18B20/181/1/DS18B20.html> (дата звернення: 05.06.2020).
16. TE-N03 and TE-N05 series. URL:
<https://www.rcscomponents.kiev.ua/datasheets/ten03nk01000-2.png> (дата звернення 05.06.2020).
17. Термодатчик ADECS. *ADECS* веб-сайт. URL: <https://adecs.prom.ua/>
18. Термопара cx817 к типа 2 метра (0°с...+600°с) URL: <https://omega.com.ua/p777816679-termopara-cx817-tipa.html> (дата звернення 05.05.2020)
19. FC-28 модуль гигрометра для определения влажности почвы ARDUINO. *Electro radio group* : веб-сайт. URL: <https://erg.com.ua/p699632488-modul-gigrometra-dlya.html>
20. Электромагнитный клапан 100-HV. *Rain-bird* : веб-сайт. URL:
<https://rain-bird.com.ua/shop/klapany/elektromagnitnyj-klapan-100-hv>
21. Hunter PGV-100GB. *Hunter*: веб-сайт. URL:
<https://hunter.ua/hunter/item/pgv>
22. Клапан электромагнитный нормально-закрытый RSP-20J 3/4" непрямого действия из нержавеющей стали 316L. *Round Star*: веб-сайт.
 URL: <http://filter-ua.com.ua/ehlektromagnitnye-klapany-round-star/>
23. Клапан электромагнитный Irritrol E-Pic с регулировкой потока для автоматического полива. *Irritrol*: веб-сайт. URL:
<http://www.irritrolsystems.ru/cat.asp?cid=2>
24. Электромагнитный клапан нормально закрытый муфтовый латунный, Ду 25 / VITON / PN7. *Ukspar*: веб-сайт. URL:

					PI61.271241.001 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		43

<https://ukspar.ua/elektromagnitnyi-klapan-normalno-zakrytyi-muftovyi-latunnyi-du-25-viton-pn7>

25. Прогаммирование на языке ассемблера URL: <http://natalia.appmat.ru/c&c++/assembler.html> (дата звернення 5.06.2020).
26. Керниган Б., Ричи Д. Язык С : учеб. 2003. 229 с. URL: <https://nsu.ru/xmlui/bitstream/handle/nsu/9058/kr.pdf>.
27. Алфавит и основные понятия языка C++. URL: <http://natalia.appmat.ru/c&c++/lezione1.php> (дата звернення 5.06.2020).
28. IRF540 Datasheet(PDF) – STMicroelectronics URL: <https://html.alldatasheet.com/html-pdf/22392/STMICROELECTRONICS/IRF540/1620/1/IRF540.html> (дата звернення 5.06.2020).
29. IRF520N Datasheet(PDF) URL: <https://www.minitech.com.ua/download/datasheet/transistor/irf520n.pdf> (дата звернення 5.06.2020).
30. 1-канальный модуль реле 5V для Arduino PIC ARM AVR URL: https://hotstyle.com.ua/p1135159018-kanalnyj-modul-rele.html?gclid=Cj0KCQjwrIf3BRD1ARIsAMuugNsUqNPCR5yGC_U-BFUfKFZV13zMy_Iz0-2Hwuzwhc7Dv91CRbQen4saAjZOEALw_wcB (дата звернення 5.06.2020).
31. Блок живлення 24V 10A 240W 24В 10А 240Вт вузький. URL: https://bigl.ua/ua/p867155266-blok-pitaniya-24v?click_track_data=.eJwdzssKgkAUgOF3OWsDZ2rGg7uiMYqSsKIoQrwhXo_pDBXRu3dZ_v_qe0HXU2oSHRYpuCgdJgSX0oIkarqoyNv_Z1wylGMLBjJ9koELcZHXYIGmKmu_2cd4WjUSaf6kSXw3AWdroWV1x9zejI5et1mUJQ5HhWW0vAX0MASvUMFUhD7qbKvCRLXhYUblM-KO9sqWvueP6yn8IDrLqX9-IQO4F4ehza_vD99VOhc.Db_IG7ildyt4tPEhhH4xPrqpP3Q
32. Блок питания 5В 2А micro USB. URL: <https://www.minitech.com.ua/blok-pitaniya-5v-2a-micro-usb>

					PI61.271241.001 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		44

33. Про охорону праці URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>
(дата звернення 06.05.2020).
34. Про затвердження Вимог щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0508-18> (дата звернення 06.05.2020).
35. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0007282-98> (дата звернення 06.05.2020).
36. ДСанПіН 3.3.2-007-98. Государственные санитарные правила и нормы. ДСанПиН 3.3.2-007-98. Гигиенические требования к организации работы с визуальными дисплейными терминалами электронно-вычислительных машин. URL: https://dnaop.com/html/40949/doc-%D0%94%D0%A1%D0%B0%D0%9D%D0%9F%D1%96%D0%9D_3.3.2-007-98 (дата звернення 06.05.2020).
37. ДБН В.2.5-28-2006 Природне і штучне освітлення. URL: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-394> (дата звернення 06.05.2020).
38. Система стандартів безпеки труда (ССБТ). URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200008440> (дата звернення 06.05.2020).
39. Система стандартів безпеки труда. Електробезпеку. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов. URL: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=29773 (дата звернення 06.05.2020).
40. ГОСТ 12.1.009-76 Система стандартів безпеки труда (ССБТ). Електробезпеку. URL: <http://docs.cntd.ru/document/5200278> (дата звернення 06.05.2020).
41. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвук та інфразвук ДСН 3.3.6.037-99. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va037282-99> (дата звернення 06.05.2020).

					PI61.271241.001 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		45

42. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99.
 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99> (дата звернення 06.05.2020).
43. НАПБ Б.03.002-2007. Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою.
 URL: https://dnaop.com/html/32980/doc-%D0%9D%D0%90%D0%9F%D0%91_%D0%91.03.002-2007 (дата звернення 06.05.2020).
44. Про затвердження "Правил будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок" (ДНАОП 0.00-1.32-01).
 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01> (дата звернення 06.05.2020).
45. ДСТУ 3675-98. Пожежна техніка. Вогнегасники переносні. Загальні технічні вимоги та методи випробувань. URL: https://dnaop.com/html/41026/doc-%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3_3675-98 (дата звернення 06.05.2020).
46. ISO 3941:2007(ru) Класифікація пожег URL: <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:3941:ed-2:v1:ru> (дата звернення 06.05.2020).
47. ДБН В.2.5-56-2014 Системи протипожежного захисту. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_v_2_5_56_2014_sistemi_protipozhnogo_zakhistu/1-1-0-1204 (дата звернення 06.05.2020).

					PI61.271241.001 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		46

ДОДАТКИ

Додаток А

ПОГОДЖЕНО

Керівник дипломного проекту
ст.викл. Адаменко В. О.

(дата)

(підпис)

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри
радіоконструювання та
виробництва радіоапаратури
д.т.н., проф. Нелін Є. А.

(дата)

(підпис)

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ
«Автоматизована система поливу»

Київ 2019

					РІ61.271241.001 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		47

1 НАЗВА І ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ

Назва дипломного проекту «Автоматизована система поливу».

Підставою для виконання є завдання, узгоджене з кафедрою радіоконструювання та виробництва радіоапаратури від «___» _____ 2019 р.

2 ВИКОНАВЦІ

Керівник дипломного проекту — ст.викл. Адаменко Володимир Олексійович.

Виконавець — студент групи РІ-гб1-1 Терещенко Дмитро Валерійович.

3 МЕТА ВИКОНАННЯ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ І ПРИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКЦІЇ

Метою дипломного проекту є розробка конструкції автоматизованої системи поливу, перевірка її на працездатність та оформлення необхідної конструкторської документації.

Автоматична система поливу призначена для поливу присадибних ділянок без участі людини.

4 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

4.1 Призначення

Автоматизована система поливу призначена для поливу присадибних ділянок, розташування контролера в приміщенні.

Напруга живлення – 220 В.

Струм живлення – не більше 1,2 А.

Споживана потужність – не більше 30 Вт.

4.2 Життєздатності та стійкості до зовнішніх впливів і чинників

Кліматичні вимоги УХЛ 4 згідно ГОСТ 15150-69.

					РІ61.271241.001 ПЗ	Арк
						48
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

4.3 Надійності

Середній час безвідмовної роботи не менше 12000 годин.

Імовірність безвідмовної роботи 0,9.

Середній строк служби не менше 2-ох років.

4.4 Конструкції

Вимоги до габаритних параметрів та маси не висуваються.

На боковій панелі розташовується отвір для подачі живлення. На іншій боковій панелі розташовується отвір для гофрованої труби, в якій розташовуються кабелі для підключення датчиків та клапанів. Передбачити доступ до мікроконтролера для налаштування перед початком роботи.

4.5 Уніфікації і стандартизації

Вимоги до уніфікації та стандартизації не висуваються

4.6 Дизайну, ергономіки та технічної естетики

Колір корпусу чорний або сірий.

4.7 Експлуатації, зручності технічного обслуговування та ремонту

Технічний обслуговування проводити 1 раз на рік. Чистку від запилення не менше 1 разу на місяць.

Ремонтувати здійснює майстер на виклик.

4.8 Безпеки для життя, здоров'я і майна громадян та охорони довкілля

Керуватися положеннями стандартів про вимоги технічної безпеки, електробезпеки, пожежної безпеки.

Утилізація згідно вимог для промислових відходів за ГОСТ 30773-2001.

					PI61.271241.001 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		49

4.9 Транспортування і зберігання

Умови транспортування згідно ГОСТ 15150-69 умови УХЛ 1.1.

Зберігання: сухість на складі, плюсові температури на складі.

4.10 Якості і технічного рівня

Відповідає світовому рівню.

5 ВИМОГИ ДО СИРОВИНИ, МАТЕРІАЛІВ І ПКВ

Вимоги до сировини та матеріалів не висуваються.

6 ВИМОГИ ДО КОНСЕРВАЦІЇ, ПАКУВАННЯ І МАРКУВАННЯ

Маркування: вимоги до маркування не висуваються.

Пакування: апаратуру необхідно загорнути в бульбашко-повітряну плівку і помістити в картонну коробку.

Консервація: не передбачено.

7 ВИМОГИ ДО РОЗРОБЛЮВАНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

Оформлення документації оформлюється згідно ДСТУ 3008:2015.

Склад конструкторської документації:

1. Текстова документація (пояснювальна записка, специфікація на пристрій).
2. Графічна документація загальним обсягом не менше 3 аркушів А1 (схема електрична структурна, алгоритм роботи програми, складальне креслення пристрою).

Орієнтовний зміст дипломного проекту:

1. Огляд існуючих рішень. Розробка та аналіз технічного завдання;
2. Обґрунтування та вибір схемотехнічного рішення;
3. Розробка програмного забезпечення;
4. Проектування приладу та аналіз його працездатності;
5. Охорона праці;

					РІ61.271241.001 ПЗ	Арк
						50
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Лістинг до програмних рішень

```
#include <WiFi.h>
#include "time.h"

// Пін підключення

#define THERMISTORPIN 34

// опір при 25 градусах по Цельсію

#define THERMISTORNOMINAL 10000

// temp. для номінального опору

#define TEMPERATURENOMINAL 25

// Скільки показань для масиву

#define NUMSAMPLES 5

// бета коефіцієнт термистора

#define BCOEFFICIENT 3950

// опір резистора

#define SERIESRESISTOR 10000
```

Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

PI61.271241.001 ПЗ

Арк

51

```

// Пін клапану
#define EMC_PIN      2

const char* ssid    = "YOUR_SSID";
const char* password = "YOUR_PASS";

const char* ntpServer = "pool.ntp.org";
const long  gmtOffset_sec = 3600;
const int   daylightOffset_sec = 3600;

//Змінні датчика вологості
int sensor_pin = 14;
int moisture;

void printLocalTime()
{
    struct tm timeinfo;
    if(!getLocalTime(&timeinfo)){
        Serial.println("Failed to obtain time");
        return;
    }
    Serial.println(&timeinfo, "%A, %B %d %Y %H:%M:%S");
}

// value has to be between 0 and valueMax
void ledcAnalogWrite(uint8_t channel, uint32_t value, uint32_t valueMax =
255) {
    // calculate duty, 8191 from 2 ^ 13 - 1
    uint32_t duty = (8191 / valueMax) * min(value, valueMax);

```

Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

PI61.271241.001 ПЗ

Арк

52


```

// write duty
ledcWrite(channel, duty);
}

int samples[NUMSAMPLES];

void setup(void) {

    pinMode(EMC_PIN, OUTPUT);
Serial.begin(115200);
//connect to WiFi
Serial.printf("Connecting to %s ", ssid);
WiFi.begin(ssid, password);
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
}
Serial.println(" CONNECTED");

//init and get the time
configTime(gmtOffset_sec, daylightOffset_sec, ntpServer);
printLocalTime();

//disconnect WiFi as it's no longer needed
WiFi.disconnect(true);
WiFi.mode(WIFI_OFF);
// Setup timer and attach timer to a emc pin

//analogReference(EXTERNAL);

```

Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

PI61.271241.001 ПЗ

Арк

53

```

}

void loop(void) {

uint8_t i;

float average;

// Зводимо показання у вектор

for (i=0; i< NUMSAMPLES; i++) {

samples[i] = analogRead(THERMISTORPIN);

delay(10);

}

// Розрахунок середнього значення

average = 0;

for (i=0; i< NUMSAMPLES; i++) {

average += samples[i];

}

average /= NUMSAMPLES;

```

Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

PI61.271241.001 ПЗ

Арк

54

```

Serial.print("Average analog reading ");

Serial.println(average);

// Конвертуємо в опір

average = 2047 / average;

average = SERIESRESISTOR / average;

Serial.print("Thermistor resistance ");

Serial.println(average);

// датчик вологості
moisture = analogRead(sensor_pin);
moisture = map(moisture,3900,230,0,100);
Serial.print("Moisture : ");
Serial.print(moisture);
Serial.println("%");

float steinhart;

steinhart = average / THERMISTORNOMINAL; // (R/Ro)

steinhart = log(steinhart); // ln(R/Ro)

steinhart /= BCOEFFICIENT; // 1/B * ln(R/Ro)

```

Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

PI61.271241.001 ПЗ

Арк

55

```
steinhart += 1.0 / (TEMPERATURENOMINAL + 273.15); // + (1/To)
```

```
steinhart = 1.0 / steinhart; // инвертируем
```

```
steinhart -= 273.15; // конвертируем в градусы по Цельсию
```

```
Serial.print("Temperature ");
```

```
Serial.print(steinhart);
```

```
Serial.println(" *C");
```

```
int hours;
```

```
int minutes;
```

```
hours = atoi (timeinfo_hours);
```

```
minutes = atoi (timeinfo_minutes);
```

```
if (hours == 18 && minutes > 20)
```

```
{
```

```
if (steinhart > 30 && steinhart < 31 && moisture < 50)
```

```
{
```

```
digitalWrite (EMC_PIN, 1);
```

```
delay (900000);
```

```
}
```

```
else
```

Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

PI61.271241.001 ПЗ

Арк

56

```
{
  digitalWrite (EMC_PIN, 0);
}
}

delay(5000);

}
```

Терещенко Д.В. РІ-Г61-1, 2020

Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

PI61.271241.001 ПЗ

Арк

57

