

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

**Приладобудівний факультет
Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю**

«До захисту допущено»
В.о. завідувача кафедри
_____ Галина БОГДАН

« ____ » _____ 2025 р.

**Дипломний проєкт
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерно-інтегровані системи
та технології в приладобудуванні»
спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
на тему: «Система зволоження повітря офісного приміщення»**

Виконав:
студент IV курсу, групи ПК-11
Антонюк Едуард Миколайович _____

Керівник:
доцент, к.т.н.
Богдан Галина Анатоліївна _____

Рецензент:
доцент, к.т.н.
Козир Олег Васильович _____

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

Студент _____
(підпис)

Київ – 2025 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4	ДПБ ПК-11.02.1760.00.000.ПЗ	Пояснювальна записка	59	
2	A1	ПК11.02.1760.01.000 СхЕ	Хаб системи зволоження повітря Схема електрична принципова	1	
3	A1	ПК11.02.1760.02.000 СхЕ	Модуль системи зволоження повітря Схема електрична принципова	1	

				ПК-11.02.1760.00.000		
	ПІБ	Підп.	Дата			
Розробник	Антонюк Е.М.			Відомість дипломного проекту	Лист	Листів
Керівник	Богдан Г.А.				1	1
Консульт.					КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. АСНК Гр. ПК-11	
Н/контр.						
Зав. каф.	Богдан Г.А.					

**Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Система зволоження повітря офісного
приміщення»**

Київ – 2025 року

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

Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Освітньо-професійна програма «Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

_____ Галина БОГДАН

«__» _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Антонюк Едуард Миколайович

1. Тема роботи «Система зволоження повітря офісного приміщення», керівник роботи Богдан Галина Анатоліївна, кандидат технічних наук, доцент, затверджені наказом по університету від «26» травня 2025 р. №1765-с

2. Термін подання студентом проєкту 1.06.2025

3. Вихідні дані до проєкту: розробка системи зволоження повітря офісного приміщення.

4. Зміст пояснювальної записки

1. Вступ
2. Аналітичний огляд
3. Розробка
4. Висновки
5. Список використаних джерел

5. Перелік ілюстративного матеріалу (із зазначенням плакатів, презентацій тощо) 2 кресленика 1 плакат

1 – Схема електрична структурна

2 – Схема електрична функціональна

3 – Схема електрична принципова

4 – Плакат

5 - Алгоритм

7. Дата видачі завдання 1.02.2025

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Формулювання завдання проекту	12.02.2025	
2	Проведення аналітичного огляду	18.03.2025	
3	Розробка	21.04.2025	
4	Розробка алгоритму роботи	10.05.2025	
5	Розробка креслеників	01.06.2025	

Студент

Едуард АНТОНЮК

Керівник

Галина БОГДАН

Анотація

У роботі обґрунтовується актуальність розробки системи зволоження повітря для офісних приміщень з урахуванням сучасних вимог до мікроклімату робочого середовища. Основна увага приділяється впливу рівня вологості на здоров'я та продуктивність працівників, профілактику захворювань, а також на збереження технічного обладнання та меблів.

У дипломній роботі проведено аналітичний огляд існуючих методів зволоження повітря, за результатами якого обрано ультразвуковий метод оскільки він є найбільш ефективним, економічним та зручним з точки зору розроблення системи автоматизації. Розраховано необхідну ефективність зволоження для підтримання комфортного рівня вологості в офісі площею 60 м², що дозволило визначити технічні параметри системи.

У ході проєктування створено архітектуру системи на основі модульної структури з центральним хабом і підлеглими модулями. Як керуючий елемент використано мікроконтролер ESP32S, що забезпечує бездротовий зв'язок, обробку даних з датчиків, управління виконавчими елементами та взаємодію з веб інтерфейсом. Складено принципові електричні схеми для хабу та модулів, реалізовано живлення через USB-C і перетворювачі напруги, що підвищує універсальність та надійність системи.

Розроблено функціональну схему та алгоритми роботи, які забезпечують ефективний контроль вологості в реальному часі. Результатом роботи стала повністю автоматизована система зволоження повітря, що може застосовуватись у побутових та комерційних умовах для забезпечення стабільного мікроклімату відповідно до нормативних документів.

Робота складається з вступу, 4 розділів, висновків, 23 рисунків, 3 таблиць, списку використаних джерел із 41 позиції та додатків. Загальний обсяг роботи – 59 сторінок, з яких основна частина викладена на 41 сторінках.

Ключові слова: автоматизація, зволоження повітря, модульна структура, вологість.

Annotation

This work substantiates the relevance of developing an air humidification system for office spaces in accordance with modern requirements for the indoor microclimate of work environments. The focus is placed on the influence of humidity levels on employee health and productivity, disease prevention, and the preservation of technical equipment and furniture.

The thesis includes an analytical review of existing air humidification methods. Based on the analysis, the ultrasonic method was selected as the most effective, economical, and convenient option from the perspective of automation system design. The required humidification efficiency was calculated to maintain a comfortable humidity level in a 60 m² office, which made it possible to determine the system's technical parameters.

During the design phase, a modular system architecture was developed, consisting of a central hub and subordinate modules. The ESP32S microcontroller was chosen as the main control unit, enabling wireless communication, sensor data processing, actuator control, and interaction with a web interface. Schematic diagrams for the hub and modules were created, with power supplied via USB-C and voltage converters, enhancing the system's versatility and reliability.

A functional diagram and operating algorithms were developed to provide real-time humidity control. The result of the work is a fully automated air humidification system suitable for domestic and commercial use to ensure a stable indoor microclimate in accordance with regulatory standards.

The thesis includes an introduction, four chapters, conclusions, 23 figures, 3 tables, a list of 41 references, and appendices. The total volume of the work is 59 pages, of which 41 pages comprise the main content.

Keywords: automation, air humidification, modular structure, humidity.

Зміст

ВСТУП.....	9
1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД І РОЗРАХУНКИ	10
1.1. Санітарні норми	10
1.2. Огляд методів зволоження	10
1.3. Основні компоненти системи зволоження.....	14
1.4. Огляд сучасних ультразвукових зволожувачів повітря	15
1.5. Розрахунки.....	19
2. ПРОЄКТУВАННЯ, ПІДБІР ЕЛЕМЕНТНОЇ БАЗИ.....	23
2.1. Структурна схема пристрою.....	23
2.2. Підбір елементної бази.....	24
2.2.1. Мікроконтролер	24
2.2.2. Датчики	26
2.2.3. Ультразвуковий зволожувач.....	30
2.2.4. DC – DC перетворювач	31
2.2.5. Енкодер	32
2.2.6. Транзистор	33
2.2.7. Дисплей	33
3. СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНА ПРИНЦИПОВА	36
4. ПРОГРАМНА ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНИ СИСТЕМИ ЗВОЛОЖЕННЯ ПОВІТРЯ	39
5. ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	46
6. СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	48

					ДПБ ПК-11.02.1760.00.000.ПЗ			
Змн.	Ар	№ до	Підпи	Дата				
Розробив	Антонюк Е.М.				Система зволоження повітря офісного приміщення		Літ.	Арк.
Перевір.рев	Богдан Г.А.							8
Реценз.							ПБФ, ПК-11	
Н. Контр.								
Затверд.	Богдан Г.А.							

ВСТУП

Одним з ключових факторів у сучасних офісних приміщеннях є забезпечення комфортного мікроклімату, що впливає на продуктивність, самопочуття працівників, наприклад: Якщо у приміщенні низька вологість, піт випаровується швидше, як результат – охолодження тіла. Сухе повітря подразнює дихальні шляхи, спричиняючи сухість слизових оболонок, головний біль, підвищену втомлюваність та погіршення концентрації уваги.

Особливо важливо у холодні пори року, коли природна вологість повітря низька, тим більше через роботу опалення повітря стає пересушеним. Застосування автоматизованої системи зволоження повітря, дозволить не лише підтримувати оптимальний рівень вологості, але й економити ресурси, забезпечуючи ефективне управління зволожувачами залежно від умов середовища.

Тому тема актуальності автоматизованої системи зволоження повітря буде завжди потрібною, яка спрямована на покращення якості повітря для комфорту працівників.

Метою даної роботи є розробка автоматизованої системи зволоження повітря для забезпечення норм вологості повітря.

Для досягнення мети поставимо завдання:

- Проаналізувати санітарні норми;
- Дослідити методи зволоження та існуючі аналоги;
- Розробити систему та підібрати компоненти;
- Реалізувати прототип та провести його тестування.

1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

1.1. Санітарні норми

Конституція України (ч. 4 ст. 43), ст. 153 Кодексу законів про працю України, ст. 6 та ч. 1 ст. 13 Закону України “Про охорону праці” передбачає, що роботодавці повинні про створення безпечних та належних умов для своїх працівників. Площа робочого місця повинна бути не менше 6 м² на одну особу. Приміщення для роботи з комп’ютерами мають бути обладнані системами кондиціонування повітря, опалення, вентиляції. На робочих місцях мають бути забезпечені оптимальними значеннями параметрів мікроклімату:

- Відносна вологість – 40-60%
- Температура повітря – 22-25 °С
- Швидкість руху повітря – $\leq 0,1$ м/с

При недотриманні норм мікроклімату в офісних приміщеннях робочий день для робітників повинен бути скорочений мінімум на 10%.

У офісних приміщеннях також нормуються еквівалентні рівні звуку: для програмістів – 50 дБа, для операторів комп’ютерного набору та операторів в залах обробки інформації – 65 дБа.

Зволожувачі повітря є ефективним засобом для підтримання оптимального рівня вологості в офісних приміщеннях, що є важливою складовою дотримання санітарно-гігієнічних норм. Вони сприяють створенню комфортного мікроклімату, зменшують сухість повітря, яка може негативно впливати на здоров’я працівників.

1.2. Огляд методів зволоження

Існує чотири основні типи зволожувачів за типом зволоження:

1. Парові зволожувачі. В основу їх роботи покладено принцип фазового переходу води із рідкого стану в газоподібний (рис. 1.1) за рахунок нагрівання води до температури кипіння (≈ 100 °С), що прискорює

					ДПБ ПК-11.02.1760.00.000.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

випаровування. Знайшли широке застосування в промисловості, за рахунок стабільності параметрів системи та високої точності.

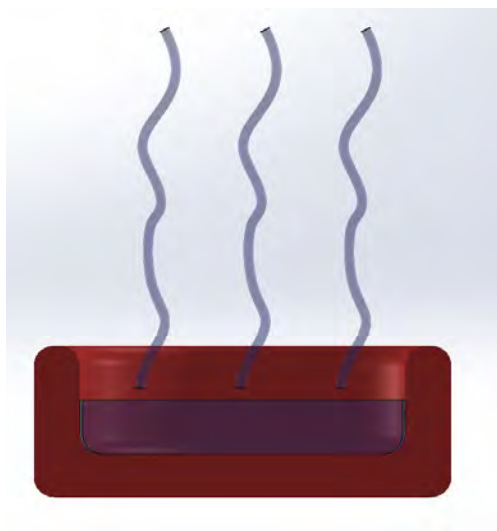


Рис. 1.1. Ілюстрація випаровування води за допомогою нагрівання

Переваги: висока ефективність зволоження, майже безшумний, просте керування.

Недоліки: високе енергоспоживання, висока температура (підвищення температури приміщення), потребує частого обслуговування.

2. Звичайні (традиційні) розпилювачі (Рис. 1.2.), принцип яких у випаровуванні води за нормальних температур та атмосферного тиску, повітря проходить через змочені фільтри, таким чином відбувається зволоження.

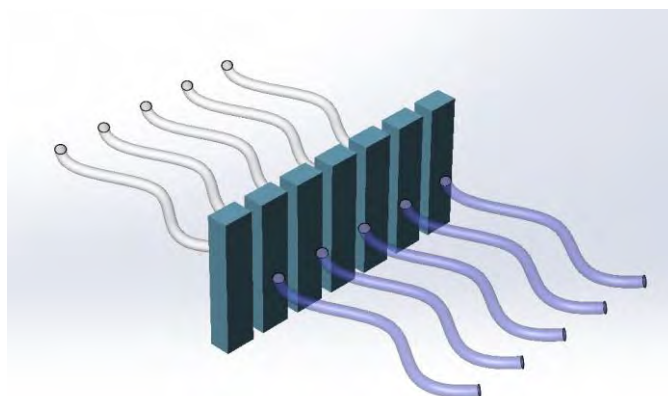


Рис. 1.2. Ілюстрація випаровування води за допомогою проходження повітря через змочений фільтр

Переваги: низьке енергоспоживання, безпечні, простота обслуговування

Недоліки: низька продуктивність щодо площі (великі розміри для офісного приміщення), фільтри потребують заміни, підвищена чутливість до жорсткості води.

3. Форсуночні розпилювачі відносяться до зволожувачів інжекторного типу.

В основу роботи покладено механічне розпилення води через спеціальні застосунки (форсунки) під тиском (3-100 барВ результаті утворюються мікрокаплі у повітрі приміщення, які випаровуючись сприяють підвищенню вологості повітря. Для підвищення продуктивності приладу, можуть бути застосовані вентилятори, які сприяють прискоренню дифузії водяної пари. Принцип дії таких зволожувачів показано на рис. 1.3.



Рис. 1.3. Ілюстрація розпилення води за допомогою проходження через форсунку

Переваги: висока продуктивність (від 1 до 1000 л/год) при мінімальному споживанні енергії, швидке зволоження повітря.

Недоліки: складна конструкція, потребує фільтрації води, висока вартість, форсунки потребують технічного обслуговування.

4. Ультразвукові зволожувачі повітря працюють за рахунок отримання водного аерозолі за допомогою ультразвукових коливань частотою від 1,6 до 2,4 МГц. На рис. 1.4. проілюстровано принцип їх роботи.

					ДПБ ПК-11.02.1760.00.000.ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

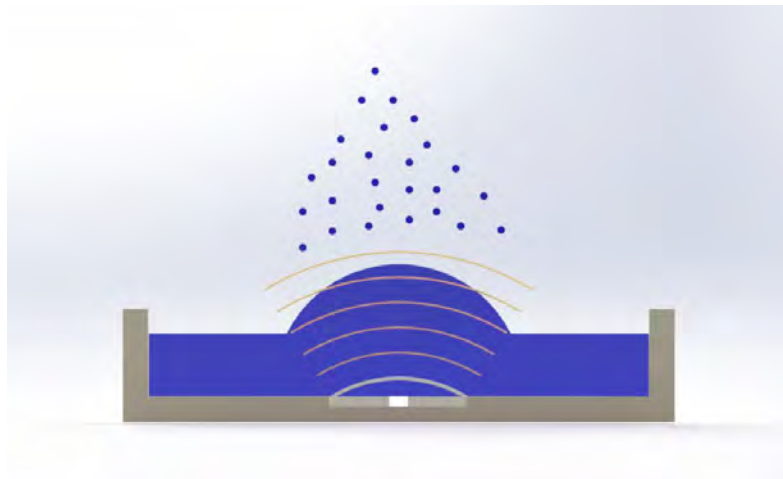


Рис. 1.4. Ілюстрація розпилення води за допомогою ультразвукового випромінювача

Переваги: висока ефективність, низьке енергоспоживання, низький рівень шуму, легко автоматизувати.

Недоліки: потребує дистильовану воду.

В таблиці 1.1. приведено порівняння різних типів зволожувачів.

Таблиця 1.1 – Порівняння зволожувачів за ціною та призначенням

Тип зволожувача	Принцип роботи	Відносне енергоспоживання	Рівень шуму	Переваги	Недоліки
Традиційний (холодна пара)	випаровування води за нормальних температур та атмосферного тиску	низьке	Середній	низьке енергоспоживання	низька продуктивність щодо площі, фільтри потребують заміни
Ультразвуковий	розпилення води під дією ультразвукових коливань	низьке	низький	висока ефективність, низьке енергоспоживання, низький рівень шуму	потребує дистильовану воду
Паровий (гаряча пара)	нагрівання води	високе	низький	висока ефективність зволоження, майже безшумний, просте керування	високе енергоспоживання, підвищення температури приміщення, потребує частого обслуговування
Розпилення форсункою	розпилення води під тиском	високе	високий	дуже висока ефективність	складна конструкція, потребує фільтрації води, висока вартість,

Аналіз даних наведених в таблиці 1.1 дозволив зробити наступні висновки:

- Парові зволожувачі забезпечують високу продуктивність і стерильну пару, але споживають багато енергії та потребують частого обслуговування. Оптимальні для промислових або стерильних умов.
- Традиційні зволожувачі — енергоощадні та безпечні, ідеальні для домашнього використання, однак мають низьку ефективність та залежать від вентиляції.
- Форсуночні системи підходять для великих площ, мають високу продуктивність при помірному споживанні енергії, але вимагають дорожчого монтажу та професійного обслуговування.
- Ультразвукові зволожувачі — найоптимальніші для побуту та офісу: економічні, ефективні, компактні. Вимагають використання очищеної води для запобігання осаду.

Дивлячись на всі за і проти серед усіх варіантів, можемо прийти до такого висновку, що ультразвуковий зволожувач є найкращім варіантом.

1.3. Основні компоненти системи зволоження

Будь яка система зволоження повітря містить у своїй структурі наступні елементи:

1. Мікроконтролер – центральний керуючий елемент системи, збирає, аналізує дані з датчиків (температури, вологості, тощо) приймає рішення на основі запрограмованих алгоритмів для керування розпилювачами, різними модулями, дисплеєм і так далі;
2. Розпилювач – перетворює воду в дрібнодисперсний туман або пар який змішується з повітрям;
3. Датчики вологості, температури, рівня води тощо – вимірюють параметри вологості, температури середовища та стану системи, можуть використовуватися сенсори якості повітря;

					ДПБ ПК-11.02.1760.00.000.ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Корпус – забезпечує захист компонентів, служить як резервуар та надає естетичний вигляд;
5. Вентилятор, залежить від продуктивності, об'єму зволоження – сприяє кращому і швидшому розподіленню, перемішуванню повітря в приміщенні;
6. Дисплей (опціонально) – відображає показники параметрів та стан системи, дозволяє створити інтерфейс для зручного керування;
7. Драйвер для розпилювача – за командою мікроконтролера забезпечує подачу потрібної потужності та частоти на розпилювач;
8. Кнопки, сенсорні панелі, перемикачі, тощо – дозволяють керувати, задавати параметри для системи;
9. Блок живлення – Перетворює змінний струм на постійний, живить систему;
10. Перетворювач напруги – перетворює напругу на потрібну для живлення компонентів.

1.4. Огляд сучасних ультразвукових зволожувачів повітря.

Як було показано в розділі 1.2 для подальшої розробки нами було обрано ультразвуковий метод насичення повітря водяною парою. Розглянемо існуючі аналоги.

Сучасні зволожувачі повітря мають багато функціональних можливостей, базові дешеві моделі в більшості мають тільки одну функцію, для чого вони й спроектовані, а саме зволоження повітря, приклад простого зволожувача (Рис 1.5).

Бувають такі зволожувачі за призначенням:

- Побутові, розраховані на відносно невелику площу, дешеві, но потрібно вручну заливати воду;
- Напівпромислові, розраховані для невеликих офісів, складських приміщень, магазинів, також потрібно заливати воду;

- Промислові (каналні), вбудовуються в канал вентиляції, для великих приміщень, відрізняються високим рівнем автоматизації, високою надійністю та ціною, потребують автоматичного водопостачання, складний монтаж.



Рис 1.5 Зволожувач повітря Colorful Egg[5]

Характеристики[5]:

- Тип зволожувача – ультразвуковий;
- Ємність резервуару для води – 220 мл;
- Об'єм розпилення – 40 мл/год;
- Площа приміщення – 10-12 м²;
- Споживча потужність – 1.5 Вт;
- Управління – кнопка;
- Рівень шуму – до 36 дБа;
- Опції: автовідключення при низькому рівні води;
- Вага – 60 г.

Прогресивніші мають датчики, як і вологості, температури, вміст CO₂ так і рівня води в систем, що дозволяє ефективніше керувати параметрами та ресурсами, у деяких є додатки для керування або моніторингу як і локальною мережею, так і в режимі on-line. Приклад (Рис. 1.6).

					ДПБ ПК-11.02.1760.00.000.ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 1.6 Зволожувач повітря RZTK Aqua Pro Wifi[6]

Характеристики[6]:

- Тип зволожувача – ультразвуковий;
- Ємність резервуару для води – 6000 мл;
- Об'єм розпилення – 300 мл/год;
- Площа приміщення – 35 м²;
- Споживча потужність – 23 Вт;
- Управління – сенсорне, wi-fi;
- Рівень шуму – до 35 дБа;
- Опції: налаштування рівня вологості, таймер, автовідключення при низькому рівні води, гідростат, дисплей, підсвічування, пульт, термометр;
- Вага – 1400 г.

Бувають ще промислові системи, які розраховані на великі приміщення, та довгий час експлуатації, но з дуже високою ціною. Приклад (Рис. 1.7).

Характеристики[7]:

- Тип зволожувача – ультразвуковий;
- Ємність резервуару для води – --- мл;
- Об'єм розпилення – 24000 мл/год;
- Площа приміщення – 350-400 м²;

					ДПБ ПК-11.02.1760.00.000.ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Споживча потужність – 2400 Вт;
- Управління – панель;
- Рівень шуму – до 55 дБа;
- Опції: налаштування рівня вологості, таймер, дисплей, термометр, гідростат;
- Вага – 85000 г.



Рис. 1.7 Зволожувач повітря Celsius HD-24[7]

В таблиці 1.2. наведено результати порівняння основних технічних характеристик розглянутих ультразвукових зволожувачів повітря.

Можна зробити висновки, що існуючі ультразвукові зволожувачі повітря мають дуже широкий розкид, як по технічним характеристикам так і по ціні. В якості прототипу мною був обраний RZTK Aqua Pro Wifi, тому що через наявність безпроводникового зв'язку їх легко можна об'єднати в одну систему, він є представитком середнього класу (серед розглянутих зразків), як по технічним характеристикам так і по ціні.

					ДПБ ПК-11.02.1760.00.000.ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.2 – Порівняння зволожувачів за ціною та призначенням

Модель	Colorful Egg	RZTK Aqua Pro Wifi	Celsius HD-24
Ціна, грн.	80	1799	70000
Тип	ультразвуковий	ультразвуковий	ультразвуковий
Ємність, мл.	220	6000	---
Об'єм розпилення, мл/год.	40	300	24000
Площа, м ²	12	35	400
Споживча потужність, Вт.	1.5	23	2400
Управління	кнопка	сенсорне, wi-fi	панель
Рівень шуму, дБа	36	35	55
Опції	автовідключення	налаштування рівня вологості, таймер, автовідключення при низькому рівні води, гідростат, дисплей, підсвічування, пульт, термометр	налаштування рівня вологості, таймер, дисплей, термометр, гідростат
Вага (без води), г.	60	1400	85000

1.5. Розрахунки

Оберемо тип офісного приміщення, кількість працівників, розрахуємо площу, об'єм приміщення та вологість повітря:

- Тип: Офісний кабінет;
- Кількість працівників: 10 осіб;

На одну особу для офісного кабінету за нормативами повинно бути 6 м² , розрахуємо площу приміщення S_o :

$$S_o = S_{ppl} * n = 6 * 10 = 60 \text{ м}^2$$

S_{ppl} (м²) – площа для однієї особи;

n – кількість людей.

Розрахуємо об'єм приміщення V_o за формулою:

$$V_o = S_o * h = 60 * 2.7 = 162 \text{ м}^3$$

h (м) – висота приміщення від полу до стелі.

Щоб підтримувати комфортну вологість для людини за санітарними нормами, а це 40-60%, потрібно розрахувати ефективність зволоження, спочатку розрахуємо кількість водяної пари в повітрі W_{real} при 22°C з відносною вологістю 30%:

$$W_{real} = 30\% * e_s = 30\% * 20 = 6 \text{ г/м}^3$$

$e_s \approx 20$ (г/м³) – щільність насиченого пара при 22°C за таблицею парціального тиску;

Необхідна кількість водяної пари при 60%:

$$W_{nec} = 60\% * e_s = 60\% * 20 = 12 \text{ г/м}^3$$

Різниця вмісту пара ΔW :

$$\Delta W = W_{nec} - W_{real} = 12 - 6 = 6 \text{ г/м}^3$$

Тепер розрахуємо загальну потрібну кількість води для зволоження M_{nec} :

$$M_{nec} = \Delta W * V_o = 6 * 162 = 0.972 \text{ л/год}$$

Урахуємо ще людей, які виділяють водяний пар через дихання та шкіру M_{ppl} :

$$M_{ppl} = q * n = 60 * 10 = 0.6 \text{ л/год}$$

					ДПБ ПК-11.02.1760.00.000.ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$q \approx 60$ (г/год) – кількість водяної пари, яка виділяється людиною.

Залишилося тільки розрахувати потрібну ефективність зволоження M_{real} :

$$M_{real} = M_{nec} - M_{ppl} = 0.972 - 0.6 = 0.372 \text{ л/год}$$

Отже, для офісного приміщення в якому одночасно працюють 10 співробітників мінімально необхідна площа та об'єм повітря згідно з санітарними нормами склали 60 м² і 162 м³ відповідно. Проведений розрахунок показав, що при вихідній відносній вологості повітря 30% та температурі 22 °С, для досягнення комфортного рівня вологості в 60% потрібно підвищити вміст водяної пари в повітрі на 6 г/м³. Необхідна кількість водяної пари для такого об'єму приміщення становить 0.972 л/год. Враховуючи 10 працівників природно виділяють близько 0.6 л/год вологи через дихання та випаровування з поверхні шкіри, фактична кількість водяної пари зменшується до 0.372 л/год. Таким чином, ефективність зволожувача повітря для даного приміщення має бути не нижчою за 0.372 л/год, що дозволить підтримувати нормативний рівень вологості в офісному середовищі без перевитрати ресурсів.

					ДПБ ПК-11.02.1760.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

Проведено аналітичний огляд в якому було встановлено, що дотримання санітарно-гігієнічних норм у приміщеннях, зокрема рівень вологості, є важливою умовою для забезпечення належних умов праці. Недотримання цих норм може погано вплинути на людей.

Порівняльний аналіз існуючих методів зволоження повітря показав, що найбільш прийнятним для використання в офісних приміщеннях є ультразвуковий тип зволожувача повітря, який поєднує в собі високу ефективність, низьке енергоспоживання та низький рівень шуму. Його конструкція дозволяє легко автоматизувати процес контролю вологості, що робить його зручним для домашнього та комерційного використання.

Визначено перелік основних компонентів системи зволоження повітря, серед яких мікроконтролер відіграє ключову роль як керуючий елемент. Усі компоненти повинні бути узгоджені між собою, щоб забезпечити надійну, ефективну та безпечну роботу пристрою. Отримані результати стануть основою для розробки власної автоматизованої системи зволоження повітря з урахуванням сучасних техніко-гігієнічних вимог.

Залежно від прийнятого типу приміщення — офісного кабінету для 10 працівників, було визначено мінімально необхідну площу та об'єм згідно з санітарними нормами, що склали 60 м² і 162 м³ відповідно. Проведений розрахунок показав, що при вихідній відносній вологості повітря 30% та температурі 22 °С, для досягнення комфортного рівня вологості в 60% потрібно підвищити вміст водяної пари в повітрі на 6 г/м³. Необхідна кількість водяної пари для такого об'єму приміщення становить 0.972 л/год. Враховуючи 10 працівників природно виділяють близько 0.6 л/год вологи через дихання та випаровування з поверхні шкіри, фактична кількість водяної пари зменшується до 0.372 л/год. Таким чином, ефективність зволожувача повітря для даного приміщення має бути не нижчою за 0.372 л/год, що дозволить підтримувати нормативний рівень вологості в офісному середовищі без перевитрати ресурсів.

Отримані значення є ключовими для подальшого вибору або розробки системи зволоження.

					ДПБ ПК-11.02.1760.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

2. ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ ЗВОЛОЖЕННЯ ПОВІТРЯ

Для зручності та можливого розширення системи зволоження, покладемо завдання розробити модульну систему, тобто, є один головний прилад «хаб» і декілька дочірніх «модуль», які будуть обмінюватися інформацією для забезпечення ефективнішого зволоження використовуючи індивідуальні показники на різних ділянках, з виводом інформації на дисплей «хаба».

2.1. Структурна схема пристрою

На рис. 2.1 представлено структурну схему системи зволоження повітря.

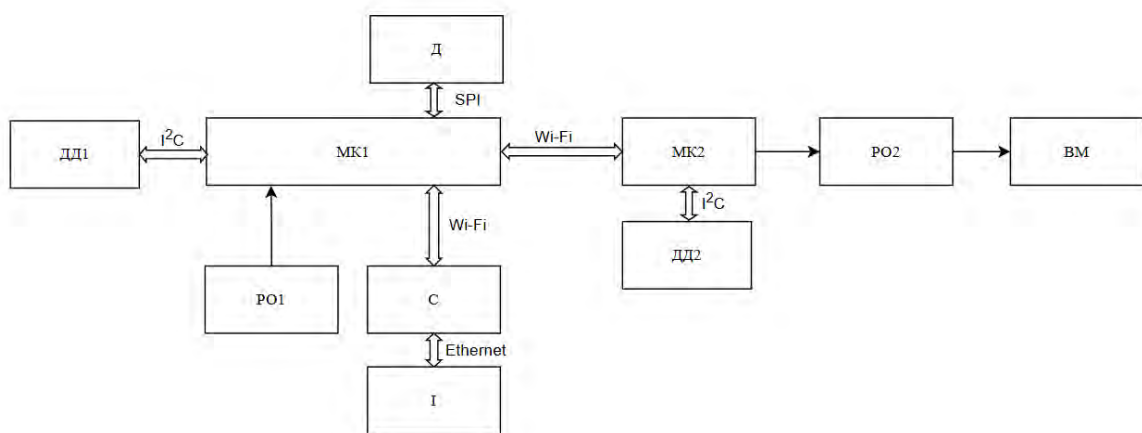


Рис. 2.1. Структурна схема системи зволоження

Опис схеми:

- МК1 – перший мікроконтролер, працює як хаб;
- Д – дисплей, виводить інформацію про вологість, стан;
- МК2 – другий мікроконтролер, працює як модуль (можливе автоматизоване підключення додаткових модулів з регулюючими органами та виконавчими механізмами);
- С – сервер, віддалений моніторинг;
- РО1 – перший регулюючий орган(енкодер);
- РО2 – другий регулюючий орган(реле, транзистор);
- ВМ – виконавчий механізм(генератор сигналу);
- ДД1 – набір датчиків хаба;

- ДД2 – набір датчиків модуля;

Значення волості задається вручну (також базове значення встановлене), після чого МК1 відправляє команду для: дисплею, МК2, серверу. МК2 прийнявши команду, включає генератор для випромінювачів, та відправляє данні про свій стан, запускається зволоження. МК2 фіксує значення з датчиків, після чого МК1 перевіряє чи потрібно подавати команду МК2 на дозвіл включення генератора, залежно від стану та вологості.

2.2. Підбір елементної бази

Потрібно підібрати компоненти для зволожувача, щоб зволожувач мав можливість розпилювати воду з ефективністю приблизно 0.372 літрів за годину.

2.2.1. Мікроконтролер

Для зручності будемо використовувати ESP32, має кращі характеристики в порівнянні з звичайним Arduino за ту ж саму ціну та багато функцій на борту, наприклад таких як: wi-fi, Bluetooth, що дозволить з легкістю інтегрувати в систему безпроводне з'єднання. Спочатку потрібно підібрати мікроконтролер за потрібними характеристиками.

Для використання wi-fi в режимі точки доступу та в режимі клієнта буде використовуватися приблизно 64 КБ ОЗП згідно з документацією з джерела[8]:

Бібліотека ESP WiFi споживає пам'ять залежно від режиму WiFi. Наприклад, режим станції + softAP вимагає близько 64 КБ оперативної пам'яті. Режим станції може вимагати лише близько 40 КБ залежно від конфігурації. Внутрішній стек TCP/IP та клієнт/сервер DHCP можуть збільшити використання пам'яті.

- Використання дисплею з роздільною здатністю 128x64 то його використання ОЗП буде дорівнювати 1 КБ, ураховуючи бібліотеки то припустимо 5 КБ.
- Буфер MQTT клієнтів для обміну повідомленнями за замовчуванням 256 Б, з структурами припустимо 2 КБ.

					ДПБ ПК-11.02.1760.00.000.ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Використання динамічної пам'яті для одного модуля буде приблизно 64 Б, для запасу припустимо по 256 Б, для 4 модулів 1 КБ.
- Інші (Serial, дрібні змінні, керування підключенням, стек) орієнтовно до 5 КБ

Вибираючи з доступних варіантів та ціни, візьмемо ESP32-S3R2 (Рис. 2.2.):



Рис. 2.2. Плата на базі мікроконтролера ESP32-S3R2[9]

Технічні характеристики[9]:

- ESP32-S3R2 з 32-розрядним двоядерним процесором Xtensa LX7, здатним працювати на частоті 240 МГц
- Вбудована 512 КБ SRAM, 384 КБ ROM, 2 МБ PSRAM, 16 МБ флеш-пам'яті
- Вбудований дворежимний бездротовий зв'язок Wi-Fi 2,4 ГГц і Bluetooth LE
- Роз'єм Type-C
- Вбудовані мікросхеми CH343 і CH334 можуть задовольнити потреби розробки USB і UART через інтерфейс Type-C
- Вбудована мікросхема DC-DC MP28164, високоефективна мікросхема підвищення ефективності DC-DC зі струмом навантаження до 2 А
- 27 × багатофункціональних контактів GPIO
- Багаті периферійні інтерфейси, включаючи повношвидкісний USB OTG, SPI, I2C, UART, АЦП, ШІМ і DVP (8-бітний ~ 16-бітний інтерфейс камери), РК-інтерфейси (8-бітний ~ 16-бітний паралельний RGB, I8080, MOTO6800) тощо для гнучкого виконання різноманітних функцій

					ДПБ ПК-11.02.1760.00.000.ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Зубчастий модуль дозволяє припаювати безпосередньо до несучих плат
- Підтримує кілька режимів роботи з низьким енергоспоживанням, регульований баланс між відстанню зв'язку, швидкістю передачі даних і енергоспоживанням для задоволення вимог до потужності в різних сценаріях застосування
- Підтримує екологічність плати розширення Raspberry Pi Pico, підходить для розробки додатків IoT зі штучним інтелектом

У підсумок, плата має вбудований wi-fi, що підходить для завдання, 512 КБ SRAM буде з надлишком, що дає змогу вдосконалювати проєкт, також можливо розширити ОЗП за допомогою зовнішньої оперативної пам'яті на 2 МБ. 32-бітний, 2-х ядерний процесор з високою частотою у 240 МГц дає змогу багатопотоковості, для роботи wi-fi паралельно основній програмі.

2.2.2. Датчики

Для контролю вологості та температури будемо використовувати комбіновані цифрові датчики з можливістю роботи через I²C. Датчики вологості та температури будуть розташовані на всіх елементах. Підберемо декілька датчиків для порівняння:

Датчик вологості та температури HTU21D (Рис. 2.3.):



Рис. 2.3. Датчик вологості та температури HTU21D [10]

Характеристики [10]:

- Точність вимірювання температури: (при -10 до +85 °C) ± 0.4 ;

					ДПБ ПК-11.02.1760.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

- Точність вимірювання вологості: (при 10 до 95 % RH) $\pm 2\%$;
- Робочий діапазон температури: -40 до +105 °C;
- Робочий діапазон вологості: 0 до 100% RH;
- Діапазон напруги для роботи датчика: 1.5 до 3.6 В;
- Діапазон напруги живлення модуля: 5 до 6 В;
- Струм в активному режимі: 150 мкА;
- Струм в пасивному режимі: 60 пА;
- Нагрівач: у чіпі;
- Інтерфейс: I²C
- Геометричні параметри: 13x10x2 мм;
- Ціна: 115 грн.

Датчик вологості та температури GY-21 HTU21 (Рис. 2.4):

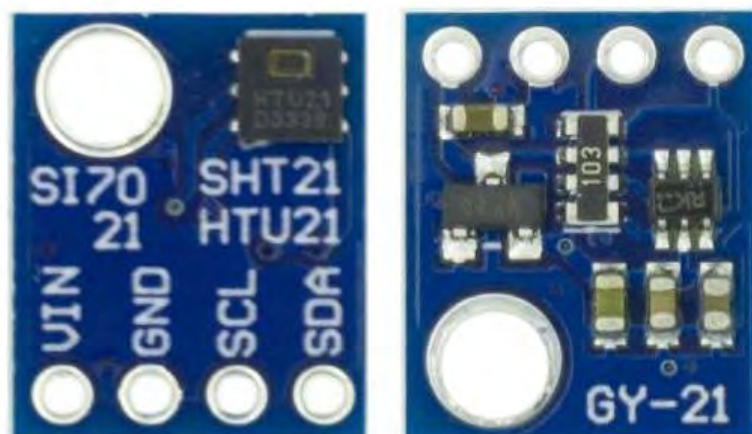


Рис. 2.4 Датчик вологості та температури GY-21 HTU21 [11]

Характеристики [11]:

- Точність вимірювання температури: (при -10 до +85 °C) ± 0.4 ;
- Точність вимірювання вологості: (при 0 до 80 % RH) $\pm 3\%$;
- Робочий діапазон температури: -40 до +125 °C;
- Робочий діапазон вологості: 0 до 100% RH;
- Діапазон напруги для роботи датчика: 1.9 до 3.6 В;

- Діапазон напруги живлення модуля: 5 до 6 В;
- Струм в активному режимі: 150 мкА;
- Струм в пасивному режимі: 60 пА;
- Нагрівач: у чіпі;
- Інтерфейс: I²C
- Геометричні параметри: 13x10x2 мм;
- Ціна: 92 грн.

Модуль датчика температури та вологості SHT20 I2C (Рис. 2.5.):



Рис. 2.5. Датчик вологості та температури SHT20 [12]

Характеристики [12]:

- Точність вимірювання температури: (при +10 до +60 °С) ± 0.4 ;
- Точність вимірювання вологості: $\pm 5\%$ RH (0 до +60 °С);
- Робочий діапазон температури: -40 до +120 °С;
- Робочий діапазон вологості: 0 до 100% RH;
- Діапазон напруги для роботи датчика: 2.1 до 3.6 В;
- Діапазон напруги живлення модуля: 3.3 В;
- Струм в активному режимі: 2 мкА;
- Струм в пасивному режимі: -;
- Нагрівач: -;
- Інтерфейс: I²C

- Геометричні параметри: 15x12x2 мм;
- Ціна: 142 грн.

Датчик вологості і температури AM2320 (Рис. 2.6.):



Рис. 2.6. Датчик вологості та температури AM2320 [13]

Характеристики [13]:

- Точність вимірювання температури: $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$;
- Точність вимірювання вологості: $\pm 3\% \text{ RH}$;
- Робочий діапазон температури: -40 до $+80^{\circ}\text{C}$;
- Робочий діапазон вологості: 0 до $99\% \text{ RH}$;
- Діапазон напруги для роботи датчика: 3.3 до 5.5 V ;
- Діапазон напруги живлення модуля: 3.3 V ;
- Струм в активному режимі: $200\text{-}500 \text{ мкА}$;
- Струм в пасивному режимі: 10 мкА ;
- Нагрівач: -;
- Інтерфейс: I^2C
- Геометричні параметри: $20 \times 12 \times 4 \text{ мм}$;
- Ціна: 134 грн.

Підведемо підсумки в зрівнянні (Таблиця 2.1), кращими варіантами будуть HTU21D та HTU21, відрізняються тільки точністю вимірювання вологості та діапазоном вимірювання температури, но для призначення цілком достатньо $+105^{\circ}\text{C}$.

					ДПБ ПК-11.02.1760.00.000.ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 – Порівняння датчиків вологості та температури

Характеристика	HTU21D	HTU21	SHT20	AM2320
Точність температури °C	0.4	0.4	0.4	0.5
Точність вологості, %RH	2	3	5	3
Діапазон температури, °C	-40 до +105	-40 до +125	-40 до +120	-40 до +80
Діапазон вологості, %RH	0 до 100	0 до 100	0 до 100	0 до 99
Струм в активному режимі, мкА.	150	150	2	200-500
Струм в пасивному режимі, мкА.	0.00006	0.00006	-	10
Нагрівач	+	+	-	-
Ціна, грн.	115	92	142	134

2.2.3. Ультразвуковий зволожувач

Потрібно підібрати випромінювач з мінімальною ефективністю розпилення води 0.372 л/год, раніше розраховано (1.8), під такі параметри підходить ультразвуковий випромінювач з мембраною 20мм (Рис. 2.7.)



Рис. 2.7. Ультразвуковий випромінювач для зволожувача повітря [17]

Характеристики [17]:

- Матеріал: покриття з цинкового сплаву
- Розмір: 45 мм × 35 мм
- Діаметр випромінювача: 20 мм
- Максимальний об'єм розпилення: 400 мл / год
- Частота: 1700 ± 50 кГц
- Ефективний рівень води: 20 мм ~ 75 мм
- Перемикач датчика рівня: джерцята, висота 12 мм
- Робоча температура: 5 ~ 45 °C
- Робоча напруга: DC 24V
- Потужність: 19 ± 1 W

2.2.4. DC – DC перетворювач

Зволожувач працює при 24 вольтах, щоб обійтися без зайвих проводів, ESP32 будемо жити через перетворювач (Рис. 2.8.).

Характеристики [18]:

- Вхідна напруга 3.2 – 40 В
- Вихідна напруга 1.25 – 35 В
- Мінімальна вхідна напруга ≥ 3 В
- Ефективність перетворення до 92 %
- Частота перетворення 150 кГц

- Мінімальна температура -40 °C
- Максимальна температура +65 °C
- Вихідний струм з радіатором ≤ 3 А
- Вихідний струм без радіатора ≤ 2 А
- Вихідна потужність без радіатора ≤ 10 Вт
- Розмір 43x21x14 мм



Рис. 2.8. Перетворювач напруги LM2596 DC-DC [18]

2.2.5. Енкодер

Для керування будемо використовувати енкодер EC11E з кнопкою (Рис. 2.9.).



Рис. 2.9. EC11E Енкодер вертикальний з натискним перемикачем [20]

Характеристики [20]:

- Номінальний струм: 10 мА 5 В DC
- Термін служби: 30 000 циклів

					ДПБ ПК-11.02.1760.00.000.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Діапазон робочих температур: від $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$

2.2.6. Транзистор

Для керування живлення ультразвукового зволожувача будемо використовувати силовий польовий транзистор IRL540N (Рис. 2.10.).

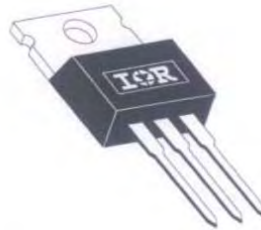


Рис. 2.10. Польовий транзистор IRL540N [21]

Короткі характеристики [21]:

- Тип: N-канальний MOSFET;
- V_{DSS} : 100 В;
- I_D при V_{GS} 10 В. $25\text{ }^{\circ}\text{C}$: 36 А;
- V_{GS} : ± 16 В;
- Порогова напруга V_{GS} : 1-2 В;
- Розсіювана потужність: 140 Вт.

2.2.7. Дисплей

Для відображення стану та інформації про показники повітря будемо використовувати TFT-дисплей SPI 128x128 з діагоналлю 1.44" (Рис. 2.11.)

Характеристики [22]:

- Колір: RGB 65K кольорів
- Розмір екрана: 1,44 (дюйм)
- Тип: TFT
- Драйвер IC: ST7735S
- Роздільна здатність: 128*128 (піксель)
- Інтерфейс модуля: 4-провідний інтерфейс SPI
- Активна зона: 26,2x27,2 (мм)

					ДПБ ПК-11.02.1760.00.000.ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Розмір друкованої плати модуля: 29,7x43,36 (мм)
- Робоча температура: -20 °C ~ 60 °C
- Температура зберігання: -30°C~70°C
- Напруга живлення: VCC 3,3 В ~ 5 В
- Напруга логічного порту вводу-виведення: 3,3 В (TTL)



Рис. 2.11. 1,44-дюймовий модуль SPI ST7735S SKU: MSP1443 [22]

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

Було здійснено проектування архітектури системи зволоження, підібрана елементна база. Обрана модульна структура дозволяє легко розширити систему додаючи модулі не тільки зволожувачів, а й інших функціональних пристроїв. Передача даних здійснюється між модулями по Wi-Fi, з можливістю моніторингу через віддалений сервер.

В якості мікроконтролера обрано ESP32-S3R2 — потужний двоядерний мікроконтролер з вбудованим Wi-Fi, Bluetooth, великою кількістю GPIO та розширеною пам'яттю (512 КБ + 2 МБ PSRAM), що забезпечує стабільну багатозадачність. Його функціональні можливості повністю задовольняють потреби системи в обробці, керуванні зволоженням, дисплеєм, зв'язком із сервером і датчиками.

Проведено порівняння кількох моделей датчиків вологості та температури. HTU21D і GY-21 HTU21 визнані найкращими за співвідношенням ціна/якість, точністю та енергоспоживанням. Всі датчики підтримують інтерфейс I²C, що спрощує інтеграцію з ESP32.

Для зволоження обрано ультразвуковий випромінювач із діаметром мембрани 20 мм, здатний забезпечити розпилення понад 0.372 л/год, що відповідає розрахованим потребам.

Отримані результати створюють основу для реалізації програмної частини та розробки системи автоматизації для зволоження повітря в офісному приміщенні.

					ДПБ ПК-11.02.1760.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

3. СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНА ПРИНЦИПОВА

На рис. 3.1 представлено принципову електричну схему хабу (повна схема в ДОДАТОК А).

Надається за запитом до авторів

Рис. 3.1. Хаб системи зволоження, схема електрична принципова

Живлення передбачено через роз'єм usb-c. LC фільтр забезпечує стабільне живлення фільтруючи шуми та наведення. Далі сигнал надходить на стабілізатор що понижує напругу, який перетворює вхідну напругу з 5 до 3.3 вольт. Передбачено модуль збереження живлення. Ядром системи є мікроконтролер ESP32S3, що виконує керування всіма функціями пристрою. Поряд розміщено кварцевий генератор, який генерує сигнал з необхідною частотою для мікроконтролера. Usb hub реалізує розгалуження usb портів для одночасної роботи декількох компонентів яким потрібен usb. USB-UART конвертер виконує функцію зв'язку через usb та відлагодження. Інформація виводиться через дисплей, який з'єднаний через SPI. Додано енкадер для керування і регулювання. До мікроконтролера підключений датчик вологості й температури для контролю середовища біля хабу. На рис. 3.2 представлено принципову електричну схему модуля (повна схема в ДОДАТОК Б), вона майже ідентична з деякими розбіжностями, відсутній енкадер та дисплей. Додано перетворювач напруги який працює від 24 вольт, які подаються на зволожувач, а перетворені 5 вольт живлять плату мікроконтролера. Також доданий силовий транзистор для керування зволожувача.

Надається за запитом до авторів

Рис. 3.2. Модуль системи зволоження, схема електрична принципова

					ДПБ ПК-11.02.1760.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

У цьому розділі було складено і розглянуто принципові електричні схеми для хабу і модуля. Було визначено вузли для системи та їх функціональне призначення. Схема є структурованою, використання usb-c забезпечує сумісність з сучасними пристроями. Завдяки перетворювачу напруги в схемі модуля, можливе живлення всієї системи використовуючи тільки одне джерело живлення.

Схеми хабу й модуля є логічно побудованими, функціонально завершеними та оптимізованими для своїх завдань. Хаб має розширену функціональність, орієнтовану на користувача та керування мережею, тоді як модуль оптимізовано під автономне виконання команд. Вся система побудована на базі сучасних елементів з підтримкою масштабування та розширення.

					ДПБ ПК-11.02.1760.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

4. ПРОГРАМНА ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНИ СИСТЕМИ ЗВОЛОЖЕННЯ ПОВІТРЯ

На рис. 4.1. представлена функціональна схема, яка наочно показує який компонент за що відповідає і як виглядає система. Хаб виконує роль центрального вузла який: приймає рішення щодо увімкнення/вимкнення зволожувачів, обробляє дані, відправляє дані на сервер та на дисплей; Модуль виконує роль підлеглого, який обмінюється інформацією з хабом, залежно від прийнятого ним рішення, включає/виключає розпилювач, відправляє дані з датчиків через wi-fi. Дисплей виводить дані про стан, вологість, температуру. Сервер, з'єднаний з хабом локально, буде отримувати та зберігати дані для подальшого посилення на вебклієнт через глобальний сервер. Вебклієнт виконує функцію віддаленого моніторингу за системою. Енкодер дає змогу керувати бажаною вологістю. Також встановлений датчик вологості та температури на сам хаб, для ширшого моніторингу приміщення.

Надається за запитом до авторів

Рис .4.1. Схема системи зволоження функціональна

Блок схема алгоритму хаба представлена на рис 4.2 (код, ДОДАТОК В).

1. Алгоритм починається з ініціалізації пінів МК
2. Створюється точка доступу (Access point) щоб модулі мали змогу під'єднатися до хабу;
3. Хаб під'єднується до локального сервера;
4. Встановлюються базові параметри для модулів, а саме по 60% відносної вологості повітря, після чого є можливість змінити цей параметр для модулів ;
5. Хаб отримує дані про стан модулів, якщо фактична вологість менша за бажану на 5%, хаб посилає команду про увімкнення зволоження, якщо вологість наступної перевірки після увімкнення зволоження досягає

					ДПБ ПК-11.02.1760.00.000.ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

значень в межах бажаної вологості і менше на 5%, то стан зволожувача не змінюється до поки значення не дійде до бажаної вологості, тоді хаб дає команду про відключення зволоження;

6. Хаб перевіряє свої власні датчики, і виводить на дисплей загальну інформацію про всі модулі та свого датчика;
7. Хаб дані відправляє на сервер;
8. Цикл повторюється.

На рис. 4.3 (код, ДОДАТОК Г, Г) показано блок схему алгоритму модулів.

Модуль працює за таким алгоритмом: ініціалізація пінів МК,

1. Підключення до wi-fi хаба для обміну інформацією;
2. Зчитування даних з датчиків;
3. Відправлення даних хабу;
4. Отримує команду від хабу на увімкнення/вимкнення зволожувача, якщо вологість була в діапазоні гістерезису то від хабу прийде команда на негативне увімкнення і негативне вимкнення зволожувача, тобто збереження поточного стану, потрібно для запобігання частій зміни стану коли фактичне значення вологості приближене до бажаної;
5. Цикл повторюється.

Надається за запитом до авторів

Рис 4.2. Блок схема алгоритму хаба

Надається за запитом до авторів

Рис 4.3. Блок схема алгоритму модулів

На рис. 4.3 представлена експериментальна установка, яка призначена для дослідження та тестування розробленої модульної системи зволоження повітря, яка використовує ультразвуковий метод розпилення води та побудована на мікроконтролерах ESP32-S3R2. Система забезпечує

інтелектуальне керування, адаптивне регулювання вологості в різних зонах приміщення та підтримку віддаленого моніторингу через Wi-Fi.



Рис. 4.3. Розроблена модульна система зволоження повітря

Принцип роботи розробленої системи:

Користувач встановлює бажане значення вологості через енкадер на хабі. Хаб отримує дані з вбудованого та зовнішніх датчиків та обробляє інформацію (рис. 4.4).

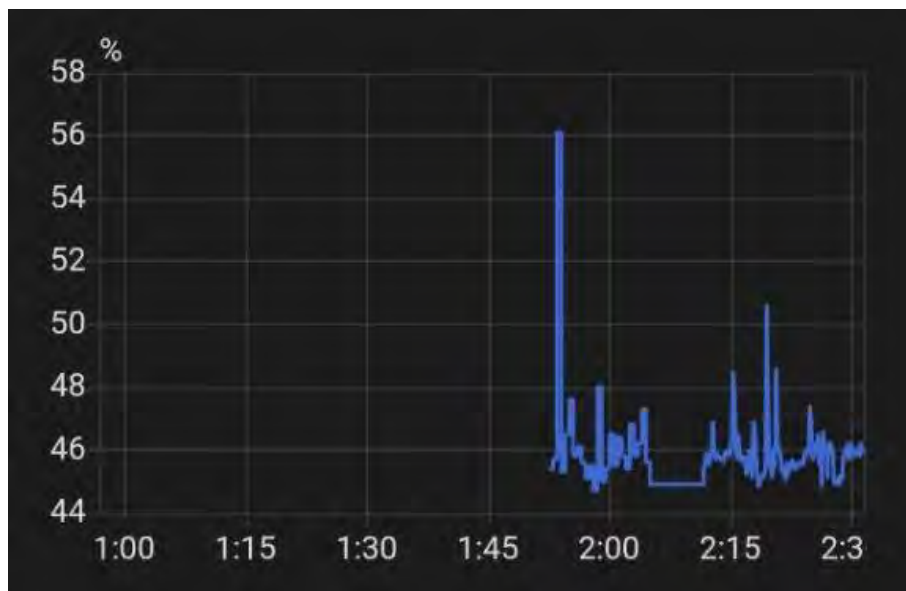


Рис. 4.4. Результати роботи Хабу

Якщо значення вологості нижче заданого — хаб передає команду активним модулям.

Модулі запускають випромінювачі через транзистор і здійснюють розпилення.

Дані про стан модуля повертаються на хаб і за потреби на сервер.

При досягненні потрібного рівня вологості зволоження автоматично припиняється.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4

У цьому розділі було розглянуто архітектуру, логіку функціонування та алгоритмічну реалізацію модульної системи зволоження повітря, побудованої на базі мікроконтролерів ESP32-S3R2 з використанням ультразвукового методу розпилення.

На основі функціональної схеми встановлено, що **хаб** є центральним елементом системи, який виконує завдання прийняття рішень, обробки інформації, керування зволожувачами, а також здійснює передачу даних на локальний сервер і дисплей. **Модулі** працюють у підпорядкуванні до хабу, забезпечуючи локальний збір даних з датчиків і виконання команд на увімкнення або вимкнення зволожувача.

Алгоритм функціонування хабу реалізує адаптивне управління системою з урахуванням встановленого порогу вологості, що дозволяє уникати частого перемикання зволожувачів при коливанні вологості поблизу заданого значення. Передбачено інтеграцію з сервером для збереження та обробки даних у перспективі використання вебклієнтів для віддаленого моніторингу.

Модулі, реалізують обмін даними з хабом по Wi-Fi, передають зчитані показники з сенсорів і отримують команди на увімкнення або вимкнення ультразвукових випромінювачів, враховуючи логіку гістерезису.

Розроблена експериментальна установка продемонструвала ефективну роботу всієї системи, підтвердивши функціональність передбаченого керування, надійність передачі даних, точність регулювання вологості в межах заданого значення та коректність реалізованого програмного алгоритму.

Таким чином, у межах експериментального модулювання було доведено працездатність запропонованої модульної системи зволоження повітря, її здатність до масштабування, автоматизації процесів керування мікрокліматом та інтеграції в системи розумного середовища.

					ДПБ ПК-11.02.1760.00.000.ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Під час виконання бакалаврського дипломного проєкту було проведено дослідження проблеми зволоження повітря у приміщеннях з урахуванням санітарно-гігієнічних норм. Аналітичний огляд підтвердив, що рівень вологості має критичне значення для здоров'я людей та ефективності їхньої діяльності, особливо в умовах офісного середовища.

Проведений порівняльний аналіз існуючих типів зволожувачів повітря засвідчив перевагу ультразвукових систем — вони відзначаються високою ефективністю, економічністю та низьким рівнем шуму. Такий тип зволоження найкраще підходить для автоматизації, що є суттєвим чинником при створенні інтелектуальних систем мікроклімату.

У процесі інженерного проєктування було визначено перелік необхідних апаратних компонентів, серед яких ключову роль відіграє мікроконтролер ESP32-S3R2, що забезпечує централізоване керування, комунікацію по Wi-Fi, обробку даних та взаємодію з периферійними модулями.

Здійснено розрахунок необхідної продуктивності зволожувача на основі заданих умов (офіс на 10 осіб, об'єм приміщення 162 м³). Розрахунки показали, що для підтримання відносної вологості на рівні 60% при початковому значенні 30% і з урахуванням природного випаровування, необхідна продуктивність зволожувача має становити не менше 0.372 л/год.

Розроблено електричні принципові схеми для двох основних елементів системи — хабу та модуля. Схеми є структурно завершеними, враховують сучасні технічні вимоги та забезпечують ефективну взаємодію між усіма компонентами. Хаб має розширений функціонал, тоді як модулі виконують локальні завдання з контролю вологості й активації зволожувачів.

Реалізовано архітектуру модульної системи, яка підтримує гнучке масштабування та розширення. Функціонування системи забезпечується завдяки адаптивному алгоритму керування, що враховує гістерезис та запобігає

					ДПБ ПК-11.02.1760.00.000.ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

частому перемиканню станів. Впроваджено можливість віддаленого моніторингу через сервер і вебінтерфейс.

Експериментальна установка підтвердила працездатність і ефективність запропонованої системи. Було досягнуто точного регулювання вологості, надійної передачі даних та коректної роботи взаємодіючих модулів. Результати експериментів засвідчили відповідність системи поставленим завданням.

Таким чином, у межах дипломного проєкту була успішно розроблена, реалізована та протестована автоматизована модульна система зволоження повітря, яка відповідає сучасним вимогам до екологічного комфорту та може бути адаптована до широкого спектра задач в області розумного середовища.

					<i>ДПБ ПК-11.02.1760.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

5. СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Робота в офісі: основні санітарно-гігієнічні вимоги [Електронний ресурс]. – Державна служба України з питань праці. – Режим доступу: <https://te.dsp.gov.ua/robota-v-ofisi-osnovni-sanitarno-gigiyenichni-vymogy/>
2. Робота в офісі: основні санітарно-гігієнічні вимоги [Електронний ресурс]. – Сайт ОППБ. – Режим доступу: <https://oppb.com.ua/news/robota-v-ofisi-osnovni-sanitarno-gigiyenichni-vymogy>
3. ДСанПіН 3.3.6.042-99. Державні санітарні правила і норми [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99#Text>
4. Державна служба України з питань праці [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://lviv.dsp.gov.ua/>
5. Зволожувач повітря Colorful Egg [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://vseplus.com/ua/product/zvolozuvac-povitra-ultrazvukovij-rozevij-249328>
6. Зволожувач повітря RZTK Aqua Pro Wifi [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://bt.rozetka.com.ua/ua/rztk-aqua-pro-wifi/p387084057/>
7. Зволожувач повітря Celsius HD-24 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://maxton.com.ua/humidifiers/prom_humidifiers/ultrazvukovoy-uvlazhnitel-vozduha-celsius-hd-24
8. Espressif Systems, ESP wi-fi [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://github.com/espressif/esp-idf/blob/master/components/esp_wifi/
9. Waveshare ESP32-S3-Pico [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.waveshare.com/wiki/ESP32-S3-Pico>
10. Датчик вологості та температури HTU21D [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://arduino.ua/prod6616-datchik-vologosti-ta-temperatyri-htu21d>
11. Датчик вологості та температури GY-21 HTU21 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://arduino.ua/prod1222-datchik-vlajnosti-i-temperatyri>

					ДПБ ПК-11.02.1760.00.000.ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 12.Модуль датчика температури та вологості SHT20 I2C [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://arduino.ua/prod4499-modyl-datchika-temperatyri-i-vlajnosti-sht20-i2c>
- 13.Датчик вологості і температури AM2320 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://arduino.ua/prod3563-datchik-vlajnosti-i-temperatyri-am2320>
14. HTU21D Sensor – Miniature Relative Humidity and Temperature Sensor [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.cdiweb.com/datasheets/te/htu21d.pdf>
- 15.Datasheet. SHT20. Humidity and Temperature Sensor IC [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://sensirion.com/media/documents/CCDE1377/635000A2/Sensirion_Datasheet_Humidity_Sensor_SHT20.pdf
- 16.Datasheet. Digital Temperature and HumiditySensorAM2320 Product Manual [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cdn-shop.adafruit.com/product-files/3721/AM2320.pdf>
- 17.YTW-2001 Ultrasonic Atomizers [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://piezo-ultrasonic.com/ultrasonic-atomizers.html>
- 18.Перетворювач LM2596 DC-DC [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://signal.net.ua/product/doc/device/lm2596_dc-dc.pdf
- 19.LM2596 SIMPLE SWITCHER® Power Converter 150-kHz 3-A Step-Down Voltage Regulator [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm2596.pdf>
20. Encoder EC11 11mm Size Metal Shaft Type [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.farnell.com/datasheets/1837001.pdf>
21. IRL540N HEXFET Power MOSFET [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.infineon.com/dgdl/irl540npbf.pdf?fileId=5546d462533600a40153565fc2a62567>
- 22.1.44 inch SPI Module MSP1443 User Manual [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.lcdwiki.com/res/MSP1443/1.44inch_SPI_Module_MSP1443_User_Manual_EN.pdf

23. Довбиш І. О. Силові установки та джерела енергії сучасних БПЛА / І.О. Довбиш, О.В. Муравйов, Р.М. Галаган, Г.А. Богдан, А.С. Момот // Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки. – 2023. – Том. 34 (73). – № 5. – С. 16-21.
24. Муравйов О. В. Перспективи розвитку технологій та підвищення рівня автономності БПЛА / О.В. Муравйов, І.О. Довбиш, Р.М. Галаган, Г.А. Богдан, А.С. Момот // Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки. – 2023. – Том. 34 (73). – № 2. – С. 199-205.
25. Муравйов О. В. Компенсація терморозфокусування оптичної системи тепловізора та перспективи його використання в медичній діагностиці / О. В. Муравйов, О. О. Назарчук // Вісник інженерної академії України. – 2017. – вип. №1. – С. 124-131.
26. Баженов В.Г. Електроніка. Лабораторний практикум: навчальний посібник / В. Г. Баженов, Є. Ф. Суслов, Ю. Ю. Лисенко, А.С. Момот; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 70 с.
27. Галаган Р.М. Теоретичні основи ультразвукового неруйнівного контролю: підручник / Р. М. Галаган. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 263 с.
28. Галаган Р.М. Комп'ютерне проектування електронних схем. Комп'ютерний практикум: навчальний посібник. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 419 с.
29. Куц Ю.В. Новітні системи та технології: навчальний посібник / Ю. В. Куц, Ю. Ю. Лисенко, А.С. Момот; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 123 с.

30.

					<i>ДПБ ПК-11.02.1760.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48