

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»
Факультет комп'ютерно-інформаційних технологій та автоматизації
(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра електронної техніки
(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри електронної техніки
_____ Олександр ВОВНА
(підпис) (ініціали, прізвище)
«__» _____ 2022 р.

Випускна кваліфікаційна робота

_____ магістра
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему «Розробка та дослідження електронної системи моніторингу
екологічних параметрів у приміщеннях складського типу»

Виконав студент 2 курсу, групи ЕЛТм-21
(шифр групи)

спеціальності _____ 171 Електроніка
(шифр і назва спеціальності)

_____ Семеністий Костянтин Олександрович
(прізвище та ініціали) (підпис)

Керівник доц. кафедри ЕТ, к.т.н., доц. _____ Олександр ШТЕПА
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент доц. кафедри ЕЛІН, к.т.н., доц. _____ Олена ЛЮБИМЕНКО
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент в.о. зав. кафедри АТ, к.т.н., доц. _____ Валерій ПОЦЕПАЄВ
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Нормоконтроль
зав. кафедри ЕТ, д.т.н., проф.

*Засвідчую, що у цій випускній кваліфікаційній
роботі немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.*

_____ Олександр ВОВНА
(підпис)

Студент _____
(підпис)

Луцьк – 2022 р.

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»
Факультет комп'ютерно-інформаційних технологій та автоматизації
(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра електронної техніки
(повна назва кафедри)

Захист відбувся _____

(дата)

з оцінкою _____

Секретар ДЕК _____

(підпис)

Випускна кваліфікаційна робота _____магістра_____

Тема: «Розробка та дослідження електронної системи моніторингу екологічних параметрів у приміщеннях складського типу»

Спецчастина: _____

Виконавець, студент

гр. ЕЛТм – 21

Костянтин СЕМЕНІСТИЙ

(підпис,

дата,

Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник

Олександр ШТЕПА

(підпис,

дата,

Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Консультанти:

Олександр ВОВНА

(підпис,

дата,

Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Олександр ШТЕПА

(підпис,

дата,

Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Анатолій ЗОРІ

(підпис,

дата,

Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

**Державний вищий навчальний заклад
"Донецький національний технічний університет"**

Інститут, факультет Комп'ютерно-інформаційних технологій та автоматизації
Кафедра Електронна техніка
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр
Галузі знань 17 Електроніка та телекомунікації
(шифр і назва)
Спеціальність 171 Електроніка
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри електронної техніки

Олександр ВОВНА

« _____ » 2022 року

З А В Д А Н Н Я
НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Семеністий Костянтин Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Розробка та дослідження електронної системи моніторингу екологічних параметрів у приміщеннях складського типу
керівник проекту (роботи) Штепа Олександр Анатолійович, к.т.н., доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 28.09.2022 року № 446

2. Строк подання студентом проекту (роботи) _____

3. Вихідні дані до проекту (роботи)

Технічна документація та матеріали з переддипломної практики

4.Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) аналіз технічних характеристик об'єкту; аналіз та узагальнення відомих результатів у предметній області досліджень; комп'ютерне моделювання роботи принципової схеми; оцінка метрологічних характеристик; обґрунтування та розробка структури електронної системи; розробка структурної та принципової схем електронної системи

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	доц. каф. ЕТ, к.т.н., доц. Штепа О.А.		
2	проф. каф. ЕТ, д.т.н., проф. Зорі А.А.		
3	проф. каф. ЕТ, д.т.н., проф. Вовна О.В.		
4	доц. каф. ЕТ, к.т.н., доц. Штепа О.А.		
А	доц. каф. ЕТ, к.т.н., доц. Штепа О.А.		
Б	доц. каф. ЕТ, к.т.н., доц. Штепа О.А.		
В	доц. каф. ЕТ, к.т.н., доц. Штепа О.А.		
Г	доц. каф. ЕТ, к.т.н., доц. Штепа О.А.		
Д	доц. каф. ЕТ, к.т.н., доц. Штепа О.А.		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Аналіз та характеристика екологічних параметрів у складських приміщеннях	10.09-1.10	
2	Розробка структурної та функціональної схем електронної системи моніторингу екологічних параметрів у приміщеннях складського типу	10.09-15.10	
3	Розробка принципової схеми системи моніторингу екологічних параметрів у приміщеннях складського типу	15.10-1.11	
4	Налаштування системи моніторингу екологічних параметрів у приміщеннях складського типу	1.11-30.11	
5	Додаток А – Охорона праці та безпека під час надзвичайних ситуацій на підприємстві	30.11-12.12	
6	Додатки Б, В, Г, Д – Програмний лістинг	30.11-12.12	

Студент _____
(підпис)

Костянтин СЕМЕНІСТИЙ
(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи _____
(підпис)

Олександр ШТЕПА
(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

ЛИСТ ЗАУВАЖЕНЬ

Посада П.І.Б.	Суть зауваження, оцінка та підпис

АНОТАЦІЯ

Семеністий, К.О. Розробка та дослідження електронної системи моніторингу екологічних параметрів у приміщеннях складського типу / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» зі спеціальності 171 Електроніка. – ДВНЗ «ДонНТУ», Луцьк, 2022.

Пояснювальна записка: 97 стор., 32 рис., 8 табл., 29 посилань.

Проведено ретельне дослідження процесу складування з урахуванням екологічних показників як самого процесу, так і зовнішніх факторів, що мають вплив. Проведено аналіз екологічних викидів, що виникають в процесі складування. Проведено аналіз методів контролю концентрації пилу, температури та вологості і порівняльний аналіз можливих датчиків системи.. Розроблені загальна структурна схема системи контролю екологічних параметрів і загальна блок-схема алгоритму її роботи. Проведено аналіз встановлених законодавством України екологічних норм, щодо об'єкту дослідження та контрольованих екологічних параметрів. Розроблені функціональна, структурна та принципова схеми електронного пристрою моніторингу екологічних параметрів в приміщеннях складського типу. Проведено аналіз метрологічних параметрів системи. Розроблено програмне рішення. Розроблено Веб-сторінку налаштувань системи. Наведене рішення надає можливість дистанційного керування роботою системи з будь-якого електронного гаджету.

Ключові слова: склад, екологічні параметри, електронний пристрій, моніторинг, веб-сервер, лістинг.

Перелік публікацій:

1. Семеністий, К.О. електронна система бездротового контролю та прогнозування повеней / К.О. Семеністий, І.С. Лактіонов, О.В. Вовна // Зб. доповідей Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених «Телекомунікації, автоматика, комп'ютерно-інтегровані технології», 1-2 груд. 2021 р. – Покровськ: ДВНЗ «ДонНТУ», 2021. – С. 51 – 54.

ABSTRACT

Semenistii, K.O. Development and research of an electronic system for monitoring environmental parameters in warehouse-type premises / Graduation qualification work for obtaining an educational degree 'Master' in specialty 171 Electronics. – SHEI 'DonNTU', Lutsk, 2022.

Explanatory note: 97 p., 32 fig., 8 tables, 29 references.

A thorough study of the warehousing process was carried out, taking into account the environmental indicators of both the process itself and external factors that have an impact. An analysis of environmental emissions arising in the process of storage was carried out. An analysis of methods of controlling dust concentration, temperature and humidity and a comparative analysis of possible sensors of the system was carried out. A general structural diagram of the system for monitoring environmental parameters and a general block diagram of its operation were developed. An analysis of the environmental standards established by the legislation of Ukraine, regarding the research object and controlled environmental parameters, was carried out. The functional, structural and principle schemes of the electronic device for monitoring environmental parameters in warehouse-type premises have been developed. The metrological parameters of the system were analyzed. A software solution has been developed. A web page has been developed. This solution provides the possibility of remote control of the system from any electronic gadget.

Key words: warehouse, environmental parameters, electronic device, monitoring, web server, listing.

List of publications:

1. Семеністий, К.О. електронна система бездротового контролю та прогнозування повеней / К.О. Семеністий, І.С. Лактіонов, О.В. Вовна // Зб. доповідей Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених «Телекомунікації, автоматика, комп'ютерно-інтегровані технології», 1-2 груд. 2021 р. – Покровськ: ДВНЗ «ДонНТУ», 2021. – С. 51 – 54.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1 АНАЛІЗ ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ЕКОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ У СКЛАДСЬКИХ ПРИМІЩЕННЯХ.....	12
1.1 Структура складського господарства.....	12
1.2 Логістика складського господарства.....	15
1.3 Існуючі рішення в області складування.....	16
1.4 Екологічні параметри.....	17
1.4.1 Вплив складської діяльності на навколишнє середовище.....	17
1.4.2 Мікроклімат складських приміщень.....	19
1.5 Аналіз методів контролю пилу у повітрі.....	23
1.6 Аналіз методів контролю температури.....	24
1.7 Аналіз методів контролю вологості.....	26
1.8 Аналіз існуючих систем моніторингу екологічних параметрів.....	29
1.9 Встановленні законодавством України норми для складських приміщень.....	30
1.10 Постановка задачі на проектування системи моніторингу екологічних параметрів у приміщеннях складського типу.....	31
2 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМ ЕЛЕКТРОННОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЕКОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ У ПРИМІЩЕННЯХ СКЛАДСЬКОГО ТИПУ.....	32
2.1 Алгоритм роботи розробленої системи.....	32
2.2 Функціональна схема електронного пристрою.....	34
2.3 Вибір компонентів структурної схеми електронного пристрою.....	34
2.3.1 Порівняльний аналіз і обґрунтування вибору датчиків вимірювальних каналів температури вологості та пилу.....	35
2.3.2 Вибір мікроконтролера.....	39
2.4 Структурна схема електронного пристрою.....	43

2.5 Хмарне сховище.....	44
2.6 Висновки.....	47
3 РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЕКОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ У ПРИМІЩЕННЯХ СКЛАДСЬКОГО ТИПУ.....	48
3.1 Підключення датчику вологості та температури AM2302/DHT22.....	48
3.2 Підключення датчику пилу GP2Y1010AU0F.....	51
3.3 Аналіз АЦП мікроконтролера.....	53
3.4 Результат проектування.....	55
3.5 Висновки.....	57
4 НАЛАШТУВАННЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЕКОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ У ПРИМІЩЕННЯХ СКЛАДСЬКОГО ТИПУ.....	58
4.1 Моделювання роботи датчику температури та вологості AM2302/DHT22.....	58
4.2 Моделювання роботи датчику вмісту пилу GP2Y1010AU0F.....	60
4.3 Моделювання роботи вбудованого до мікроконтролера WiFi модулю.....	62
4.4 Налаштування WI-FI модулю.....	63
4.5 Віртуальна модель системи контролю екологічних параметрів у приміщеннях складського типу.....	66
4.6 Висновки.....	68
ВИСНОВКИ.....	69
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	71
ДОДАТОК А – Охорона праці та безпека під час надзвичайних ситуацій на підприємстві.....	75
ДОДАТОК Б – Лістинг роботи датчику AM2302/DHT22.....	82
ДОДАТОК В – Лістинг роботи датчику вмісту пилу GP2Y1010AU0F.....	83
ДОДАТОК Г – Лістинг роботи WiFi модулю ESP8266.....	84
ДОДАТОК Д – Лістинг роботи системи моніторингу екологічних параметрів у приміщеннях складського типу.....	89

ВСТУП

Актуальність теми. Актуальність теми роботи підтверджується наявністю залежності якості та властивостей товару, що зберігається від екологічних показників в середині складського приміщення. Для приміщень складського типу існують чіткі екологічні норми зберігання продукції того, чи іншого типу встановленні законодавством України. Моніторинг цих показників є першочерговим для будь-яких складів, але питання постійного моніторингу екологічних показників, на цю мить є мало дослідженим. Так виникнення непрогнозованих змін в екологічному стані складських приміщень супроводжується не тільки псуванням товару та погіршенням його властивостей, але й призводить до порушення цілої логістичної системи з багатомільйонними збитками. Також байдужість до питання моніторингу екологічних показників може призвести до погіршення здоров'я обслуговуючого персоналу і навіть завдати шкоди здоров'ю будь-якій людині у світі що може скористуватися товаром цього складу, отримав його з третіх рук наприкінці логістичної системи. Саме через це введення системи моніторингу екологічних параметрів у приміщеннях складського типу є дуже важливим питанням сьогодення. Реалізація цієї системи допоможе виявити ступінь необхідності модернізації окремих елементів або усієї системи загалом задля покращень екологічних показників, а також надасть можливість контролю та покращення умов через прогнозовані зміни контрольованих параметрів.

Мета та завдання дослідження. Метою роботи є дослідження екологічної сторони процесу складування і розробка електронної системи моніторингу екологічних параметрів на основі отриманих результатів. Дана система буде виконувати моніторинг екологічних показників в постійному режимі з мінімальним втручанням оператора. Для зручності і практичності системи передбачено використання бездротового рішення передачі даних, що має стабільно працювати в умовах будь-якого типу складських приміщень.

Для досягнення зазначеної мети в дослідженні сформульовано **такі задачі:**

- виконати дослідження екологічної сторони процесу складування;
- розробити апаратну та програмну складову електронної системи;
- розробити веб-сервер з відображенням поточних результатів роботи системи та можливістю її гнкого налаштування.

Об'єкт дослідження: процес експлуатації складського приміщення та вплив екологічних параметрів на нього, якість товарів, що зберігаються, здоров'я та безпеку обслуговуючого персоналу.

Предмет дослідження: методи та засоби моніторингу екологічних параметрів в умовах складського приміщення, підвищення ефективності отримання, обробки та відображення моніторингової інформації.

Методи дослідження базуються на положеннях функціонального аналізу, теорії систем, теорії планування наукового експерименту, комп'ютерного моделювання.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Проведено аналіз екологічних параметрів, що мають найбільше значення для процесу складування. Так було виявлено та обґрунтовано необхідність постійного контролю концентрації пилу, температури та вологості в приміщеннях складського типу будь якого призначення.

2. Вдосконалено системи моніторингу екологічних параметрів у приміщеннях складського типу шляхом використання веб-серверу та методу бездротової передачі даних. Бездротовий зв'язок базується на використанні WI-FI покриття, яке в купі з повноцінною системою надає можливість гнучкого моніторингу екологічних показників.

Практичне значення одержаних результатів.

1. Результати проведених досліджень дозволять розробляти сучасні системи моніторингу екологічних параметрів у приміщеннях складського типу. Вони надаватимуть можливість дистанційного керування своєї роботи з будь-якого електронного гаджету.

2. Результати досліджень надають змогу розробляти системи іншої направленості, а саме системи моніторингу для будь-якого конкретного типу складів з використанням датчиків специфічних для кожного конкретного випадку.

Особистий внесок здобувача. Основні положення та результати випускної кваліфікаційної роботи магістра одержані автором самостійно. Автором особисто: проведено ретельне дослідження процесу складування з урахуванням екологічних показників як самого процесу, так і зовнішніх факторів, що мають вплив; проведено аналіз екологічних факторів, що виникають в процесі складування; розроблені функціональна, структурна та принципова схеми електронного пристрою моніторингу екологічних параметрів в приміщеннях складського типу; розроблено апаратні та програмні компоненти електронної системи.

Апробація результатів роботи. Основні розділи роботи пройшли апробацію на науковому семінарі кафедри електронної техніки ДВНЗ «Донецький національний технічний університет» (м. Покровськ, 2021 – 2022 рр.).

Структура та обсяг кваліфікаційної роботи магістра. Структура випускної кваліфікаційної роботи магістра визначена загальною схемою наукового дослідження, метою досліджень та шляхами її досягнення. Випускна кваліфікаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, основних висновків та списку використаних джерел. Загальний обсяг роботи містить 97 сторінки машинописного тексту, зокрема 72 сторінок основного тексту, 32 рисунки, 8 таблиць та список використаних джерел із 29 найменувань.

1 АНАЛІЗ ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ЕКОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ У СКЛАДСЬКИХ ПРИМІЩЕННЯХ

1.1 Структура складського господарства

Склад – являє собою спеціальне приміщення, призначене для зберігання будь-яких матеріальних цінностей, наприклад, обладнання, харчових продуктів, побутових або будівельних матеріалів і т. д. Зазвичай склад (рис. 1.1) розглядається як невіддільна частина логістичної системи, яка складається з декількох взаємопов'язаних частин та виконує кілька основних функцій: зберігання запасів, уніфікація, зміна інтенсивності матеріальних потоків і асортименту в залежності від попиту, надання послуг [1].



Рисунок 1.1 – Типове складське приміщення

Сьогодні склад вже не просто реалізатор функції зберігання, а більшою мірою є інструментом оптимізації витрат, пов'язаних з матеріальним потоком. Вже давно існують торговельні гіганти, що основну діяльність магазину реалізують у межах складу. Яскравим прикладом такого рішення є ТОВ «ЛеруаМерлен» – міжнародна компанія-рітейлер, яка займається продажем будівельних товарів, товарів для оздоблення та облаштування приватного та комерційного господарства. Засновано компанію в далекому 1923 році. Сьогодні, Леруа Мерлен - це понад 300 магазинів у всьому світі. Кожен з котрих надає широкий асортимент всіляких товарів за декількох основних напрямків: будівництво, інтер'єр, оздоблення і ремонт будинку та саду. Леруа Мерлен (рис. 1.2) – є частиною компанії GROUPE ADEO [2].



Рисунок 1.2 – Магазин ТОВ «ЛеруаМерлен»

За обсягами продажу GROUPE ADEO займає 1-е місце в Європі й 3-є місце у світі, включаючи магазини DIY різних форматів (гіпермаркети, середні та малі магазини, дискаунтери) в Бразилії, Франції, Греції, Італії, Росії, Китаї, Польщі, Туреччині, Португалії, Іспанії, Румунії та Україні.

Склад виконує не тільки функцію зберігання, а й сервісне обслуговування споживачів: створення ринкового асортименту, розташування запасів зручніше та ближче до споживача, збирання вантажів різної класифікації для відправлення тощо. Відповідно склад неможливо класифікувати окремо від цілої логістичної системи, яка відповідає за стратегічні вигоди: економічні та сервісні. Складське господарство є важливою ланкою логістичної системи яка відповідає за її функціонування в цілому. Впровадження спеціальної інфраструктури в відповідності до деякої логістичної системи є необхідним фактором для переміщення певної продукції, що може містити певну кількість цієї продукції, діяльність котрої відбувається в межах складських приміщень. Логістична система - економічна система, яка виконує реалізацію єдиного процесу та складається з системи елементів що взаємозв'язані, та виконують функцію регулювання матеріальних потоків відповідно до цілей, потреб і завдань організації [1, 3].

Складським господарством називають комплекс будівель, що складається з декількох елементів: пакувальне та розпакувальне обладнання, техніка необхідна для розвантаження і навантаження продукції, охоронна сигналізація, пристрої та обладнання необхідні для переміщення, укладання та підготовки товару до відвантаження; місткості призначені для зберігання продукції, вимірювальні та вагові прилади, засоби для маркування, засоби пожежної безпеки, стелажі для розміщення та зберігання товарів, комп'ютерна система яка регулює рух, контролює та веде облік запасів [1, 4].

Головним завданням складського господарства підприємства є забезпечення потреб виробництва необхідними матеріальними ресурсами, а також надання споживачу необхідної готової продукції за мінімальних витрат. Управління складським господарством має великий вплив на результати виробничо-господарської діяльності підприємства, оскільки забезпечує безперебійність роботи основного виробництва та своєчасне відвантаження готової продукції споживачам [4, 5].

1.2 Логістика складського господарства

Як елемент логістичної системи склад здійснює свою діяльність враховуючи ефективність системи загалом. Відповідно в основі складської діяльності лежать такі функції [6, 5]:

- вирівнювання інтенсивності матеріальних потоків (передбачає зміну обсягу V вантажу протягом одиниці часу t , встановлюється кінцевим споживачем відповідно до $\rho = V / t$);
- в відповідності до замовлення та потреб ринку перерозподіл асортименту всередині матеріального потоку. Значного впливу ця функція набуває при розподільчій логістиці, коли для торгівлі використовується широкий перелік товарів;
- забезпечення зберігання запасів, надає контроль різниці між випуском продукції та її споживанням, що в свою чергу, дає можливість своєчасного реагування на можливі зміни споживчого попиту та коригування темпів виробництва і постачання;
- корегування роботи непослідовних етапів виробництва для складів незавершеного виробництва проміжної продукції, дозволяє налагодити та зменшити асинхронність технологічного і організаційного етапів виробництва;
- консолідація партії відвантаження, надає можливість обробки та надання декількох партій вантажів різним споживачам, а також зменшує транспортні витрати підприємства;
- надання послуг у зв'язку з сервісом продажного та післяпродажного обслуговування.

Після детального аналізу складського господарства можна виділити декілька основних логістичних складових схематичне зображення котрих наведено на рисунку 1.3.

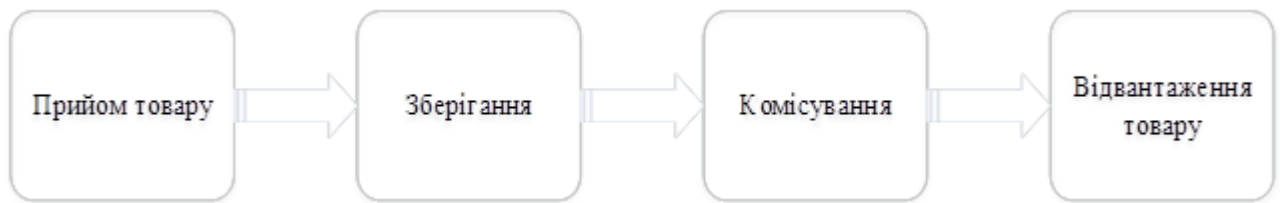


Рисунок 1.3 – Схематичне зображення складської логістики

1.3 Існуючі рішення в області складування

Існує багато різноманітних варіантів складування товару в складських приміщеннях. Так базові варіанти складування доступні будь-якій організації, що потребує складські операції як логістичний етап своєї роботи. Своєю чергою використання професійних методів складування потребує значних витрат і участь фахівців. Для подальшого розглядання зосередимось на варіантах спрямованих на покращення матеріального питання у складській логістиці.

Використання стелажів для зберігання товару, надає більше вільного простору для складування та потребує відносно невеликих матеріальних витрат. З додатковим використанням адресного методу зберігання таке рішення поліпшить питання пошуку необхідного товару, оскільки товари можна буде класифікувати за зонами, властивостями та видами. Адресне зберігання часто використовуємо для покращення та оптимізації складського простору, що своєю чергою збільшує ефективність складу та зменшує часові витрати на пошук продукції й збирання замовлення. Таким методом кожний товар отримує унікальний адресний вказівник, що складається з найменування складської зони та осередку на стелажі. Для розміщення та пошуку товару його місце знаходження звіряється з накладною [3].

На рисунку 1.4 наведено схематичне зображення адресного методу зберігання з використанням стелажа.

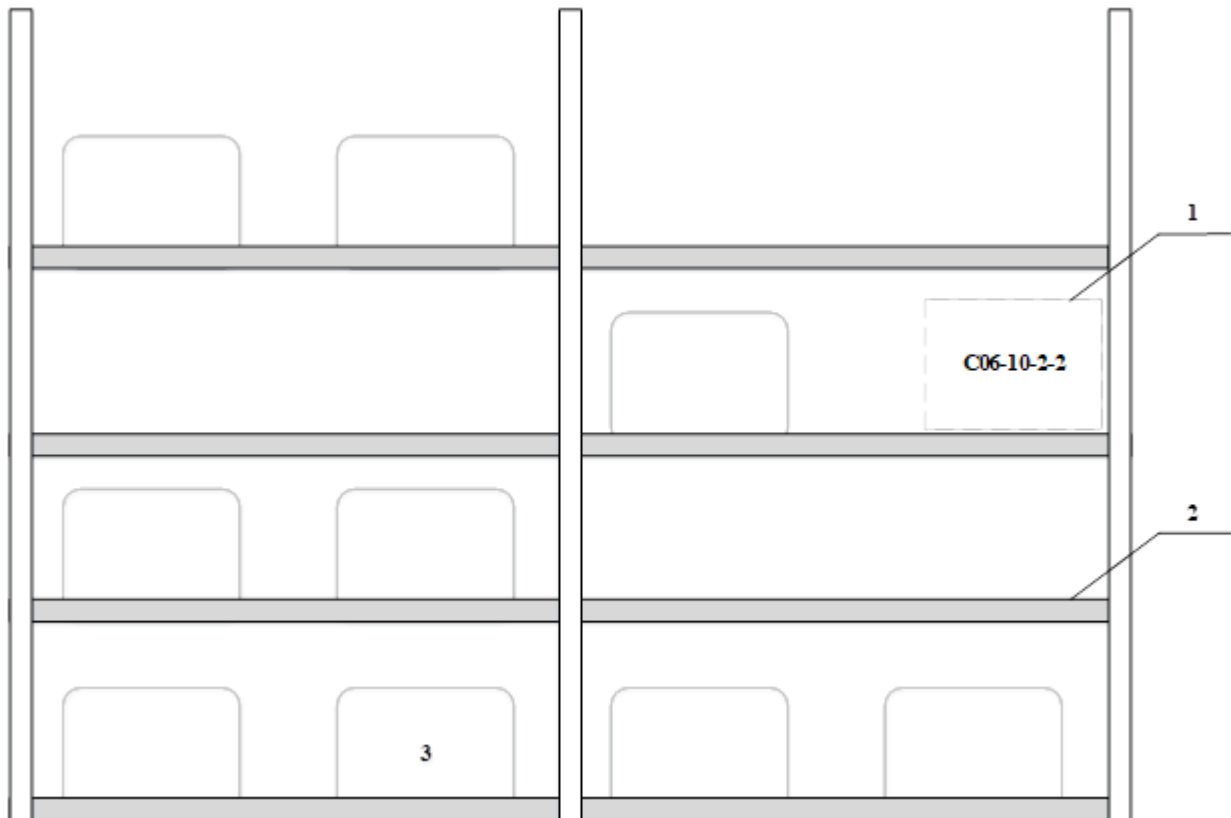


Рисунок 1.4 – Схематичне зображення адресного методу зберігання:

1 – комірка; 2 – ярус; 3 – товар

Розташування частини товару біля місця відвантаження дозволяє скоротити час на пошук і комплектацію замовлення.

1.4 Екологічні параметри

1.4.1 Вплив складської діяльності на навколишнє середовище

Як відомо, будь-яке підприємство забруднює атмосферне повітря в процесі своєї діяльності так і у складських приміщеннях відбуваються викиди речовин, що забруднюють в навколишню середу як від основної діяльності, так і від попутної (експлуатація навантажувачів, опалювання, інше) (таблиця 1.1) [7].

Таблиця 1.1 – Приклад забруднюючих речовин що потрапляють до атмосферного повітря внаслідок складської діяльності.

Котел опалювання	Склад ПММ (диз. паливо)	Склад ПММ (бензин)	Експлуатація навантажувачів
Бенз(а)пірен (3,4-бензпірен); вуглець оксид; азоту діоксид; азоту оксид.	Дигідросульфід; вуглеводні граничні C12- C19.	Летучі низькомолекулярні вуглеводні; пропілен; бензол; ксилол; толуол; етилбензол.	Азоту діоксид; азоту оксид; сажа; сірки діоксид; вуглець оксид; гас.

Як на один з екологічно небезпечних та шкідливих як для персоналу, що обслуговує так і продукту зберігання слід звернути увагу на факт накопичення скупчень пилу, бруду та грибкової цвілі, що виникають в складських приміщеннях будь-якого типу чи призначення [8].

У складських приміщеннях можуть зберігати різноманітні продукти: зерно, хімікати, добриво тощо. Матеріали та продукти, що зберігаються, також визначають і склад викидів речовин, що забруднюють навколишню середу.

Складське приміщення в якому обладнана витяжна вентиляція вважається організованим джерелом речовин, що забруднюють навколишню середу. Напроти викид речовин, що забруднюють навколишню середу через неконтрольований отвір (відкриті вікна, ворота тощо) вважається неорганізованим викидом.

Для складів ПММ паливо, що надходить, розміщують в спеціальні резервуари, які оснащують дихальними клапанами – організовані джерела викидів. Коли паливо зливають дихальний клапан відкривається та в навколишню середу разом з повітрям потрапляє і частина парів нафтопродуктів.

1.4.2 Мікроклімат складських приміщень

Для тривалого зберігання з підтримкою початкових властивостей будь-якої сировини на складі важливо дотримуватись особливих кліматичних умов, які відповідно до типу товару, що зберігається, можуть різнитись.

Підвищена вологість і ненормована температура повітря – є основоположною проблемою мікроклімату складських приміщень, що несе за собою [9]:

1. псування продуктів, їх деформація та гниття;
2. поява плісняви та грибка (рис 1.5);
3. розмноження шкідливих мікроорганізмів;
4. корозія металевих предметів;
5. злежування сипких матеріалів.

На рисунку 1.5 один з результатів байдужого ставлення до норм температури та вологості.



Рисунок 1.5 – Результат байдужості до норм температури та вологості

Для багатьох матеріалів руйнівним рівнем відносної вологості буде позначка в межах 50-60% (для гігроскопічних матеріалів ця позначка трохи менша). Перетинання встановленої межі призведе до безповоротного псування товару, що зберігається.

Надчутливим до питання норм температури та вологості є фармацевтичний склад. У невідповідних умовах медпрепарати можуть втратити лікувальні властивості та навіть набути отруйні.

У таблиці 1.2 наведено нормовані показники вологості для різних товарів при складському зберіганні [9].

Таблиця 1.2 – Нормовані показники вологості для різних товарів при складському зберіганні.

Найменування	Відносна вологість, %
Пластмасові піддони	5 – 30
Трансформаторна обмотка	15 – 30
Цукор	20 – 35
Порошки (харчові, фармоцетивні)	20 – 35
Ліки в вигляді сиропів, капсул	30 – 45
Сипучі будматеріали, хімреактиви	30 – 45
Напівпровідники	30 – 50
Зерно	35 – 45
Папір	35 – 45
Метали	40 – 50
Фотооб'єктиви	40 – 55
Архівні матеріали, магнітні стрічки	40 – 55
Шкіра	40 – 55
Електрична апаратура, музичні інструменти	40 – 55
Тютюн	50
Книжки	50 – 55

До температурно-вологісного режиму слід уважно ставитись і на продуктовому складі. Так, недотримання температурно-вологісних норм на складі може призвести до таких проблем [9]:

1. усихання товару через занадто сухе повітря в приміщенні. При низькій вологості свіжі овочі та фрукти втрачають апетитний вигляд, смакові якості та зменшуються в масі;

2. гниття продуктів, що обумовлено високим показником вологості.

Підсумувавши, можна стверджувати, що для зберігання товару на будь-якому складі необхідно сумлінно дотримуватись певних температурного та вологісного режимів.

Оптимальні рівні температури та вологості для зберігання товару у складських приміщеннях для всіх продуктів різні. На кожному етапі, що відбуваються на складі, будь-то фасування, сортування, зберігання чи відвантаження, необхідно підтримувати певні прийняті умови збереження товару [9] (таблиця 1.3).

Таблиця 1.3 – Оптимальні рівні температури та вологості різних товарів

Товар	Температура (°C)	Вологість
1	2	3
Цукор	Від +2 до +4 градусів	Не має перевищувати позначку в 70%
Чай	Немає обмежень за температурою при якій зберігає всі свої властивості	Не більше 60%
Крохмаль	Від 0 до +15 градусів	Не більше 60%
Прянощі	Від +5 до +15 градусів	Не більше 75%
Безалкогольні напої(соки, сиропи)	Від 0 до +15 градусів	В межах 70-75%
Лікero-горілчані вироби	Від +10 до +20 градусів	В межах 70-75%
Виноградні вина	Від +8 до +15 градусів	В межах 70-75%

Продовження таблиці 1.3

1	2	3
Консерви м'ясо-рослинні, рибні, овочеві, фруктові	Від 0 до +10 градусів	Не більше 75%
Молочні продукти	Від 0 до +6 градусів	В межах 60-85%
Ковбасні вироби та сири	Від 0 до +6 градусів	В межах 65-75%
Курячі яйця	Від +10 до +20 градусів	В межах 60-85%
Фрукти та овочі	Від 0 до +15 градусів	В межах 50-95%

Слід зазначити, що дуже чутливими до рівня температури та вологості є лікарські засоби. Такий товар має зберігатися в дуже чітких встановлених законодавством умовах. Недотримання цих умов загрожує не тільки псуванню дорогого товару, а і нанесенням непоправної шкоди споживачеві. Адже псування таких товарів часто є непомітним для ока людини і разом з цим дуже небезпечним.

Відповідно до встановлених екологічних параметрів складських приміщень для подальшої розробки системи моніторингу екологічних параметрів у приміщеннях складського типу було вирішено зосередитись на необхідності моніторингу температури та вологості, а також пилу для забезпечення оптимальних умов як для підтримки товарних показників товару, так і підтримки прийнятних екологічних умов для співробітників.

1.5 Аналіз методів контролю пилу у повітрі

Повна характеристика пилу складається з його маси, що міститься в одиниці об'єму повітря, хімічного та дисперсного складу. Серед ефективних та найпоширеніших методів контролю пилу у повітрі можна виділити: оптичний (фотометричний та нефелометричний), гравіметричний, п'єзобалансний

(п'єзоелектричний) [10].

У табл. 1.4 наведено загальні характеристики основних методів контролю пилу у повітрі для подальшого їх порівняння [10, 11].

Таблиця 1.4 – Загальні характеристики методів контролю пилу у повітрі

Назва	Принцип дії	Особливості
Оптичний (фотометричний)	Вимірюється послаблення інтенсивності світлового випромінювання під час проходження крізь вимірювальну середу.	Низька чутливість виміру малих концентрацій пилу та неможливість виміру великих концентрацій ($> 12 \text{ г/м}^3$), необхідне періодичне чищення оптичних елементів.
Оптичний (нефелометричний)	Вимірюється здатність вимірювальної середи розсіювати пряме, бокове та зворотне світловипромінювання.	Неможливість виміру концентрації пилу великої фракції ($> 10 \text{ мкм}$).
Гравіметричний	Вимірюється величина приросту на фільтрі пилових частинок, що відокремлюються від пилогазового потоку. Концентрацію розраховують через відповідну формулу.	Дуже точний через відсутність впливу фізико-хімічних властивостей вимірювальної середи, але трудомісткий, довгий та відносно дорогий.
П'єзобалансний (п'єзоелектричний)	Вимірюється вага та частота п'єзоелемента на котрий осаджується, попередньо відділені з допомогою імпактора та заряджені короніруючим електродом, респіраторні частки.	Точний через відсутність впливу фізико-хімічних властивостей вимірювальної середи, компактний та швидкий, але відносно дорогий та чутливий до зовнішніх факторів

Відповідно до поставленої в роботі задачі, а саме – моніторинг екологічних параметрів в складських приміщеннях і отриманих під час аналізу існуючих методів контролю пилу було вирішено зосередитись на оптичному методі виміру. Таке рішення обумовлено відносно малими фінансовими показниками, швидкістю і невелику трудомісткість датчиків цього типу.

1.6 Аналіз методів контролю температури

При вимірюванні температури зазвичай звертаються до термодинамічного параметра речовини через який вона дізнається. Зміна цього параметру надає можливість стверджувати й про зміну температури. Газовий термометр – є найпоширенішим прикладом такого термометра, в цьому вимірювальному приладі температура визначається шляхом вимірювання тиску газу в балоні постійного об'єму. Також існують так звані абсолютні термометри: шумові, радіаційні, акустичні. Термодинамічні термометри – є дуже складними приладами, що використовують для практичних цілей. Насправді для вимірювання температури зазвичай використовують так звані практичні термометри, які є вторинними, такі термометри вимірюють температуру ґрунтуючись на якійсь властивості речовини. Всі вони проходять градування за основними реперними точками [12].

Для визначення температури різних об'єктів вимірюють якийсь фізичний параметр, залежний від температури, наприклад, для газів таким параметром можна назвати – тиск, швидкість звуку, електричну провідність тощо.

На практиці часто використовують контактні термометри. Такий термометр відповідно до називання повинен знаходитись в безпосередньому контакті з об'єктом вимірювання для встановлення термодинамічної рівноваги приладу і тіла, досягнення котрої надає можливість встановлення температури останнього. Для досягнення точних результатів вимірювання, фізичний контакт об'єкта та термометра має бути максимально теплопровідним, недостатній контакт призведе до уповільнення процесу. Для прискорення процесу вимірювання термометр має бути мінімальних розмірів, щоб тепловий контакт між термометром та тілом досягав достатніх значень. Та тіло втрачає менше теплової енергії для встановлення термодинамічної рівноваги з термометром, що підвищує точність вимірів. Ідеальний термометр має нульову теплоємність [12].

1.6.1 Види термометрів за принципом дії

Як і визначено раніше у своїй основі термометри можуть бути засновані на різних процесах. Таким чином термометри можна поділити на декілька основних видів за принципом дії: контактні, термометри опору, електронні термопари, монOMETричні, безконтактні пірометри[12, 13].

У табл. 1.5 наведено види термометрів за принципом дії та їх основні характеристики [14, 15, 16].

Таблиця 1.5 – Види термометрів за принципом дії та їх основні характеристики

Назва	Принцип дії	Особливості
1	2	3
Контактний термометр	Вимірюється зміна об'єму тіла відповідно до впливу температури, що змінюється.	Необхідний безпосередній контакт термометра з об'єктом вимірювання; простий в використанні; доступний за ціновим показником, але доволі тендітний та потребує періодичної чистки.
Термометр опору	Вимірюється електричний опір речовин в залежності від зміни температурних показників.	Має компактні розміри; простий в використанні; може працювати в агресивному середовищі; відносно дорогий; має джерело живлення.
Електронний термопар (цифровий)	Генерують значення струму що пропорційне вимірювальній температури.	Простий в використанні; може працювати в агресивній середі та при екстремальних температурах, але має високий вплив наведення через невелике значення струмів, а також спостерігається погіршення показників при тривалому використанні в умовах перепадів температур.
МонOMETричний	Вимірюється залежність між температурними показниками та тиском газу.	Доступний за ціновим показником; можливий автоматичний запис результатів виміру; відносно невелика точність; висока інертність.

Продовження таблиці 1.5

1	2	3
Електронний термопар (цифровий)	Генерують значення струму що пропорційне вимірювальної температури.	Простий в використанні; може працювати в агресивній середі та при екстремальних температурах, але має високий вплив наведення через невелике значення струмів, а також спостерігається погіршення показчиків при тривалому використанні в умовах перепадів температур.
Монометричний	Вимірюється залежність між температурними показниками та тиском газу.	Доступний за ціновим показником; можливий автоматичний запис результатів виміру; відносно невелика точність; висока інертність.
Безконтактний пірометр	В основі виміру лежать інфрачервоні датчики, що зчитують рівень випромінення.	Простий в використанні; не потребує контакту з об'єктом вимірювання та має відносно малий час відклику, але має відносно велику похибку і доволі високий ціновий показник.

Відповідно до поставленої в роботі задачі, а саме – моніторинг екологічних параметрів в складських приміщеннях і отриманих під час аналізу існуючих видів термометрів було вирішено зосередитись на електронних термометрах. Таке рішення обумовлено стійкістю та безпекою, швидкодією і простотою в використанні.

1.7 Аналіз методів контролю вологості

Як вимір кількості вологи в навколишній середі вважається маса води в кубометрі повітря, що визначається як відсоток насичення. Датчики, що вимірюють вологість за основу виміру беруть різні фізичні принципи, а також бувають виконані за різними технологіями. Такі датчики в основі своєї роботи виконують перетворення вимірювальної кількості вологи в деякий електричний сигнал. За способом виміру кількості вологи виділяють такі основні методи

вимірювання: прямий або опосередкований. Можна виділити п'ять основних типів датчиків: ємнісний, резистивні, оптичні, електронні та термісторні.

У таблиці 1.6 коротко наведено особливості кожного основного типу датчиків вологості [17, 18].

Таблиця 1.6 – Основних типи датчиків відносної вологості

Найменування	Принцип роботи	Переваги та Недоліки
1	2	3
Ємнісний	Функціонує за принципом класичного конденсатора, обкладки якого взаємодіють із повітрям навколишнього простору.	Можуть працювати за високої температури; широкий робочий діапазон; стійкі до хімічних випарювань; мають декілька різновидів.
Оптичний	Працює за принципом визначення точки роси - стану середовища, при якому пароподібна волога з повітря осідає у вигляді крапель на поверхні.	Вважається найбільш точним, але й найдорожчим; малий діапазон виміру; потребує постійного контролю вимірювальної поверхні
Резистивний	В основі його роботи лежить властивість деяких провідних матеріалів вбирати вологу, внаслідок чого змінюється омичний опір елемента.	Мають широкий діапазон робочої температури; дешевизна; мала доля ринку; недовговічні; вразливі до хімічних випарювань.
Термісторний	В основі роботи такого датчика вологості лежить термістор – нелінійний резистор, опір якого безпосередньо залежить від температури навколишнього середовища.	Дешевизна; мають середні показники точності

Продовження таблиці 1.6

1	2	3
Електронний	В основу роботи закладено принцип зміни стану електроліту залежно від фактора вологості. Такий пристрій оснащується зондом, як правило, із двома рознесеними електродами. У міру зволоження проміжку між електродами провідність збільшиться та зросте сила струму.	Має високу точність та малу похибку; здатний вимірювати вологість незалежно від температури навколишньої середи

З цих п'яти основних типів вимірювання вологості оптимальний для поставленої задачі за сукупністю параметрів є ємнісний. Цей метод надає високу надійність і забезпечує широкий діапазон вимірювань при відносно низькій вартості якщо використовувати мікроелектронні технології. Так ми отримаємо мініатюрні габарити чутливого елемента та можливість імплементації на кристалі спеціалізованої інтегральної схеми обробки сигналу. Технологічність та високий вихід придатних кристалів для таких датчиків, забезпечують малу вартість. Отже, як підсумок можна вважати, що ємнісний метод є найкращим.

Хочеться звернути увагу на ряд специфічних моментів в зимову пору року – необхідно враховувати, що вимірюваний параметр відносної вологості в виробничих, робочих та інших приміщеннях [19].

Холодне атмосферне повітря, що має надворі високу вологість (80... 100 %), потрапляючи в опалювані приміщення, де немає спеціальних зволожувачів повітря, набуває низькі значення рівня вологості (10...30 %), оскільки відносна вологість повітря залежить, в основному, від кількості молекул води, що містяться в ньому (яка не змінюється при попаданні його з вулиці в приміщення) і його температури (що істотно відрізняється). Очевидно, отримані дуже низькі значення вологості обумовлені розрахунком для

"ідеальних" умов. Насправді в приміщеннях вологість буде трохи вищою за розрахункові внаслідок дихання людей, неповного повітрообміну з вуличним повітрям (волога накопичується), відкритих джерел вологи (крани, відкриті ємності з водою і т.п.), але внесок їх не настільки значний [19].

Отже, що нижча температура атмосферного повітря і що воно сухіше, а також, що вище температура повітря у приміщеннях, то менше реальна величина відносної вологості повітря у приміщеннях.

1.8 Аналіз існуючих систем моніторингу екологічних параметрів

Автоматизована система контролю екологічних параметрів – є цілим комплексом технічних та програмних засобів, призначення якого безперервний контроль стану навколишнього середовища як окремих територій на конкретному підприємстві, так і навіть цілих регіонів. Така система надає можливість безперервного контролю екологічних параметрів з повним відстеженням стану усіх основних джерел забруднення для подальшого ухвалення управлінських рішень [20].

Сьогодні питання екологічного моніторингу є настільки актуальним та потребуючим уваги, що існують цілі величезні компанії, що займаються виключно розробкою та налаштуванням систем контролю екологічних показників. Яскравим прикладом такої компанії на території України – є ХЛР (ООО «ХИМЛАБОРРЕАКТИВ») [21].

ХЛР (ООО «ХИМЛАБОРРЕАКТИВ») займаються питанням розробки систем екологічного моніторингу вже більш як 25 років. Так на сьогодні вони розробили: 8 постів з моніторингу атмосферного повітря, 8 постів моніторингу прісних вод, 1 пост контролю морської води, 5 мобільних лабораторій контролю атмосферного повітря, 51 індивідуальний пост моніторингу атмосферного повітря [21]. Усі розроблені компанією системи відповідають нормам ЄС та законодавству України.

Відповідно до роботи ХЛР (ООО «ХИМЛАБОРРЕАКТИВ») система

екологічного моніторингу має складатися з [21] :

- Система пробовідбору, що надає можливість відібрати проби ґрунту, повітря, води обумовлених поставленою задачею та необхідних для подальшого аналізу.
- Аналітичні прилади, що надають можливість провести селективний і кількісний аналіз відібраних проб.
- Програмне забезпечення, що надає можливість обробки та виведення на сайт оперативної інформації в режимі реального часу.

1.9 Встановленні законодавством України норми для складських приміщень

Через те, що розроблювана система моніторингу має проводити моніторинг екологічних параметрів в складських приміщеннях, щоб визначитись з конкретними типовими значеннями контрольованих величин, було вирішено зосередитись на одному з типів цих приміщень. Так було вирішено проводити подальшу розробку для аптечних складських приміщень через високу залежність від екологічних показників.

Відповідно до наказу міністерства охорони здоров'я України від 16.03.1993 №44 [22]:

- Складські зони повинні бути чистими й сухими, в них повинна підтримуватися необхідна для зберігання лікарських засобів, пакувальних матеріалів, сировини, допоміжних матеріалів температура. Складські приміщення повинні бути обладнані системою припливно-витяжної вентиляції повітря з механічним спонуканням та/або іншими інженерно-технічними засобами для забезпечення необхідних умов зберігання, які слід підтримувати, перевіряти та контролювати.
- В приміщеннях для зберігання повинна підтримуватись певна температура і вологість повітря, періодичність перевірки яких здійснюється не рідше 1 разу на добу. Для спостереження за цими параметрами складські

приміщення необхідно забезпечити термометрами й гігromетрами, які кріпляться на внутрішніх стінах сховища віддалік від нагрівальних приладів на висоті (1.5-1.7) м від підлоги та віддалі не менш 3 м від дверей. В кожному відділі має бути заведена карта обліку температури та відносної вологості.

Також згідно з наведеного наказу [22] можна стверджувати, що нормовані показники температури та вологості для різних лікарських засобів різняться в межах 0 – 50 °C і 30 – 70 % відповідно.

Відповідно до наказу міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 13.04.2022 № 175 [23] – гранично допустимі концентрації недиференційованого за складом: максимально разова – 0,5 мг/м³ і середньодобова – 0,15 мг/м³.

1.10 Постановка задачі на проектування системи моніторингу екологічних параметрів у приміщеннях складського типу

Після аналізу структури, логістики та екологічних параметрів у приміщеннях складського типу мою увагу привернув факт необхідності контролю екологічних параметрів у складських приміщеннях. На підставі ретельного дослідження було вирішено розробити електронну систему що буде моніторити концентрацію пилу та значення температури й вологості у складських приміщеннях. Для подальшої розробки системи було обрано фармацевтичний склад. Передумовою таких рішень є велика залежність якості та властивостей товару від обраних параметрів. Розроблювана система має запобігати отруєнню шкідливими речовинами персоналу та можливого споживача, псуванню дорогого товару і допомагати у виявленні порушень виробничого процесу (несправність обладнання, людський фактор тощо).

2 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМ ЕЛЕКТРОННОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЕКОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ У ПРИМІЩЕННЯХ СКЛАДСЬКОГО ТИПУ

2.1 Алгоритм роботи розробленої системи

Аналіз існуючих систем моніторингу надає можливість виділити основні елементи системи контролю екологічних параметрів та розробити на їх основі загальну структурну схему, що буде відображати усі можливі компоненти і їх логічне розташування для отримання ефективної системи контролю екологічних параметрів рисунок 2.1.



Рисунок 2.1 – Загальна структурна схема системи контролю екологічних параметрів

Відповідно до наведеної схеми (див. рис. 2.1) розроблена система моніторингу екологічних параметрів у приміщеннях складського типу має виконувати функцію безперервного моніторингу екологічного стану у складському приміщенні та надавати можливість керування і внесення змін до контрольованого процесу в реальному часі.

Для досягнення встановлених задач до електронної системи моніторингу екологічних параметрів у приміщеннях складського типу було вирішено спочатку встановити алгоритм її роботи, що наведено на рисунку 2.2.

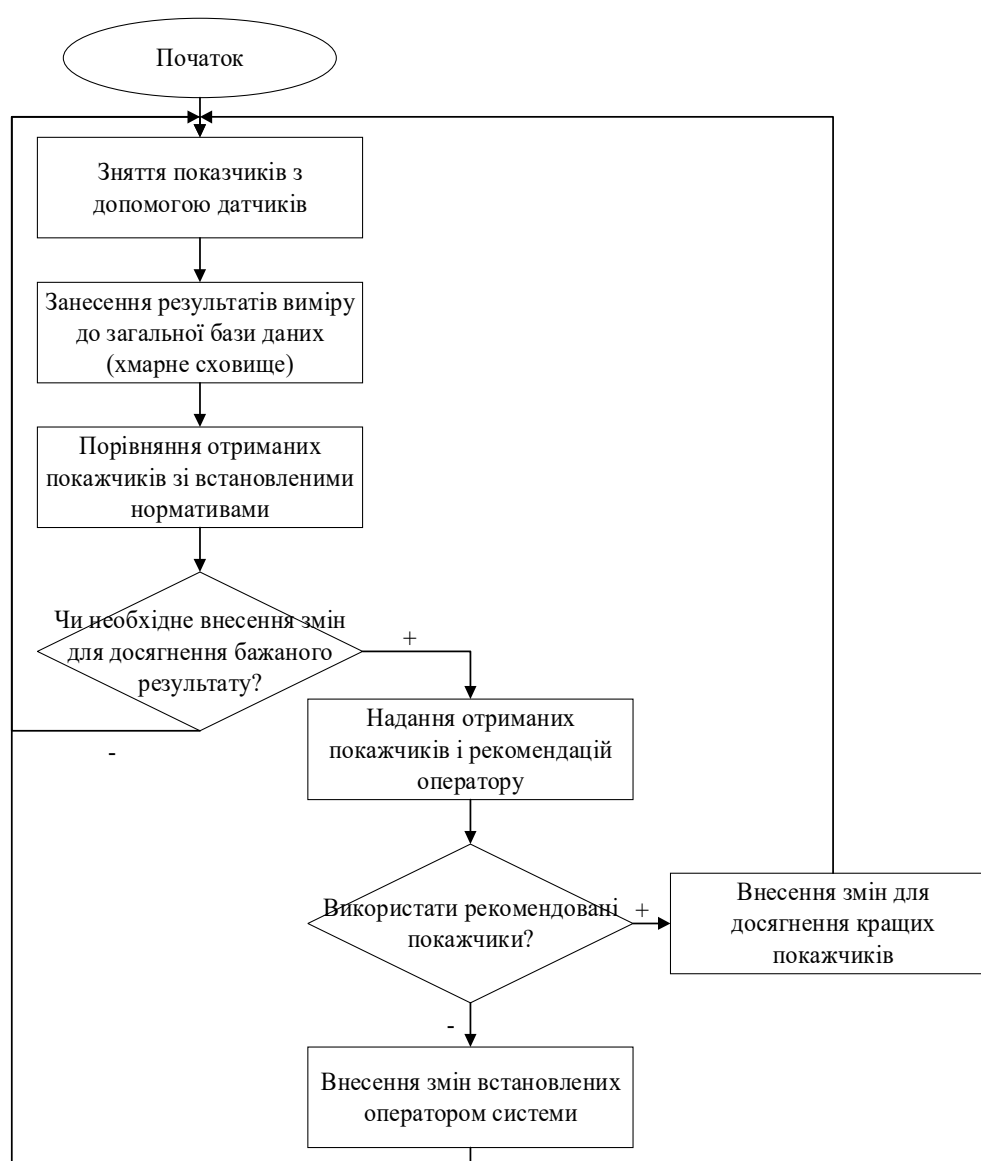


Рисунок 2.2 – Загальна блок-схема алгоритму роботи системи моніторингу екологічних параметрів у приміщеннях складського типу.

2.2 Функціональна схема електронного пристрою

Відповідно до встановленого алгоритму роботи системи (дивись рис. 2.2) необхідно розробити пристрій, що має вимірювати встановленні показники та надавати їх до хмарного сховища для подальшої обробки. Функціонально отриманий пристрій буде фіксувати конкретні значення пилу, вологи та температури в складському приміщенні і надавати отримані значення до персонального комп'ютера з допомогою WI-FI модуля.

На рис. 2.3 наведено функціональну схему пристрою моніторингу екологічних параметрів в складських приміщеннях.

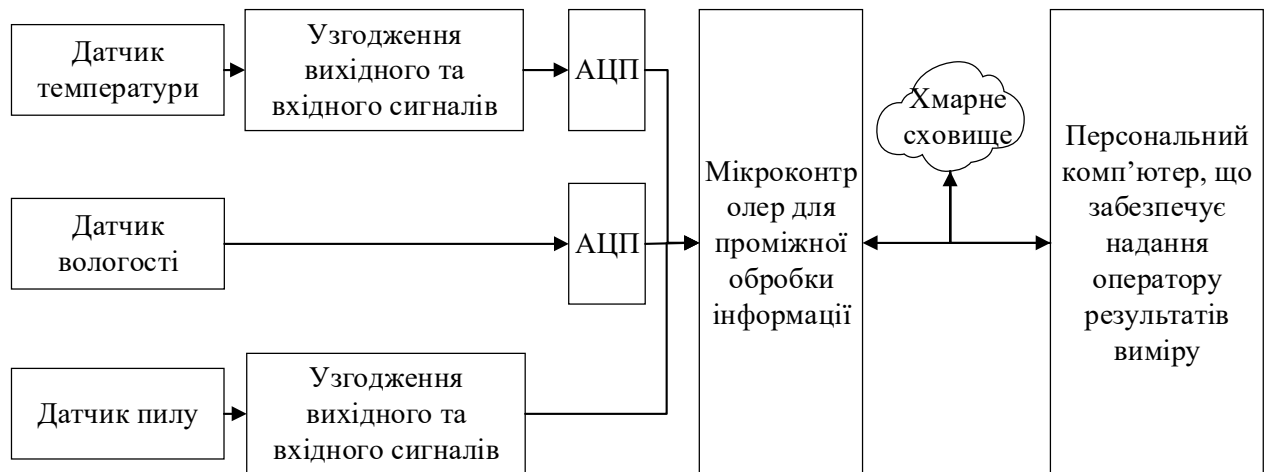


Рисунок 2.3 – Функціональна схема пристрою моніторингу екологічних параметрів у приміщеннях складського типу

2.3 Вибір компонентів структурної схеми електронного пристрою

Як видно з рисунку 2.3 подальша розробка структурної схеми потребує визначитись з датчиками температури, вологості та пилу, вихідні значення котрих мають вдаватись подальшій обробці мікросхемою і наприкінці обрати відповідний тип мікросхеми.

2.3.1 Порівняльний аналіз і обґрунтування вибору датчиків вимірювальних каналів температури вологості та пилу.

Через встановлену необхідність стаціонарного контролю температури, вологості та пилу для аналізу та порівняння було обрано декілька відповідних датчиків. Датчики температури то вологості: AM2302/DHT22, HCPD-3V-S2, H1H6020-021-001. Датчики концентрації пилу: DSM501A, GP2Y1010AU0F, DW00-F05N-03

У табл. 2.1 наведено основні параметри обраних датчиків температури та вологості для подальшого їх порівняння

Таблиця 2.1 – Основні параметри обраних датчиків температури та вологості

Характеристика	Значення		
	AM2302/DHT22	HCPD-3V-S2	H1H6020-021-001
1	2	3	4
Інтерфейс	VDD – power supply, DATA – signal, GND (2 штуки)	Alarm_High, Alarm_Low, Ready, SDA, SCL, Vcore, VSS, VDD	Alarm_H, Alarm_L, NC, SDA, SCL, Vcore, VSS, VDD
Вихідні сигнали	Цифровий сигнал через 1-wire bus	Стандартний інтерфейс I ² C, що перетворюється на аналоговий сигнал, і функція alarm для попереднього налаштування min./max. значень вологості.	Цифровий сигнал
Живлення	3.3-5.5V	3.3±0.5V	3.3±0.5V

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
Діапазон вимірювання	0-100% RH, -40~80 Celsius	0-100% RH, -40~125 Celsius	0-100% RH, -40~100 Celsius
Відносна похибка (основна)	$\pm 2\%$ RH, ± 0.5 Celsius	$\pm 2\%$ RH, ± 0.3 Celsius	$\pm 4,5\%$ RH, ± 0.5 Celsius
Чутливість	0.1% RH, 0.1 Celsius	0.01% RH, 0.01 Celsius	0.04% RH, 0.025 Celsius
Repeatability	$\pm 0.1\%$ RH, ± 0.2 Celsius	$\pm 0.2\%$ RH, ± 0.1 Celsius	-
Габарити	15,1×33,6×7,7 мм	4×6×1,9 мм	8,9×4,9×1,905 мм

AM2302/DHT22 має на своєму виході калібрований цифровий сигнал. Конструктивно у своєму виконанні має: 8-бітний однокристальний комп'ютер, що з'єднаний з чутливими елементами приладу та однорядне пакування з чотирма контактами, що забезпечує зручне підключення. Датчики цієї моделі використовують калібрувальний коефіцієнт, що зберігається в пам'яті OTP, для отримання кращих показників. Через відносно невеликий розмір, низьке споживання, та достатньо високу відстань передачі (до 100 м) датчики цього типу зручно використовувати як для простих, так і більш суворих вимірювальних задач.

HCPD-3V-S2 має на своєму виході стандартний інтерфейс I²C, що перетворюється на аналоговий сигнал і сигнал alarm, що допомагає керувати крайніми точками вимірювання. Конструктивно у своєму виконанні має: 14-бітний однокристальний комп'ютер, що з'єднаний з чутливими елементами приладу. Кожний датчик такого типу є індивідуально каліброваним та перевіреним приладом і все ж, простим і готовим до використання без додаткового калібрування або компенсації температури.

НІН6020-021-001 має на своєму виході стандартний інтерфейс I²C, що перетворюється на аналоговий сигнал і сигнал alarm, що допомагає керувати крайніми точками вимірювання.. Конструктивно у своєму виконанні має: 14-бітний однокристальний комп'ютер, що з'єднаний з чутливими елементами приладу.

Відповідно до наведеної таблиці 2.1 для подальшої розробки пристрою моніторингу екологічних параметрів у приміщеннях складського типу було обрано датчик АМ2302 (рис. 2.3) через достатній діапазон вимірювання, невелику відносну похибку вимірювання та доступність і відносну дешевизну на ринку.

На рис. 2.4 наведено зовнішній вигляд датчику температури та вологості АМ2302.

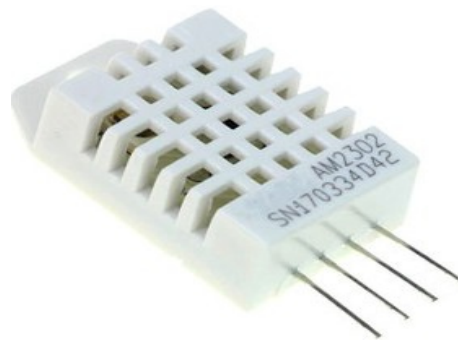


Рисунок 2.4 – Зовнішній вигляд датчику температури та вологості АМ2302/DHT22

У табл. 2.2 наведено основні параметри обраних датчиків пилу для подальшого їх порівняння

Таблиця 2.2 – Основні параметри обраних датчиків пилю

Характеристика	Значення		
	DSM501A	GP2Y1010AU0F	DW00-F05N-03
Інтерфейс	Vcc, GND, Control, Vout 1, Vout 2.	Vcc, V ₀ , S-GND, LED, V-LED, LED-GND.	Vcc, V ₀ , S-GND, LED, V-LED, LED-GND.
Вихідні сигнали	Аналоговий сигнал напруги PWM (pulse width modulation)	Аналоговий сигнал напруги, що пропорційний щільності пилю	Аналоговий сигнал напруги, що пропорційний щільності пилю
Живлення	5V±10%	5V±10%	5V±10%
Розмір частинок, що підлягають виміру	2,5 мікрон і 1 мікрон	0,8 мікрон	2,5 мікрон і 1 мікрон
Робочий діапазон температур	Від -10 до +65 °C	Від -10 до +65 °C	Від -10 до +65 °C
Діапазон вимірювання	0 ~ 1.4 mg/m ³	0 ~ 0.5 mg/m ³	0 ~ 0.4 mg/m ³
Габарити	59×45×20 мм	46×30×17,6 мм	46,2×34×17,6 мм

DSM501A має на своєму виході аналоговий сигнал напруги PWM (pulse width modulation). Конструктивно у своєму виконанні має: внутрішній нагрівач, що забезпечує надходження повітря до модуля та контакт Control, що надає можливість контролю розміру частинок пилю, які мають бути виміряні. Лінза датчика покрита протипиловим і антистатичним полімером. Для забезпечення достатньо високої точності необхідна чистка сенсора кожні шість місяців для офісного середовища та кожні три місяці для промислового.

GP2Y1010AU0F має на своєму виході аналоговий сигнал напруги, що пропорційний щільності пилю. Конструктивно у своєму виконанні має:

фототранзистор і інфрачервоний діод, що розташовані по діагоналях та забезпечують виявлення світла, що відражається від частинок пилу у повітрі. Енергоспоживання датчика доволі низьке, так середнє значення 11 мА, а максимальне 20 мА

DW00-F05N-03 має на своєму виході аналоговий сигнал напруги, що пропорційний щільності пилу. Конструктивно у своєму виконанні має: інфрачервону світлову трубку та інфрачервону приймальну трубку, що забезпечують випромінення та приймання світла, що відражається від частинок пилу у повітрі.

Відповідно до наведеної таблиці 2.2 для подальшої розробки пристрою моніторингу екологічних параметрів у приміщеннях складського типу було обрано датчик GP2Y1010AU0F (рис. 2.4) через достатній діапазон вимірювання, відповідний діапазон температур, відносно невелике енергоспоживання, компактність та доступність і відносну дешевизну на ринку.

На рис. 2.5 наведено зовнішній вигляд датчика пилу GP2Y1010AU0F.



Рисунок 2.5 – зовнішній вигляд датчика пилу GP2Y1010AU0F

2.3.2 Вибір мікроконтролера

Для обґрунтування обрання мікроконтролера були поставлені такі задачі як: простота в використанні, економічна ефективність, зручність середовища розробки.

Як і було вказано раніше (дивись рис. 2.2) для коректної роботи системи необхідно реалізувати можливості: занесення результатів виміру до загальної бази даних (хмарне сховище) та своєчасного надання результатів оператору. Для розв'язання цього питання було вирішено обрати мікроконтролер з вбудованим Wi-Fi модулем. Таке рішення обумовлене тим, що сучасне складське приміщення використовується для багатьох функцій і майже завжди обладнано гарним покриттям бездротового зв'язку для можливості виконання широкого кола можливих функцій (облік, сортування тощо). Найчастіше в ролі подібного покриття виступає саме WI-FI. Тому обрання вже існуючого інтерфейсу бездротового зв'язку є доцільним.

На сьогодні існує величезна кількість різноманітних мікроконтролерів з різним конструктивно-елементним виконанням відповідно до поставлених задач. Найбільш поширені з них: мікроконтролери серії PIC (компанія Microchip Technology), AVR (компанія Atmel), STMicroelectronics (компанія ARM), ESP (Espressif Systems). Мікроконтролери кожної з представлених фірм-виробників мають достатньо невеликий поріг входження і доволі схожу периферію, але також і свої переваги та недоліки, будь-то середа розробки, ціновий показник, енергоспоживання чи наявність унікальних елементів.

Для зручного використання та налагодження мікроконтролерів існують відповідні програмовані плати, наприклад: PICKIT3, STM Nucleo, Arduino. Такі плати за невелику ціну дають можливість легкого програмування та збірки систем за поставленою задачею без пайки і боязні зламання приладу через невдалу збірку приладу.

З метою досягнення поставленої в роботі задачі було вирішено звернути увагу на налагоджувані плати типу Arduino, через широку розповсюдженість, доступність як на програмному рівні, так і за ціновим показником, а також наявність великої кількості різноманітних конструктивних виконань.

Arduino – це невеликий електричний прилад, створений на основі одного з поширених промислових мікроконтролерів, що конструктивно складається з печатної плати яка дозволяє керувати різноманітними датчиками, освітленням,

приймати та надавати данні тощо. До сімейства Arduino відносять багато різноманітних плат, що дещо відрізняються конструктивно, маючи при цьому свої переваги та недоліки.

Для розробки системи моніторингу екологічних параметрів у приміщеннях складського типу було вирішено використовувати Arduino Uno WiFi, через переваги наведені раніше достатньо невеликі розміри та наявність модуля Wi-Fi вже вбудованого до плати.

В технічному плані Arduino Uno WiFi має такі характеристики:

- Мікроконтролер ATmega328;
- напруга живлення 5 В від USB, або 7-12 В від зовнішнього джерела живлення;
- 14 цифрових входів / виходів (6 з них ШІМ);
- 6 аналогових входів;
- Частота 16 МГц;
- 32 Кб Flash пам'яті;
- встановлено бездротовий зв'язок Wi-Fi стандарту 802.11 b/g/N (ESP8266).

В свою чергу ESP8266 має такі характеристики:

- обсяг flash пам'яті 8 Мб;
- Wi-Fi Direct (P2P), soft-AP;
- вбудований стек TCP/IP;
- вбудований PLL, регулятори та система управління живленням;
- вбудований TR перемикач, balun, LNA, підсилювач потужності та типу мережі.
- вихідна потужність +20.5 дБм в режимі 802.11b;
- підтримка рознесення антен (Antenna Diversity);
- струм витоку в вимкненому стані до 10 мкА;
- пробудження та посилення пакетів за час до 22 мс;
- споживання в режимі Standby до 1.0 мВт (DTIM3).

Сам мікроконтролер ATmega328 відносять до серії AVR (компанія

Atmel), він є відносно не великим за габаритами, але для зручного використання, мобільності і спрощення звернення до усіх функцій мікросхеми доцільно використовувати плати для розробки виконані на його основі.

На рисунку 2.6 зображено зовнішній вигляд мікроконтролера ATmega328

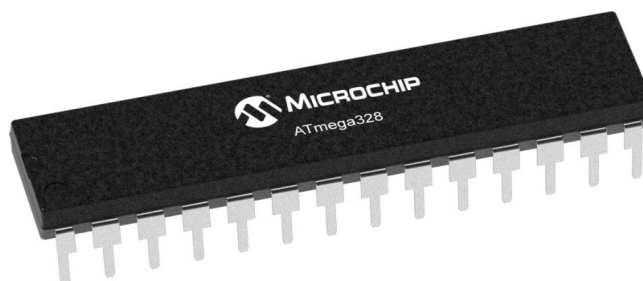


Рисунок 2.6 – Зовнішній вигляд мікроконтролеру ATmega328

На рисунку 2.7 зображено зовнішній вигляд плати для розробки на базі ATmega328 Arduino Uno WiFi

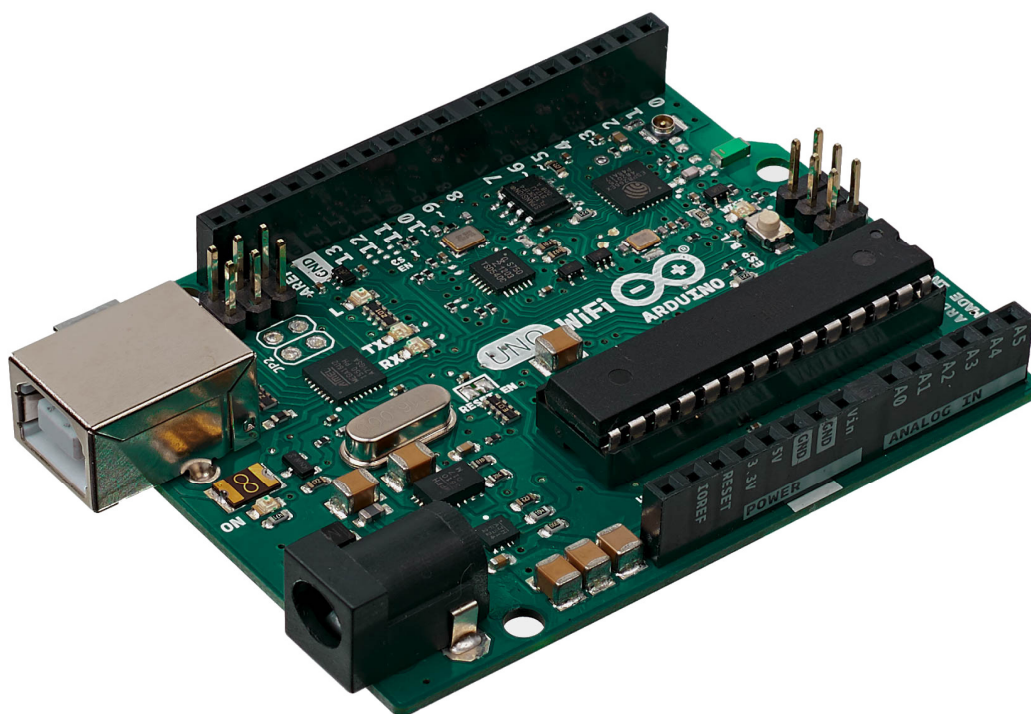


Рисунок 2.7 – Зовнішній вигляд плати для розробки на базі ATmega328
Arduino Uno WiFi

Як і було обмовлено раніше обрана плата для розробки Arduino Uno WiFi має вбудований Wi-Fi модуль ESP8266 він може працювати як спільно з

вбудованим мікроконтролером, так і окремо. Програмування обох частин плати виконується в простій та загальнодоступній офіційній середі розробки Arduino IDE.

2.4 Структурна схема електронного пристрою

Обрання необхідних компонентів задовольняючих поставленим вимогам надає можливість скласти структурну схему пристрою моніторингу екологічних параметрів у приміщеннях складського типу.

На рис. 2.8 наведено структурну схему пристрою моніторингу екологічних параметрів у приміщеннях складського типу.

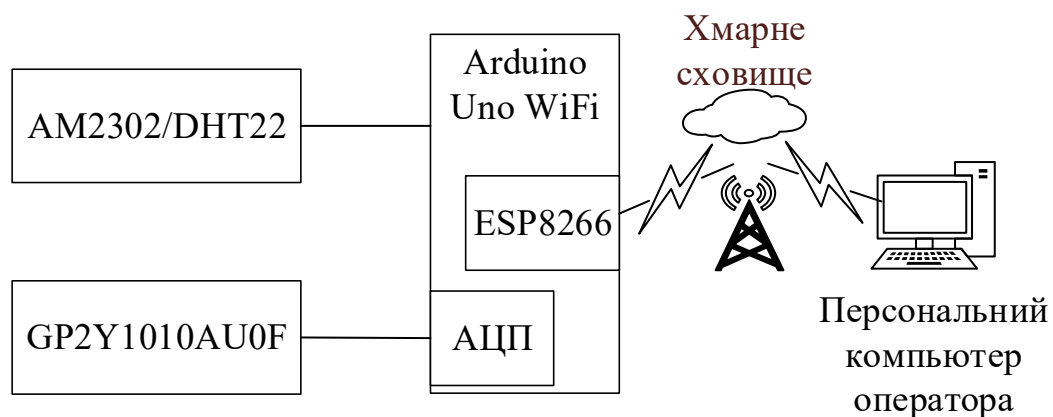


Рисунок 2.8 – Структурна схема пристрою моніторингу екологічних параметрів у приміщеннях складського типу

Відповідно до рисунку 2.8 вихідні сигнали встановлених датчиків для коректної обробки мікросхемою будуть надходити напряму до Arduino (вже оброблений цифровий сигнал) і до вбудованого АЦП (аналоговий сигнал напруги). Оброблені мікросхемою показники з допомогою WI-FI модуля мають надходити до персонального комп'ютера, що в свою чергу служить для обробки, зберігання та надання інформації оператору. Отриманні значення будуть надаватись до хмарного сховища, що забезпечить повний контроль

показчиків з можливістю тонкого налаштування процесу. Так розроблена система буде надавати оперативне знаходження порушень виробничого процесу і надасть можливість попереджувати та запобігати можливі порушення, а також можливість безпосереднього внесення змін до системи для досягнення бажаних результатів. Таким чином буде зменшена вірогідність таких процесів як: псування товарів на збереженні, неконтрольоване забруднення довкілля шкідливими хімічними речовинами, погіршення здоров'я співробітників. Також система надасть контрольні данні для аналізу та за потребою прийняття рішення по реконструкції виробничого об'єкта.

2.5 Хмарне сховище

Як було вирішено в роботі для досягнення поставлених задач до системи моніторингу екологічних параметрів у приміщеннях складського типу потрібне використання Хмарного сховища.

Сьогодні ринок хмарних сервісів має великий попит як серед звичайних користувачей, так і цілих великих компаній. Так вже понад 80% фірм з кількістю працівників від 1000 людей одночасно використовують декілька хмарних платформ. Відповідно багатьох досліджень попит на ринку хмарних сховищ зростає з кожним роком так вже до 2027 року він може сягнути 270 мільярдів доларів США [24, 25].

Для обрання відповідного до системи хмарного сховища було вирішено провести аналіз найпоширеніших та доступних варіантів. Так можна виділити такі найпоширеніші та доступні хмарні сховища [24, 25]:

1. Google Drive – є частиною системи Google та відповідно має швидку і просту інтеграцію з сервісами: Gmail, "Google Фото", "Google Календар", Google Keep та інших. Це хмарне сховище надає можливість створювати й редагувати файли безпосередньо в сервісі за допомогою програм Google Docs, Google Sheets та інших. Є можливість надавати іншим користувачам різні рівні доступу до файлів: коментатор, читач або редактор.

Можливо продивитись історію зміни файлів, що є корисним при необхідності відновлення частини видалених даних. Як головний недолік цього сервісу можна назвати спільний простір для пошти Gmail і диску Google Drive, що зменшує і без того невеликий вільний простір на диску. Також слід зазначити існуюче обмеження для завантаження одного файлу не більше 5 Tb.

2. Dropbox – є доволі популярним через наявність багатьох інструментів. Доступні кілька редакторів на вибір: для документів тестового типу ("Google Документи", Word і Dropbox Paper), таблиць (Excel, "Google Таблиці") та інше. Як і у Google Drive можливо працювати разом в одному файлі, залишати коментарі, видавати різні рівні доступу, при необхідності продивитись історію змін файлу. Можливо побачити видалені файли у директорії з якої його було видалено. Для зручного користування та спрощення спільної роботи пропонує велику кількість інтегрованих сервісів: Slack, Zoom, Trello та інше. Як головний недолік цього сервісу можна назвати те, що часто спостерігаються технічні збої, які впливають на швидкість синхронізації файлів та працездатність сервісу.

3. Apple iCloud – сервіс від компанії Apple доступний для користувачів таких операційних систем: iOS, Windows та macOS. Виконує функції не тільки хмарного сховища, а і усіх сервісів Apple таких як: Пошта, Фото, Нотатки, Календар та інше. Виділяється серед інших хмарних сховищ великою швидкістю синхронізації файлів, що безумовно є корисним для користування на декількох пристроях в умовах необхідності швидкого доступу до даних. Платформу можна використовувати як простір для розробників. Так iCloud надає можливість використовувати хмарне сховище як сервер для передавання API-запитів. Як головний недолік цього сервісу можна назвати те, що він не підтримує пристрої на Android або Linux OS, а для перегляду та редагування файлів в наявності тільки незнайомий для рядового користувача Windows OS редактор Pages.

4. OneDrive – є хмарним сховищем від Microsoft яке є інтегрованим до загальної системи Microsoft із усіма інструментами: Teams, To Do та іншими. Є

хмарним сховищем що із замовчуванням встановлений на пристрої з Windows OS. Надає можливість працювати з файлами безпосередньо в сервісі: створення, зміна, налаштування різних рівнів доступу. Для роботи з файлами має звичні для рядового користувача Windows OS редактори Word та Excel. Може працювати в автономному режимі без підключення до мережі. Як головний недолік цього сервісу можна назвати те, що він може не лише автоматично синхронізувати файли на комп'ютері з диском, але й переносити їх без відома власника. Є можливість копіювати до хмари декілька файлів за раз, але отримане повідомлення успішної операції може ввести в оману скриваючи факт невдалого копіювання ряду файлів.

5. Mega – хмарне сховище що позиціонує себе як самий щедрий сервіс. Зараз обсяг безкоштовного місця для збереження даних – 20 Gb (є можливість отримати більше вільного місця виконав нескладні пункти по типу запросити друга). Відомий своєю системою шифрування: навіть співробітники сервісу не мають доступу до ваших даних, тому що файли практично не зберігаються на серверах. Але із цього факту випливає також мінус – якщо ви забудете пароль, ви не зможете їх відновити. Також це хмарне сховище не надає додаткових інструментів, що могли би виконувати функції зберігання та редагування.

6. pCloud – хмарне сховище що позиціонує себе як найбезпечніше в Європі. Як підтвердження такого статусу pCloud було виділено грант у розмірі 100.000 \$ на спробу зламу їхнього сервісу. Надає можливість працювати з файлами безпосередньо в сервісі: створення, зміна, налаштування різних рівнів доступу. Надає можливість довічної підписки що робить його найвигіднішим в часовій перспективі. Також має вбудовані відео та аудіоплеєри і немає обмежень щодо розміру завантаження. Як головний недолік цього сервісу можна назвати те, що він не надає додаткових інструментів, що могли би виконувати функції зберігання та редагування.

Кожне з розглянутих хмарних сховищ використовує сучасні технології наскрізного шифрування. Таке шифрування надає доволі високий рівень

безпеки через те, що при його використанні переглянути ваші файли можете тільки ви і навіть співробітники сховища не мають до них доступу.

Відповідно до встановлених вимог для системи моніторингу екологічних параметрів у приміщеннях складського типу в подальшій розробці було вирішено, що доцільно буде використовувати хмарне сховище iCloud. Таке рішення обумовлено можливістю використовувати диск як сервер для передавання API-запитів і зручністю інтерфейсу.

2.6 Висновки

Відповідно до результатів першого розділу цієї кваліфікаційної роботи була розроблена загальна блок-схема алгоритму роботи системи моніторингу екологічних параметрів у приміщеннях складського типу і побудована відповідна функціональна схема системи. На їх підставі було проведено обґрунтований аналіз та вибір датчиків встановлених типів для побудови пристрою моніторингу екологічних параметрів у приміщеннях складського типу. Як результат обробки попередніх пунктів було розроблено структурну схему пристрою моніторингу екологічних параметрів у приміщеннях складського типу з урахуванням характеристик та рекомендацій обраних елементів. До складу розроблюваного пристрою моніторингу екологічних параметрів у приміщеннях складського типу увійшли такі компоненти: комплексний датчик вологи та температури AM2302/DHT22, датчик концентрації пилу GP2Y1010AU0F, мікроконтролер Arduino Uno WiFi. Проведено аналіз та реалізація питання, щодо використання хмарного сховища.

3 РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЕКОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ У ПРИМІЩЕННЯХ СКЛАДСЬКОГО ТИПУ

Відповідно до типу вихідних сигналів встановлених датчиків, архітектури обраного мікроконтролера та рекомендацій встановлених в документації приладів для кожного з обраних елементів системи стає можливо збудувати принципову схему системи моніторингу екологічних параметрів у приміщеннях складського типу.

3.1 Підключення датчику вологи та температури AM2302/DHT22

Як і було зазначено (дивись таблицю 2.1) датчик вологи та температури AM2302/DHT22 на своєму виході має цифровий сигнал через 1-wire bus, це означає, що для коректної роботи цього датчика необхідно об'єднання лише одного контакту датчика зі звичайним цифровим входом обраного мікроконтролера для забезпечення керування режимом роботи датчика та отримання результатів виміру.

На рис. 3.1 наведена принципова схема підключення AM2302/DHT22 [26].

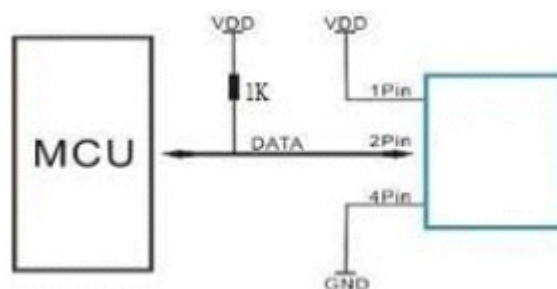


Рисунок 3.1 – Принципова схема підключення AM2302/DHT22

Комунікація між датчиком та мікроконтролером за таким з'єднанням відбувається таким чином – отримав сигнал низького рівня протягом 1-10 мс від мікроконтролера для початку своєї роботи датчик починає чекати сигнал

високого рівня (20-40 мкс). Отримав сигнал початку роботи AM2302 надає відповідні сигнали низького рівня (80 мкс) та сигнал високого рівня (80 мкс) що означає початок передачі даних. Отриманні значення датчик надає до мікроконтролера також сигналами низького рівня (50 мкс) і високого рівня (26-28 мкс та 70 мкс відповідно логічні 0 та 1). Значення, що надходять до мікроконтролера мають вигляд двійкової системи числення. Для отримання значень у звичній оператору десятковій системі числення мікроконтролер має провести відповідне перетворення числа двійкової системи в десяткову та поділити на 10.

На рис. 3.2 наведена часова діаграма роботи AM2302/DHT22 [26].

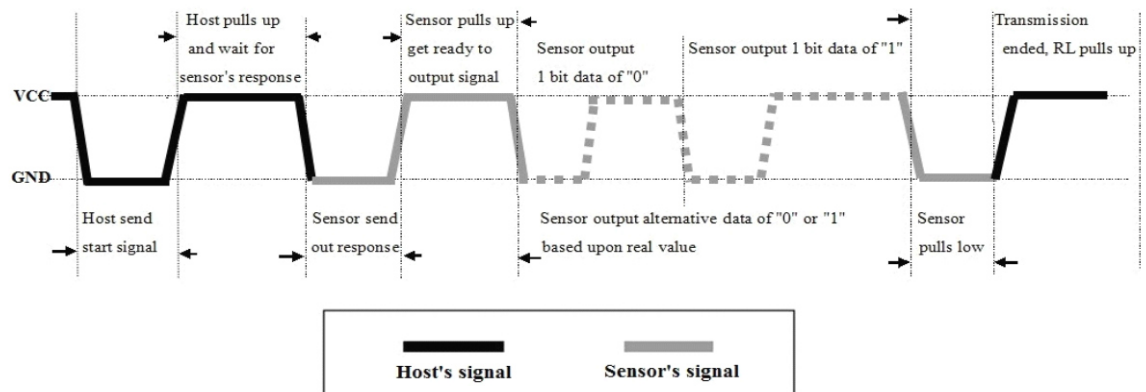


Рисунок 3.2 – Часова діаграма роботи AM2302/DHT22

Знаючи вихідні сигнали датчика принцип роботи та рекомендації з документації можна визначитись з принциповою схемою підключення датчика температури та вологи AM2302/DHT22 до мікроконтролера Arduino Uno WiFi.

На рис. 3.3 наведена принципова схема підключення AM2302/DHT22 до мікроконтролера Arduino Uno WiFi.

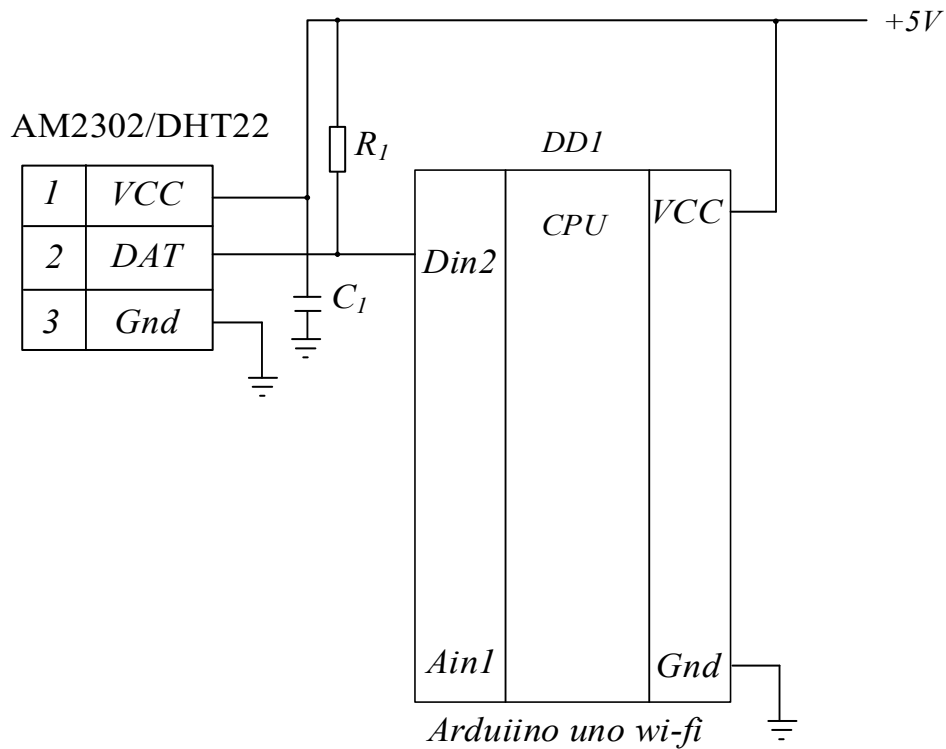


Рисунок 3.3 – Принципова схема підключення AM2302/DHT22 до мікроконтролеру Arduino Uno WiFi

Датчик температури та вологи AM2302/DHT22 [26] в принциповій схемі підключення (рис. 3.3) додатково розташовано резистор R_1 номіналу 1 кОм. А також конденсатор C_1 номіналу 100 нФ необхідний для фільтрації сигналу.

3.2 Підключення датчику пилу GP2Y1010AU0F

Як і було зазначено (Див. табл. 2.3) датчик вмісту пилу GP2Y1010AU0F на своєму виході має аналоговий сигнал напруги, це означає, що для коректної роботи цього датчику необхідно об'єднати вихід датчика з аналого-цифровим перетворювачем. Обраний мікроконтролер має у своєму виконанні АЦП розрядністю 10 біт та 6 відповідних аналогових входів. Таким чином датчик можливо під'єднати без зайвих налаштувань та елементів напряму до одного з аналогових входів мікроконтролера.

На рис. 3.4 наведена принципова схема GP2Y1010AU0F [27].

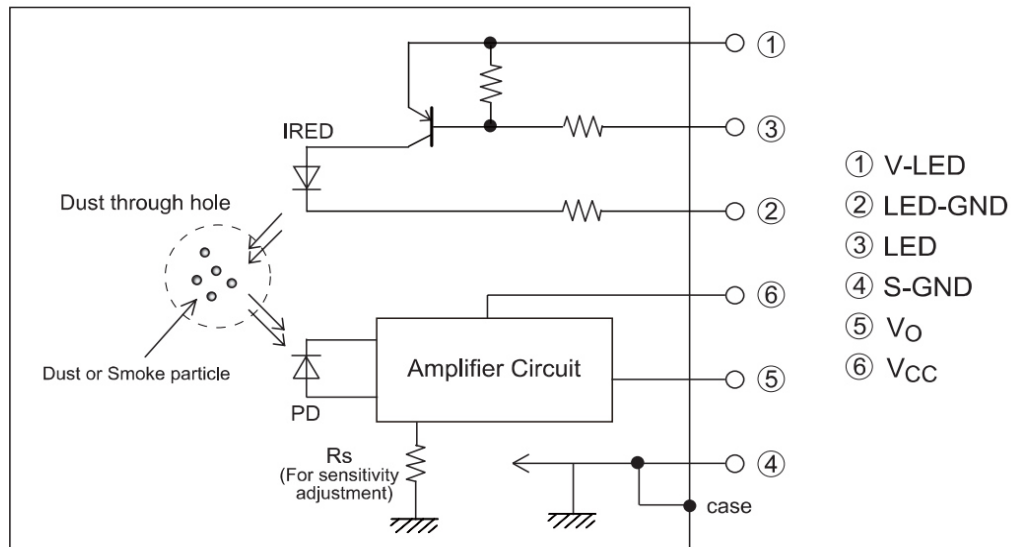


Рисунок 3.4 – Принципова схема GP2Y1010AU0F

За конструкційною складовою датчик концентрації пилу GP2Y1010AU0F можна поділити на 2 частини (рис. 3.4) передаючу та приймаючу. Так перші 3 піни приладу відповідають за налаштування та надання інфрачервоного випромінювання, а 6 та 5 піни за отримання розсіяного результату випромінювання та надання цього значення в вигляді аналогового сигналу напруги для подальшої обробки.

На рис. 3.5 наведена принципова схема підключення GP2Y1010AU0F [27].

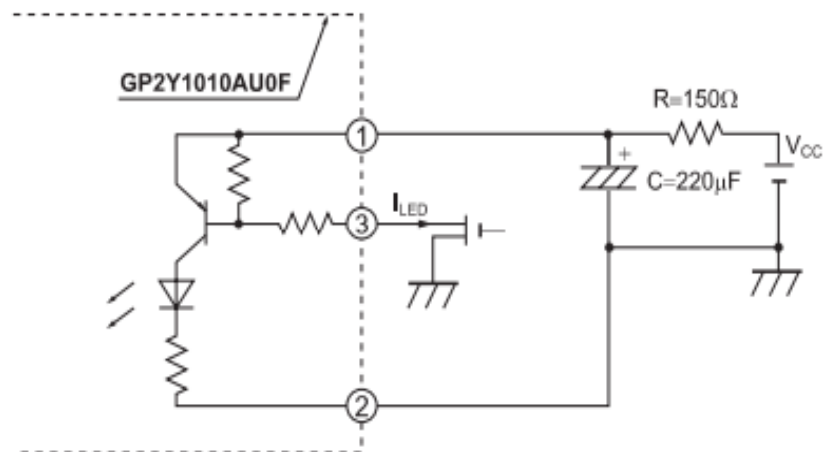


Рисунок 3.5 – Принципова схема підключення GP2Y1010AU0F

Таким чином [27] для коректної роботи датчика концентрації пилу GP2Y1010AU0F необхідне таке підключення (див. рис. 3.4, 3.5): 1 ніжка датчика на живлення через резистор 150 Ом; 2 на землю і об'єднується через конденсатор ємністю 220 мкФ з 1 нішкою; 3 підключається до аналогового виходу мікроконтролера для керування режимом вимірювання; 4 і 6 ніжки на землю; 5 ніжка на вхід мікроконтролера для отримання результатів виміру.

Знаючи вихідні сигнали датчика, принцип роботи та рекомендації з документації можна визначитись з принциповою схемою підключення датчика виміру концентрації пилу GP2Y1010AU0F до мікроконтролера Arduino Uno WiFi.

На рис. 3.6 наведена принципова схема підключення GP2Y1010AU0F до мікроконтролера Arduino Uno WiFi.

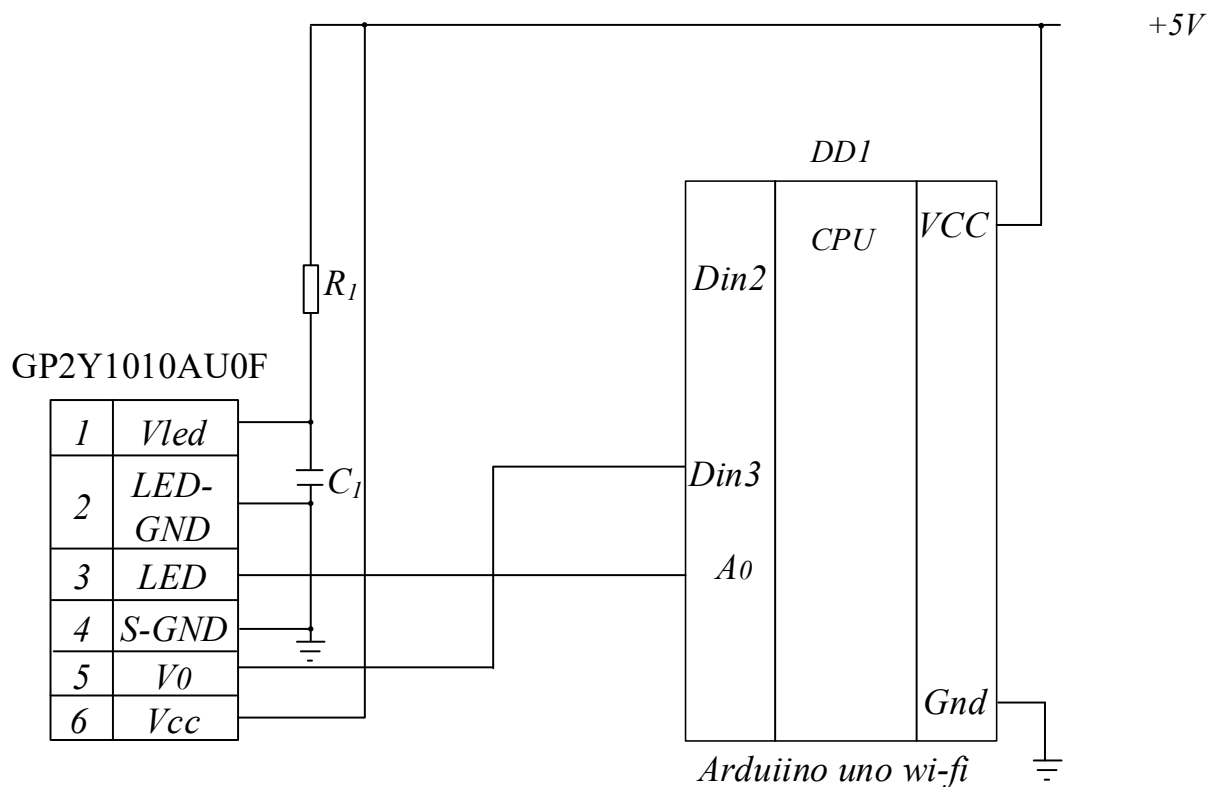


Рисунок 3.6 – Принципова схема підключення GP2Y1010AU0F до мікроконтролеру Arduino Uno WiFi

3.3 Аналіз АЦП мікроконтролеру

Визначившись з можливістю використання вбудованого до Arduino Uno WiFi АЦП виникає потреба аналізу можливостей цього елементу системи.

АЦП мікроконтролеру [28] має розрядність 10 біт вхідне значення має не перевищувати напруги живлення для отримання точних результатів. В нашому випадку напруга живлення 5 В, а значення на вході будуть змінюватись в діапазоні від 0 до 5 В, що задовольняє встановленим вимогам.

Розширення АЦП можна визначити за формулою:

$$\varepsilon = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{P_q}, \quad (3.1)$$

де $U_{\max}$ – максимально можливе значення напруги на аналоговому вході мікроконтролеру;

$U_{\min}$ – мінімально можливе значення напруги на аналоговому вході мікроконтролеру;

P_q – рівень квантування.

Кількість рівнів квантування визначається за формулою:

$$P_q = 2^n, \quad (3.2)$$

де n – розрядність АЦП.

Таким чином АЦП мікроконтролеру Arduino Uno має крок квантування:

$$\varepsilon = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{2^n} = \frac{5 - 0}{2^{10}} = \frac{5}{1024} = 4,88 \text{ мВ}, \quad (3.3)$$

Зазначмо, що обраний мікроконтролер при потребі має функцію зміни

опорної напруги АЦП `analogReference(mode)`, де `mode`:

- `DEFAULT`: встановлення значення опорної напруги рівним напрузі живлення мікроконтролера;
- `INTERNAL`: встановлення значення опорної напруги рівним 1,1 В;
- `EXTERNAL`: встановлення значення опорної напруги рівним напрузі, що подається на відповідний пін плати `AREF`.

При використанні функції `analogReference(INTERNAL)` значення $U_{\max}$ буде дорівнювати 1,1 В, $U_{\min}$ дорівнювати 0 В, а відповідно крок квантування:

$$\varepsilon = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{2^n} = \frac{1,1 - 0}{2^{10}} = \frac{1,1}{1024} = 1,07 \text{ мВ}, \quad (3.4)$$

Таким чином використання `INTERNAL` або `EXTERNAL` покращить точність АЦП зменшив діапазон можливих значень напруги, адже кількість рівнів квантування залишається незмінним.

Для кращого розуміння можливостей обраного АЦП підрахуємо його максимально відносну похибку за формулою:

$$\delta_{\text{АЦП}} = \Delta_{\text{АЦП}} \cdot \frac{1}{2 \cdot 2^n}, \quad (3.5)$$

де n – розрядність АЦП;

$\Delta_{\text{АЦП}}$ – сумарна абсолютна похибка АЦП, що визначається за формулою:

$$\Delta_{\text{АЦП}} = |\Delta_{\text{INL}}| + |\Delta_{\text{DNL}}|, \quad (3.8)$$

де Δ_{INL} – інтегральна нелінійність АЦП;

Δ_{DNL} – диференціальна нелінійність АЦП.

Значення інтегральної та диференціальної нелінійностей беруться з технічної документації ATmega328 [29], відповідно: інтегральна нелінійність АЦП не більше 0,5 одиниці молодшого розряду (0,05%), диференціальна нелінійність АЦП не більше 0,25 одиниці молодшого розряду (0,025%). Тоді використавши наведені формули максимальна відносна похибка вбудованого до Arduino Uno WiFi АЦП дорівнює:

$$\delta_{АЦП} = |\Delta_{INL}| + |\Delta_{DNL}| \cdot \frac{1}{2 \cdot 2^n} = |\pm 0,5| + |\pm 0,25| \cdot \frac{1}{2 \cdot 2^{10}} = 0,37\% \quad (3.9)$$

Після ретельного аналізу для подальшої розробки системи моніторингу екологічних параметрів у приміщеннях складського типу було вирішено використовувати вбудований до Arduino Uno WiFi АЦП без внесення додаткових змін чи елементів, через достатній діапазон вимірювання та задовільну похибку приладу.

3.4 Результат проектування

Після визначення усіх необхідних компонентів схеми врахування та обробки документацій до обраних елементів стає можливо навести кінцевий вигляд принципової схеми приладу контролю екологічних параметрів у приміщеннях складського типу

На рис. 3.7 наведена принципова схема розробленого приладу моніторингу екологічних параметрів у приміщеннях складського типу.

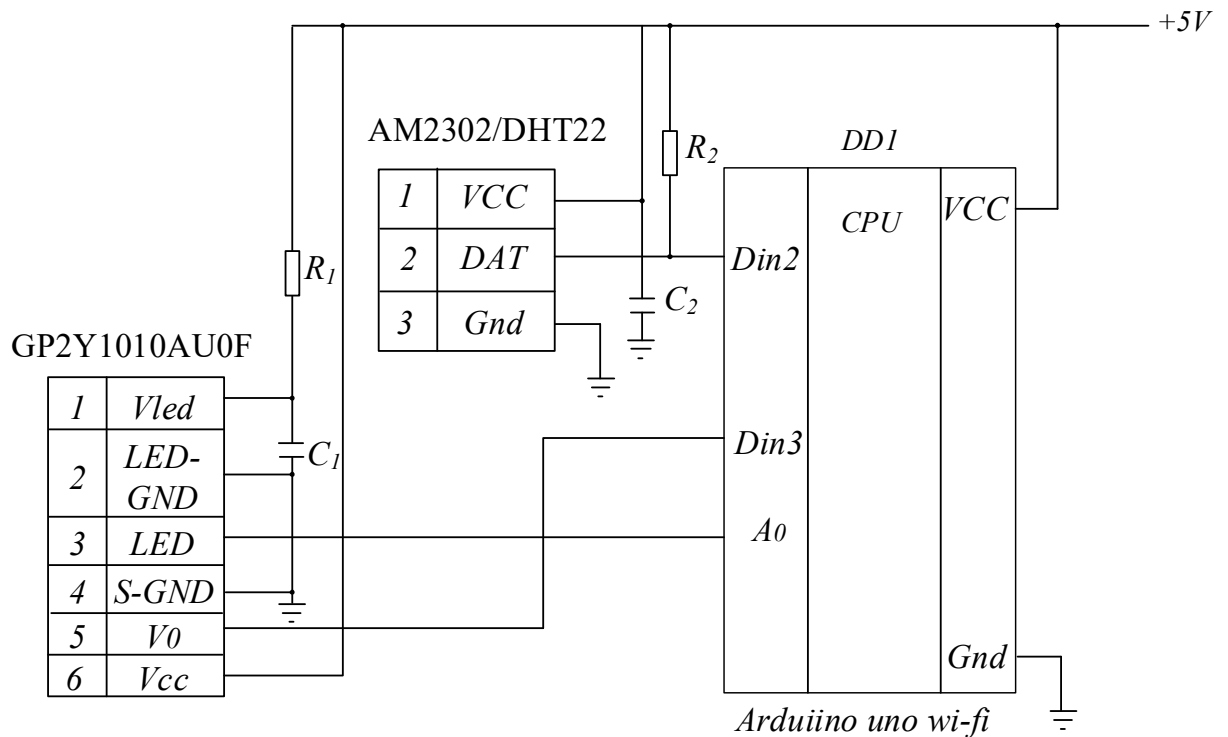


Рисунок 3.7 – Принципова схема розробленого приладу моніторингу екологічних параметрів у приміщеннях складського типу

Знаючи усі параметри та характеристики елементів схеми (дивись рис. 3.7) стає можливо отримати загальну похибку приладу:

$$\begin{aligned} \delta_{\text{заг}} &= \sqrt{\delta_{\text{датч1.1}}^2 + \delta_{\text{датч1.2}}^2 + \delta_{\text{датч2}}^2 + \delta_{\text{АЦП}}^2} = \\ &= \sqrt{2^2 + 0,5^2 + 1^2 + 0,37^2} = 2,32\%, \end{aligned} \quad (3.10)$$

де $\delta_{\text{датч1.1}}$ – відносна похибка датчику вологості;

$\delta_{\text{датч1.2}}$ – відносна похибка датчику температури;

$\delta_{\text{датч2}}$ – відносна похибка датчику пилу.

Таким чином можна стверджувати, що розроблена система має достатньо невисоку складову похибки відносно дешевизни та простоти конструювання і такі значення є прийнятними для поставленої задачі.

3.5 Висновки

Відповідно до результатів другого розділу роботи, а також ретельної обробки [26-29] та рекомендацій, щодо підключення, обраних елементів структурної схеми приладу контролю екологічних параметрів у приміщеннях складського типу, була розроблена принципова схема пристрою моніторингу екологічних параметрів у приміщеннях складського типу. До її складу увійшли такі компоненти: комплексний датчик вологи та температури AM2302/DHT22, датчик концентрації пилу GP2Y1010AU0F, мікроконтролер Arduino Uno WiFi. Проведено аналіз метрологічних параметрів системи.

4 НАЛАШТУВАННЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЕКОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ У ПРИМІЩЕННЯХ СКЛАДСЬКОГО ТИПУ

Для забезпечення коректної роботи системи та розв'язання поставлених задач (дивись рис. 2.1) необхідно розробити програмне рішення, що буде виконувати важливу роль елементу системи, що керує і надає гнкий та зручний простір налаштування для користувача. Відповідно до обраних елементів системи (дивись рис. 2.8) для подальшої розробки програмного рішення буде використовуватись програмне середовище Arduino IDE, яке є офіційним та загальнодоступним інструментом програмування для однойменних мікроконтролерів Arduino зокрема Arduino Uno WiFi.

4.1 Моделювання роботи датчику температури та вологості AM2302/DHT22

Відповідно до розробленої принципової схеми (дивись рис. 3.7) датчик температури та вологості AM2302/DHT22 буде підключен до мікроконтролера Arduino Uno WiFi через власний пін DAT до 2 цифрового піну мікроконтролера. Таке просте з'єднання забезпечує як керування режимами роботи датчика, так і отримання результатів виміру задаючи лише 1 з 14 цифрових контактів мікроконтролера.

Для перевірки теоретичних розрахунків було вирішено використовувати програмну середу Proteus, що надасть можливість переконатися в правильності розроблених рішень та більш практично продивитись роботу системи перед втіленням фізичного зразка. Під час проектування у якості головного мікроконтролеру була використана звичайна плата Arduino Uno замість її різновидності з приставкою WiFi. Такий вибір обумовлено необхідністю окремо проконтролювати роботу використаного модуля WiFi тому в програмному середовищі Proteus вбудований до Arduino Uno WiFi модуль

ESP8266 буде підключатись окремо до вільних пінів плати.

На рис. 4.1 наведено зібрану в програмному середовищі Proteus принципову схему підключення AM2302/DHT22 (дивись рис. 3.3).

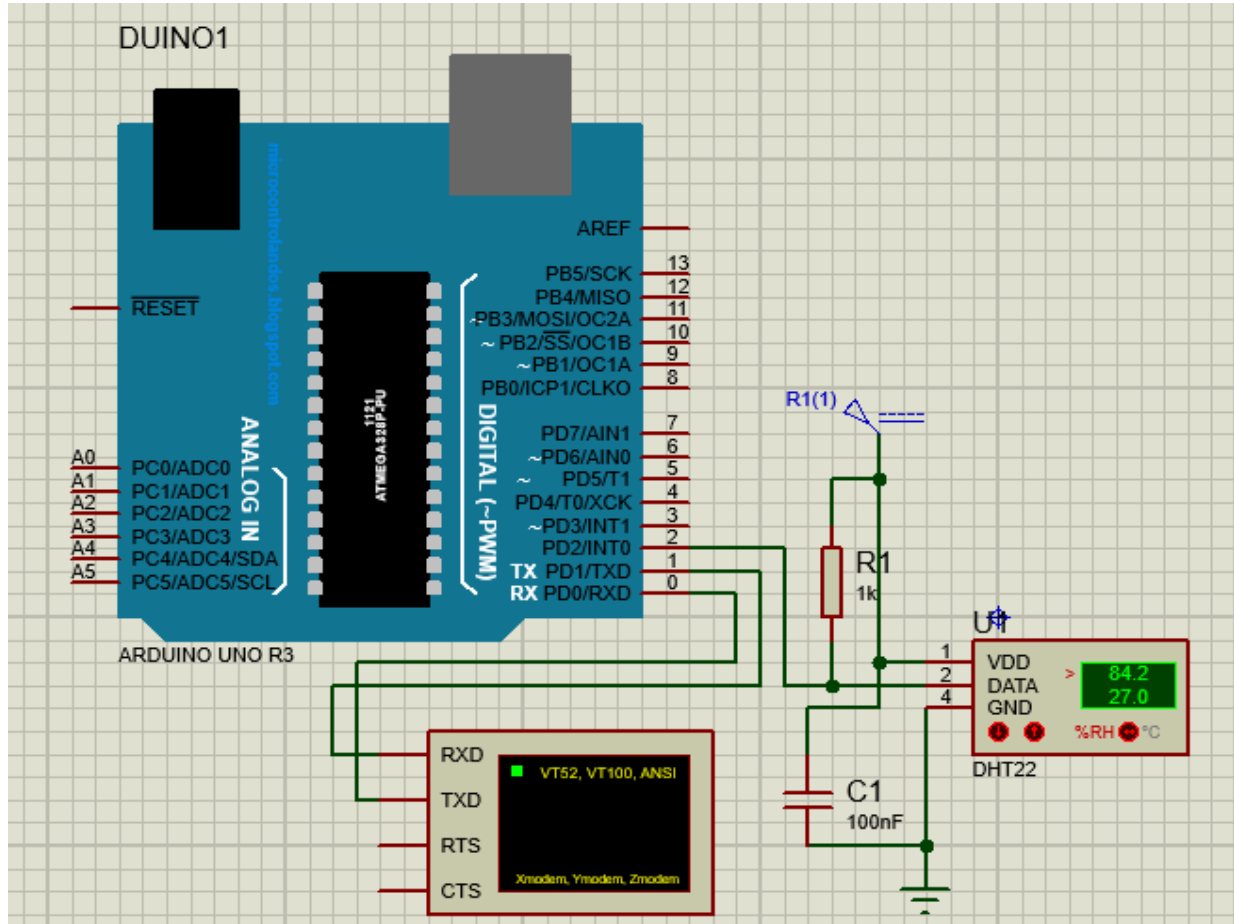


Рисунок 4.1 – Принципова схема підключення AM2302/DHT22 зібрана в програмному середовищі Proteus

Так загрузивши до віртуального Arduino Uno відповідний лістинг програми (дивись додаток Б), що відповідає за зняття обробку та відображення значень датчику вологоти та температури DHT22 можливо поспостерігати процес виміру без необхідності безпосередньої збірки системи.

На рис. 4.2 наведено отриманні значення зібраної в програмному середовищі Proteus принципової схеми підключення AM2302/DHT22 (дивись рис. 3.3).

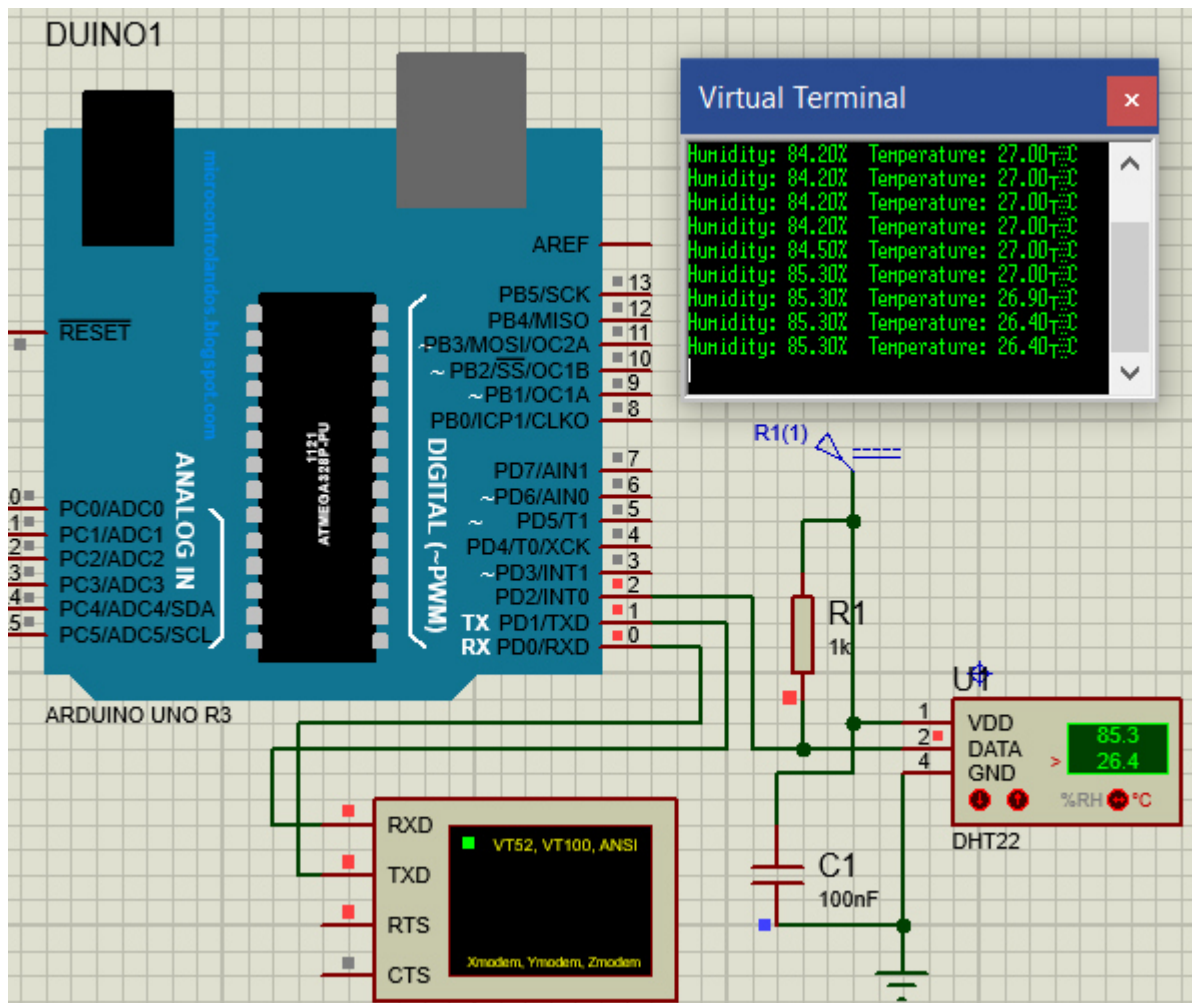


Рисунок 4.2 – Отриманні значення зібраної в програмному середовищі Proteus принципової схеми підключення AM2302/DHT22

4.2 Моделювання роботи датчику вмісту пилу GP2Y1010AU0F

Наступним кроком було вирішено спроектувати віртуальне підключення обраного датчику вмісту пилу GP2Y1010AU0F, але бібліотека для GP2Y1010AU0F коректної модуляції такого датчику відсутня в обраному програмному середовищі, тому в якості заміни для більш точного модулювання системи було вирішено використати схожий за принципом роботи датчик пилу PPD42 модель якого присутня в програмному середовищі Proteus.

На рис. 4.3 наведено зібрану в програмному середовищі Proteus принципову схему підключення PPD42 (дивись рис.3.3).

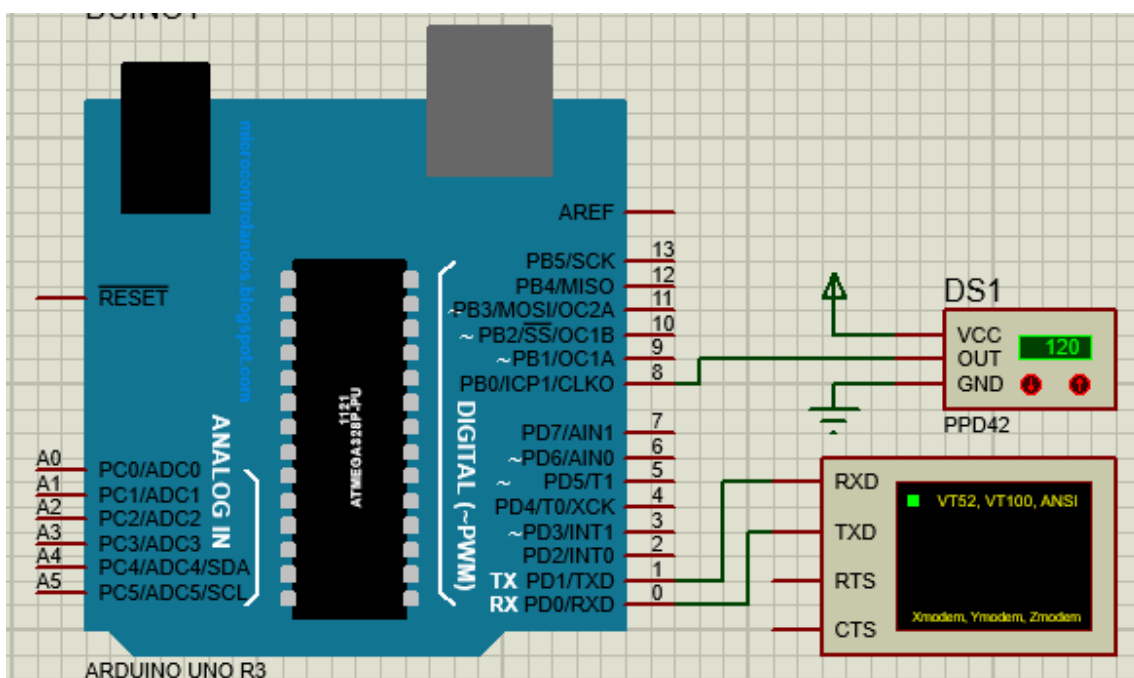


Рисунок 4.3 – Принципова схема підключення PPD42 зібрана в програмному середовищі Proteus

На рис. 4.4 наведено отриманні значення зібраної в програмному середовищі Proteus принципової схеми підключення PPD42 (дивись рис.3.3).

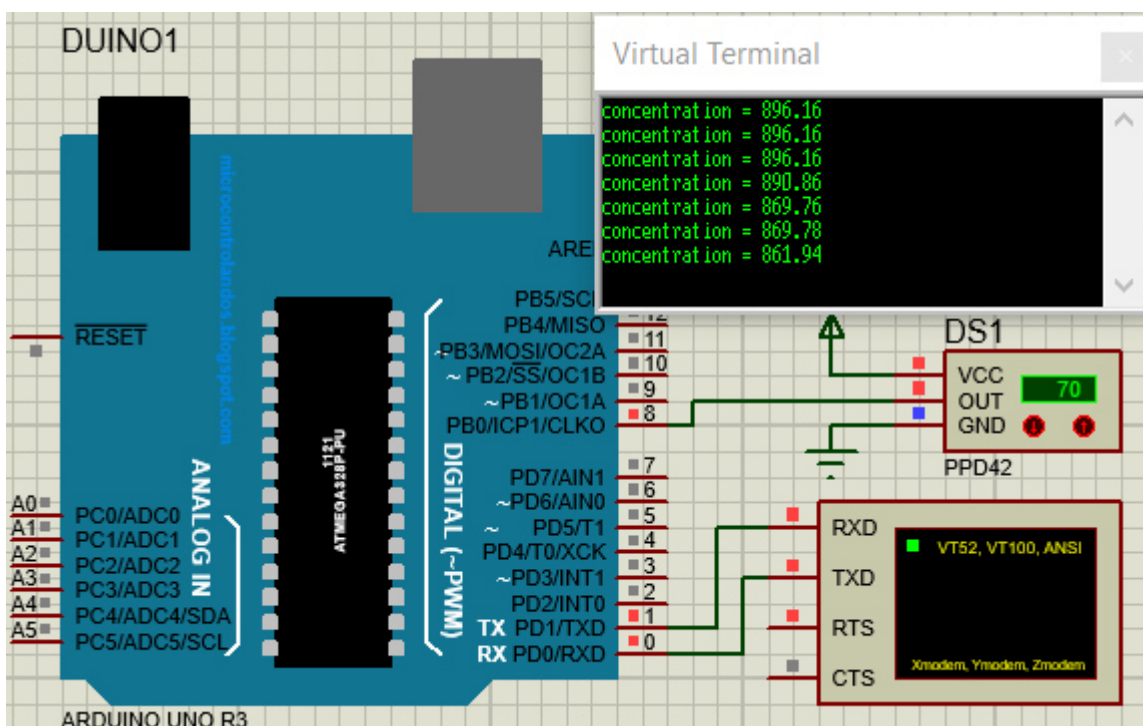


Рисунок 4.4 – Отриманні значення зібраної в програмному середовищі Proteus принципової схеми підключення PPD42

Для зняття значень розробленої віртуальної моделі (дивись Рис. 4.4) до мікроконтролеру було завантажено відповідний лістинг програми (дивись додаток В).

4.3 Моделювання роботи вбудованого до мікроконтролеру WiFi модулю

Далі як і було вирішено раніше є потреба поспостерігати роботу вбудованого до Arduino Uno WiFi модуль ESP8266 тому було промодельоване відповідне підключення модулю WiFi до плати Arduino Uno з завантажкою до плати відповідного лістингу (дивись додаток Г).

На рис. 4.5 наведена схема підключення ESP8266 зібрана в програмному середовищі Proteus (дивись рис. 3.3).

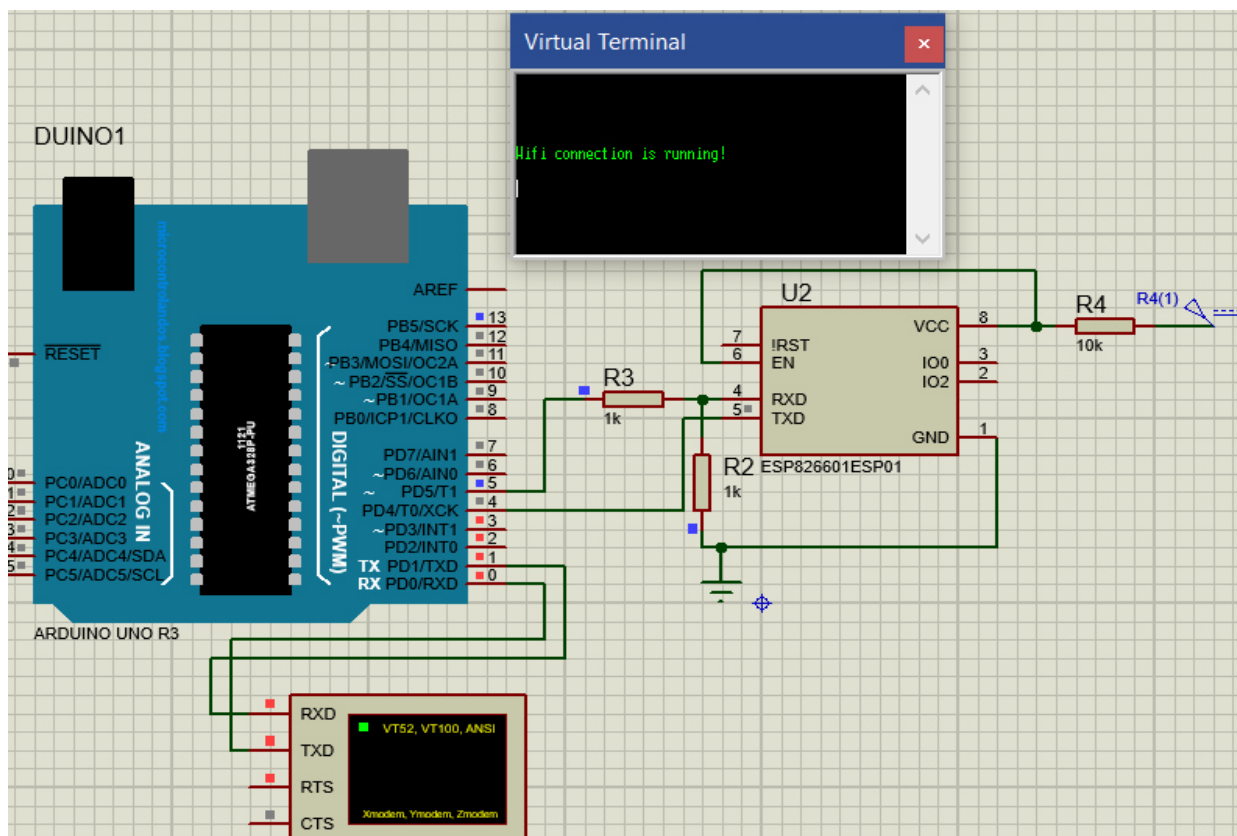


Рисунок 4.5 – Схема підключення ESP8266 зібрана в програмному середовищі Proteus

4.4 Налаштування WI-FI модулю

Слід зазначити що для коректної роботи вбудованого до Arduino Uno WiFi WI-FI модулю ESP8266 необхідне його попереднє налаштування. Так для первинного налаштування потрібно підключити живлення до плати Arduino Uno WiFi, як наслідок WI-FI модуль запрацює і у списку доступних мереж на комп'ютері з'явиться нова – з ім'ям Arduino-Uno-WiFi-....., де — унікальний номер конкретної плати (рис. 4.6).

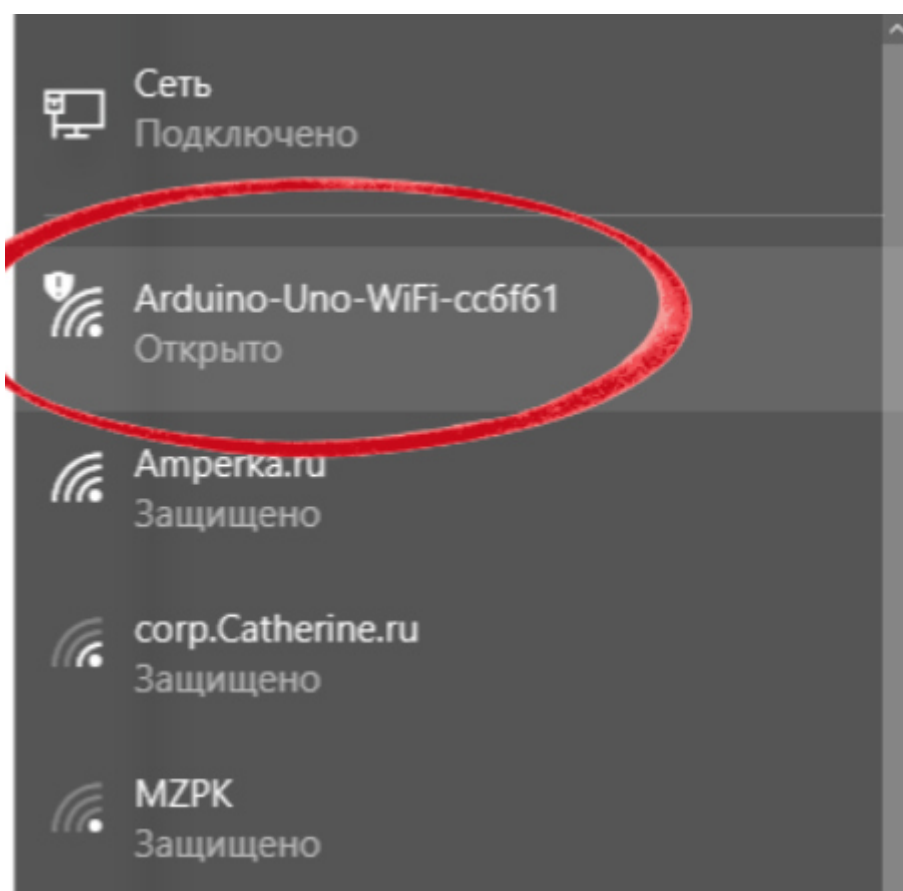


Рисунок 4.6 – типова WI-FI мережа для Arduino Uno WiFi

Підключення до WI-FI мережі Arduino Uno WiFi надає можливість в будь-якому браузері, при введенні в адресній строці 192.168.240.1, відкрити web-інтерфейс налаштування конкретної плати (рис. 4.7).

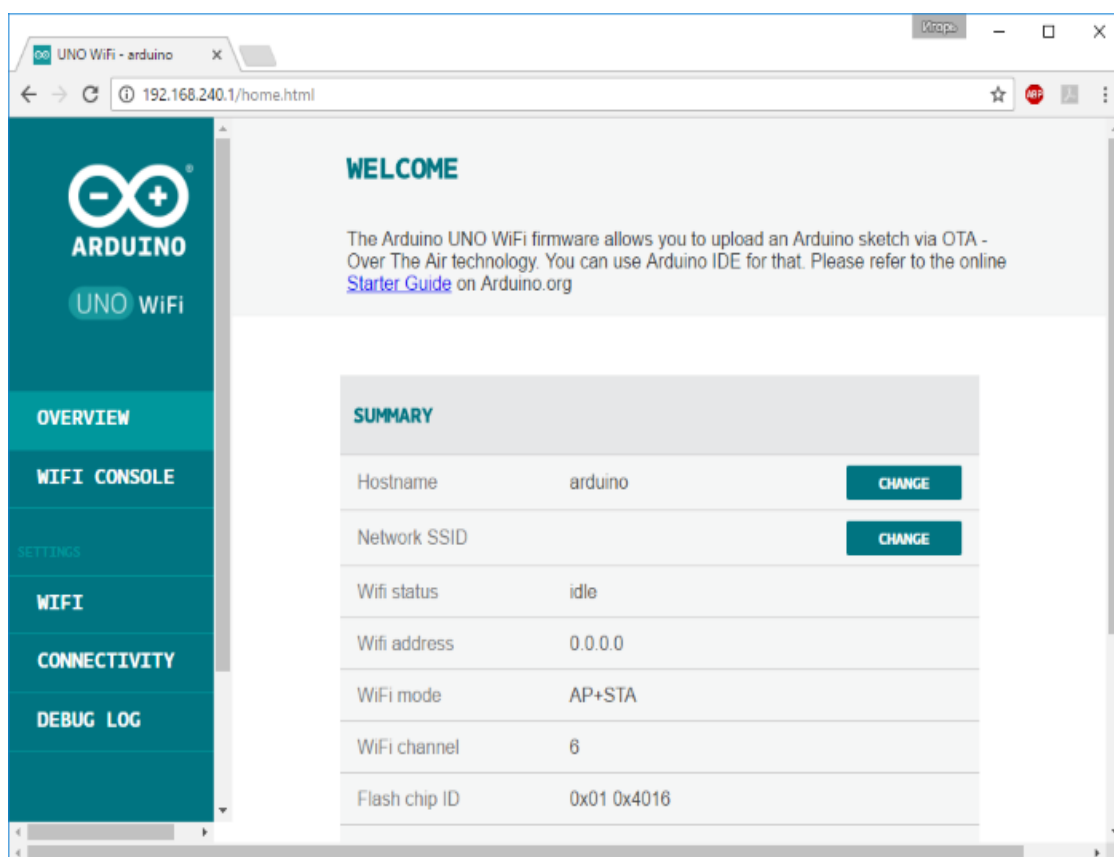


Рисунок 4.7 – Web-інтерфейс налаштування Arduino Uno WiFi

Далі потрібно змінити мережеві налаштування плати за що відповідає пункт Network SSID. Після натиску на кнопку CHANGE в цьому пункті відкриється список доступних WI-FI мереж в якому потрібно обрати WI-FI мережу до якої ми бажаємо приєднати наш мікроконтролер (рис. 4.8).

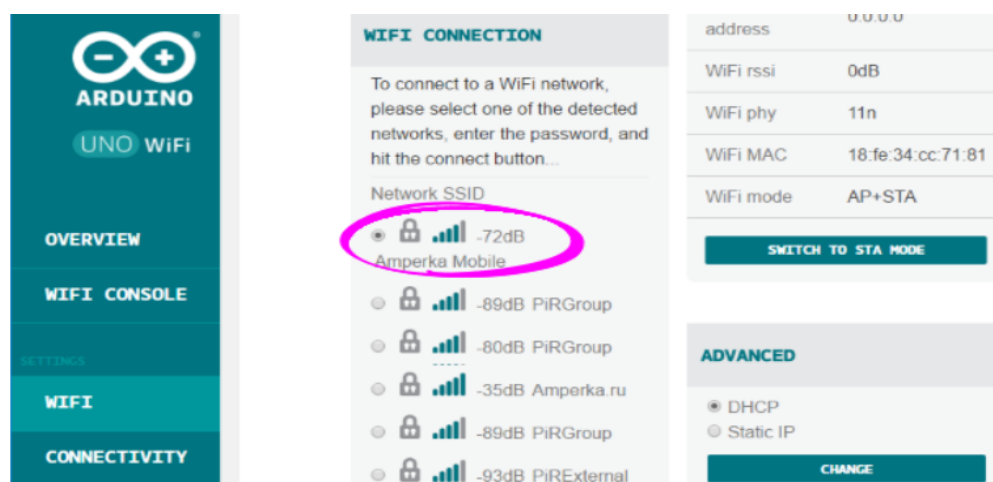


Рисунок 4.8 – Встановлення мережеві налаштування плати Arduino Uno WiFi

Після мережевого налаштування плати Arduino Uno буде відображено згенерований IP-адрес (рис. 4.9).

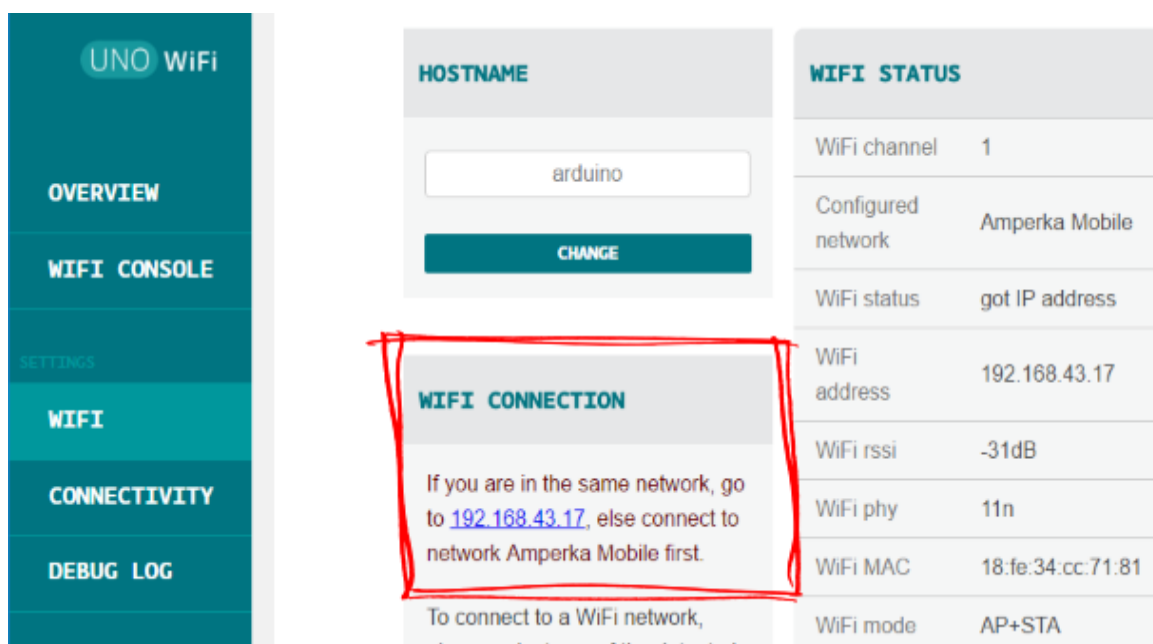


Рисунок 4.9 – Згенерований IP-адрес підключення до плати Arduino Uno WiFi

Тепер введення такого IP-адресу в адресній строці при підключенні до встановленої мережі (дивись рис. 4.8) відкриває вже знаєний нам Web-інтерфейс налаштування Arduino Uno WiFi. Останнім кроком налаштування потрібно у вже знайомому нам пункті Network SSID змінити режим роботи заданої мережі з AP+STA на STA (рис. 4.10).



Рисунок 4.10 – Зміна режим роботи заданої мережі з AP+STA на STA

Після такого налаштування стає можливим простий і без зайвих кроків та витрат бездротовий зв'язок з платою Arduino Uno WiFi, що надає можливість як дистанційно та оперативно отримувати значення з мікроконтролера, так і можливість дистанційного програмування плати.

4.5 Віртуальна модель системи контролю екологічних параметрів у приміщеннях складського типу

Тепер промодельювавши та перевірив усі необхідні компоненти системи стає можливо зібрати віртуальну модель усього приладу (рис. 4.11) контролю екологічних параметрів у приміщеннях складського типу та розробити відповідний лістинг (дивись додаток Д).

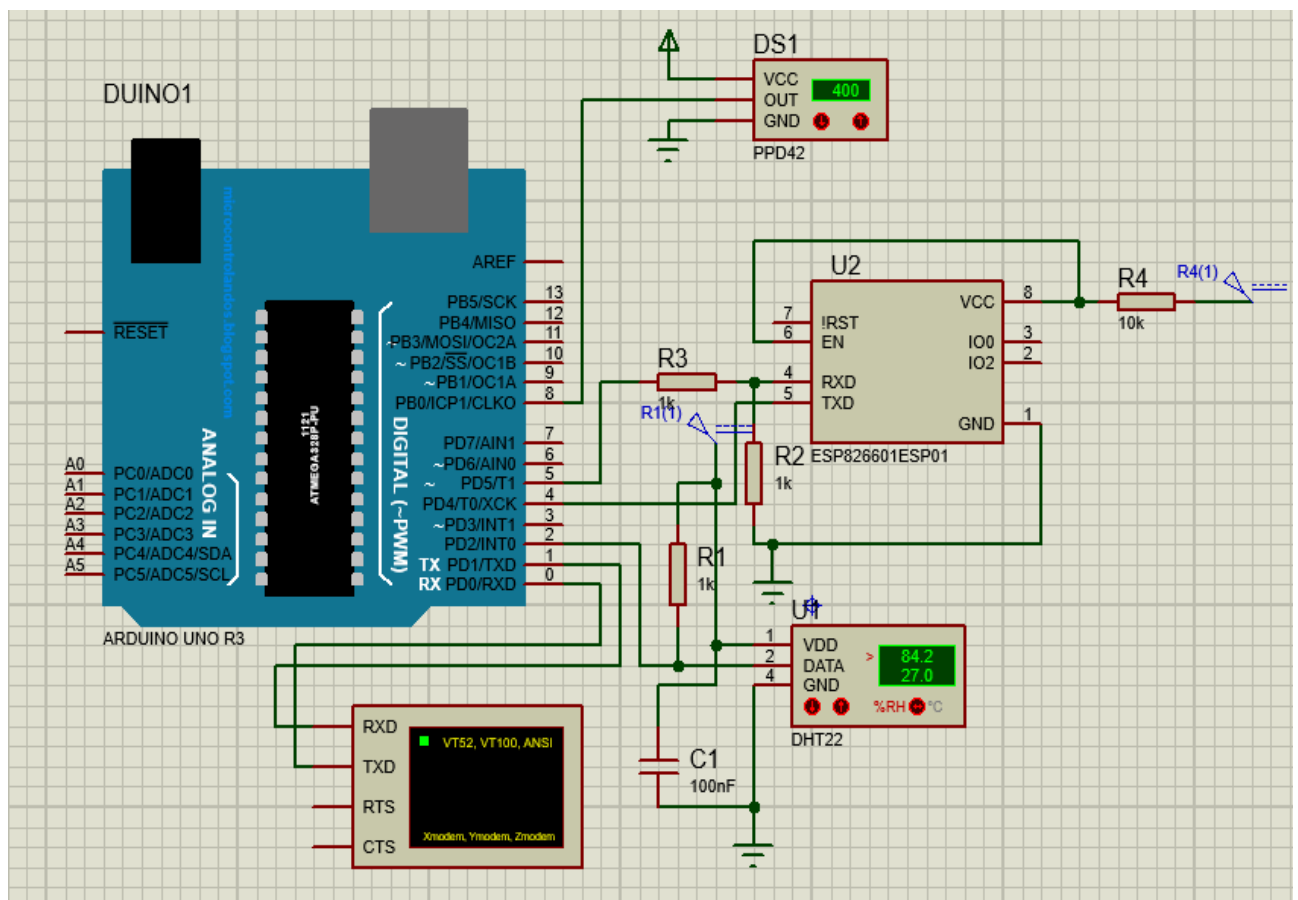


Рисунок 4.11 – Віртуальна модель приладу контролю екологічних параметрів у приміщеннях складського типу

Лістинг програми було розроблено з урахуванням необхідності використання веб-серверу, що має надавати можливість не тільки спостерігання за зміною контрольованих параметрів, а й можливість дистанційного налаштування параметрів системи.

На рис. 4.12 зовнішній вигляд веб-серверу електронної системи моніторингу екологічних параметрів у приміщеннях складського типу.

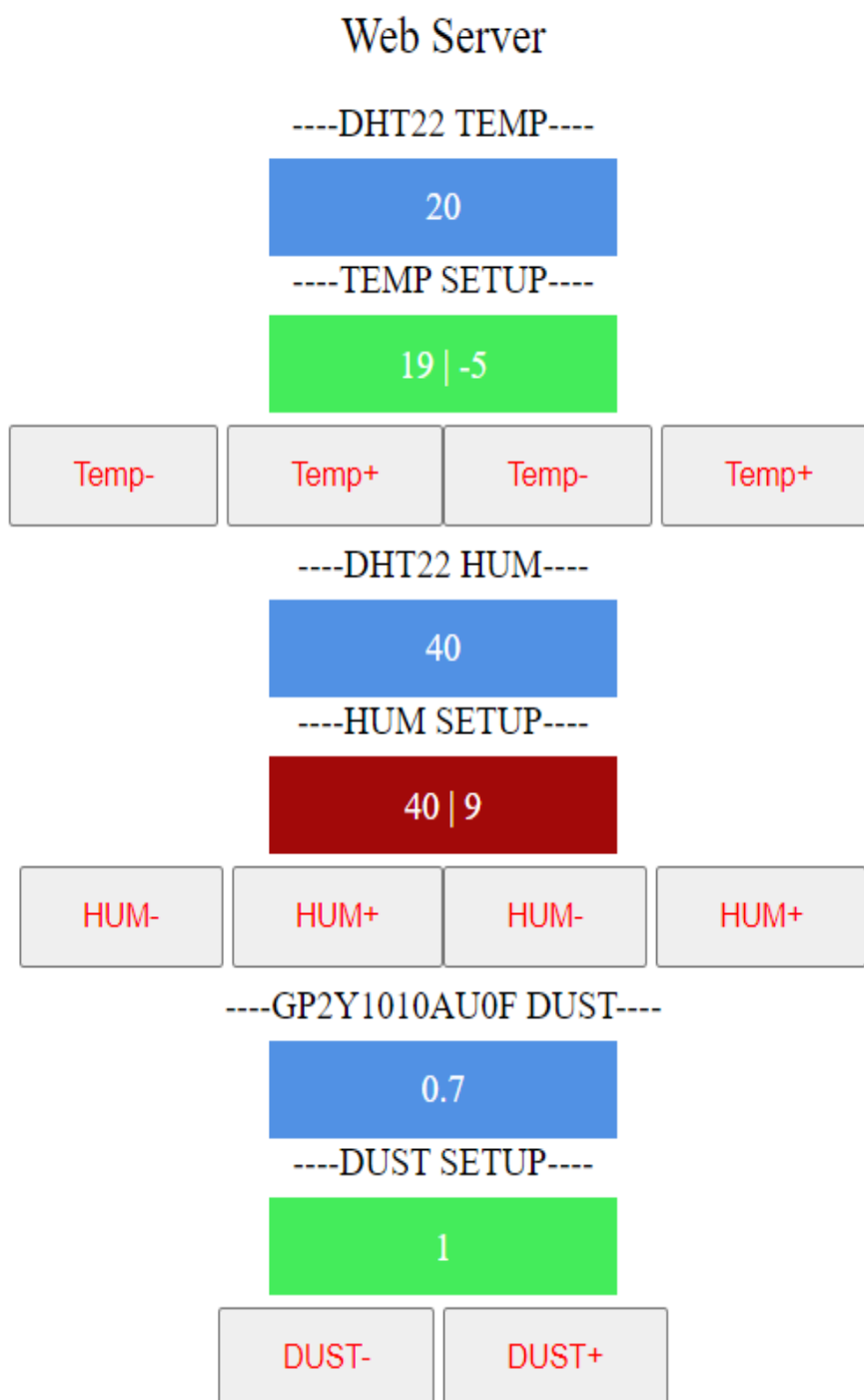


Рисунок 4.12 – Зовнішній вигляд веб-серверу електронної системи моніторингу екологічних параметрів у приміщеннях складського типу

Відповідно до лістингу програми (дивись додаток Г) розроблена система буде знімати, оброблювати та посилати отриманні значення до локального Веб-серверу де показники звірюються з бажаним значенням та надаються оператору. Оператор може виставити межі можливих результатів, що є бажаними для системи і при досягненні цих значень оповіщається відповідною індикацією. Так результати в межах встановлених значень підсвічуються зеленим кольором, а показники, що досягли чи перетнули бажану межу відповідно червоним кольором. Генерована сторінка відновлюється кожні 10 секунд та миттєво при зміні заданої межі.

4.6 Висновки

Для перевірки та відображення розробленого рішення було проведено електронне моделювання кожного елемента системи та усієї системи моніторингу екологічних параметрів у приміщеннях складського типу загалом. Для виконання поставлених до системи задач в повній мірі було розроблено програмне рішення відповідне поставленим задачам, а також піднімаюче локальний Веб-сервер, що візуалізує роботу системи в реальному часі та надає можливість керування шляхом бездротового рішення.

ВИСНОВКИ

У роботі було розроблено електронна система моніторингу екологічних параметрів у приміщеннях складського типу.

В першому розділі роботи було проведено аналіз екологічних параметрів у складських приміщеннях. Після ретельного дослідження процесу складування було виявлено, що в процесі складської діяльності виникає потреба моніторингу змін екологічних показників у приміщеннях складського типу, а бажано і постійного контролю. Виявлена залежність якості та властивостей продукції, що зберігається у складських приміщеннях від екологічних показників. Знайдено типові екологічні показники потреба контролю яких виникає під час складської діяльності, а саме: температура, вологість і концентрація пилу. Проведено аналіз впливу температури, вологості і концентрації пилу на товарні показники продукції, що зберігається та здоров'я людини. Проаналізовано ринок відносно питання реалізації систем екологічного моніторингу. Проаналізовані норми температури, вологості і концентрації пилу для складських приміщень встановленні законодавством України. Поставлена чітка та доцільна задача на проектування системи моніторингу екологічних параметрів у приміщеннях складського типу.

В другому розділі була розроблена загальна блок-схема системи моніторингу екологічних параметрів у приміщеннях складського типу, що надала можливість кращого розуміння конструктивного складу системи необхідного для досягнення поставлених задач. Побудовано функціональну схему приладу моніторингу екологічних параметрів у приміщеннях складського типу, до складу якої на підставі проведених досліджень увійшли: датчики температури та вологості, а також датчик концентрації пилу, блоки перетворення можливих вихідних сигналів датчиків встановленого типу у сигнали релевантні входам можливого мікроконтролера, блок аналого цифрового перетворення та мікросхема, яка відповідно до встановленої задачі

буде в реальному часі надавати значення екологічних показників з допомогою вбудованого бездротового рішення через хмарне сховище оператора системи. Було проведено обґрунтований аналіз та вибір датчиків встановлених типів для побудови пристрою моніторингу екологічних параметрів у приміщеннях складського типу. Побудовано структурну схему пристрою моніторингу екологічних параметрів у приміщеннях складського типу з урахуванням характеристик та рекомендацій обраних елементів. До складу розроблюваного пристрою моніторингу екологічних параметрів у приміщеннях складського типу увійшли такі компоненти: комплексний датчик вологості та температури AM2302/DHT22, датчик концентрації пилу GP2Y1010AU0F, мікроконтролер Arduino Uno WiFi. Проведено аналіз та реалізація питання використання хмарного сховища.

В третьому розділі було проведено аналіз технічної документації обраних приладів з урахуванням рекомендаційних положень щодо підключення та використання. Побудована принципова схема пристрою моніторингу екологічних параметрів у приміщеннях складського типу до складу якої увійшли такі компоненти: комплексний датчик вологості та температури AM2302/DHT22, датчик концентрації пилу GP2Y1010AU0F, мікроконтролер Arduino Uno WiFi. Проведено аналіз метрологічних параметрів системи.

В четвертому розділі були проведено обрання платформи для моделювання роботи системи. Проведено віртуальну модуляцію кожного елемента системи та усієї системи моніторингу екологічних параметрів у приміщеннях складського типу загалом. Розроблено програмне рішення відповідне поставленим задачам, а також піднімаюче локальний Веб-сервер, що візуалізує роботу системи в реальному часі та надає можливість керування шляхом бездротового рішення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Оганисян А.А. Теоретические основы организации складского хранения / А. А. Оганисян // журнал Бизнес-образование в экономике знаний. – 2019. – №3(14). – С. 78-84.
2. Якушенкова С.Ю. Роль современного склада в деятельности коммерческой компании / С. Ю. Якушенкова // журнал Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2017. – Т.3. – №13. – С. 696-698.
3. Плотников М. О. Совершенствование организации складского хозяйства в организации ООО «Спурт» / М. О. Плотников // ТПУ. – 2018. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://earchive.tpu.ru/handle/11683/48678> – Загл. з екрану.
4. Ромашко, Е.А. Повышение эффективности функционирования складского хозяйства предприятия / Е. А. Ромашко // БНТУ. – 2020. – С. 68-71. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rep.bntu.by/handle/data/87034>– Загл. з екрану.
5. Хайруллина Е.А. Современные складские системы / Е.А. Хайруллина // УГАТУ. – 2021. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ugatu.su/article/Khairullina_article – Загл. з екрану.
6. Омельченко И.Н. Алгоритм построения складской логистической системы / И.Н. Омельченко, А.Е. Супрун // журнал гуманитарный вестник. – 2016. – №11(49).
7. ecoproverka.ru: [Электронный ресурс]: Склады – экологические требования – Режим доступа: <https://www.ecoproverka.ru/sklady-ekologicheskie-trebovaniya>. – Загл. з екрану.
8. maclean.com.ua: [Электронный ресурс]: Прибирання виробничих приміщень – Режим доступа: <https://maclean.com.ua/uk/pribirannya-virobnichih-primishhen>. – Загл. з екрану.
9. osushiteli.ua: [Электронный ресурс]: Микроклимат складских

помещений – Режим доступа: <https://osushiteli.ua/osushenie-sklada-pravila-normy-i-kontrol-vlazhnosti-vozdu>. – Загл. з екрану.

10. gastech.com.ua: [Електронний ресурс]: Вимірювання пилових частинок Пиломір. Режим доступа: <http://www.gastech.com.ua/vymiryuvannya-palevyh-chastynok>. – Загл. з екрану.

11. Eco-intech.com: [Електронний ресурс]: Пылемеры - принцип работы, сфера применения, выбор прибора для конкретной задачи. Режим доступа: <https://eco-intech.com/biblioteka/pylemery-printsip-raboty-sfera-primeneniya-vybor-pribora-dlya-konkretnoy-zadachi>. – Загл. з екрану.

12. Суворин М.А. Разработка лабораторного стенда системы автоматического регулирования температуры жидкости / М.А. Суворин // Национальный исследовательский томский политехнический университет, 2017. [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <http://earchive.tpu.ru/handle/11683/4043> – Загл. з екрану.

13. studwood.net: [Електронний ресурс]: Дилатометрические термометры. Режим доступа: https://studwood.net/1779643/tovarovvedenie/dilatometricheskie_termometry. – Загл. з екрану.

14. illustrationprize.com: [Електронний ресурс]: Біметалічний термометр. Режим доступа: <https://illustrationprize.com/uk/221-bimetallic-thermometer.html>. – Загл. з екрану.

15. what.com.ua: [Електронний ресурс]: Газовий термометр: особливості, переваги приладу і сфера застосування. Режим доступа: <https://what.com.ua/gazovii-termometr-osoblivosti>. – Загл. з екрану.

16. mvr-company.ru: [Електронний ресурс]: Бесконтактный метод измерения температуры. Режим доступа: <http://mvr-company.ru/beskontaktnyj-metod-izmereniya-temperatury>. – Загл. з екрану.

17. asutpp.ru: [Електронний ресурс]: Датчики влажности: типы и принцип работы, схемы подключения. Режим доступа: <https://www.asutpp.ru/datchiki-vlazhnosti-tipy-i-printsip-raboty.html>. – Загл. з екрану.

18. elektrik.info: [Електронний ресурс]: Датчики влажности - как устроены

и работают. Режим доступа: <http://elektrik.info/main/automation/1083-datchiki-vlazhnosti-kak-ustroeny-i-rabotayut.html>. – Загл. з екрану.

19. relsib.com: [Електронний ресурс]: Измерение относительной влажности воздуха: Какой метод измерения предпочтительней? Режим доступа: <https://relsib.com/articles/izmerenie-otnositelnoj-vlazhnosti-vozduha-kakoj-metod-izmereniya-predpochtitelnej> – Загл. з екрану.

20. ecolog-ua.com: [Електронний ресурс]: Экологический мониторинг и его система в Украине. Режим доступа: <https://ecolog-ua.com/content/ekologicheskii-monitoring-i-ego-sistema-v-ukraine>. – Загл. з екрану.

21. ecomonitoring.hlr.ua: [Електронний ресурс]: Экологический мониторинг. Режим доступа: <https://ecomonitoring.hlr.ua>. – Загл. з екрану.

22. НАКАЗ 16.03.1993 № 44 Про організацію зберігання в аптечних закладах різних груп лікарських засобів та виробів медичного призначення [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0044282-93#Text> – Назва з титул. екрана.

23. НАКАЗ 13.04.2022 № 175 Про затвердження Методики розрахунку неорганізованих викидів забруднюючих речовин або суміші таких речовин в атмосферне повітря внаслідок виникнення надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану та визначення розмірів завданої шкоди – Режим доступа: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0433-22#Text> – Назва з титул. екрана.

24. Муренченко П. Є. Системний підхід до автоматизації обліку хмарного сервісу : пояснювальна записка до атестаційної роботи здобувача вищої освіти на другому (магістерському) рівні, спеціальність 122 Комп'ютерні науки / П. Є. Муренченко ; М-во освіти і науки України, Харків. нац. ун-т радіоелектроніки. – Харків, 2021. – 67 с.

25. esputnik.com: [Електронний ресурс]: Топ хмарних сховищ 2021 – яке краще вибрати. Режим доступа: <https://esputnik.com/uk/blog/top-khmarnykh-skhoovysh-yake-krashe-obraty>. – Загл. з екрану.

26. Digital relative humidity y & temperature emperature sensor AM2302/DHT22 [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <https://>

cdnshop.adafruit.com/datasheets/Digital+humidity+and+temperature+sensor+AM2302.pdf – Назва з титул. екрана.

27. GP2Y1010AU0F Compact Optical Dust Sensor [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://global.sharp/products/device/lineup/data/pdf/datasheet/gp2y1010au_e.pdf – Назва з титул. екрана.

28. Arduino UNO WiFi. The UNO WiFi board is the Arduino UNO with integrated WiFi. For beginner and advanced users alike. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.digikey.com/htmldatasheets/production/1991667/0/0/1/uno-wifi.html> – Назва з титул. екрана.

29. ATmega328P [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P_Datasheet.pdf – Назва з титул. екрана.

ДОДАТОК А

Охорона праці та безпека під час надзвичайних ситуацій на підприємстві

До приміщення науково-дослідного відділу та організації робочого місця з обліком шкідливих виробничих факторів пред'являється ряд вимог. Приміщення, в якому знаходиться робоче місце з персональним комп'ютером, повинно мати природне освітлення, бажано з однобічним розміщенням світових прорізів, площа осклянілості яких не повинна перевищувати 25 % від площі стіни світових прорізів. Віконні прорізи в приміщенні з персональним комп'ютером повинні мати регульовані жалюзі чи занавіски або інші сонцезахисні пристрої. Не допускається розташування робочих місць з персональним комп'ютером у підвальних і цокольних поверхах. Робочі місця з персональними комп'ютерами рекомендується розміщувати в окремих приміщеннях. Площа на одного працюючого з персональним комп'ютером повинна складати 6 м^2 , об'єм – 20 м^3 . Неприпустиме розташування персонального комп'ютера, під час якого працюючий звернений обличчям або спиною до вікон чи кімнати задньої частини персонального комп'ютера, де монтуються вентилятори.

Забороняється застосовувати для обробки інтер'єра приміщень з персональними комп'ютерами полімерні матеріали (дерев'яностружечні плити, шпалери, що миються, плівкові та рулоні синтетичні матеріали, шаруватий паперовий пластик та ін.), що виділяються в повітря шкідливі хімічні речовини, що перевищують гранично допустимі концентрації, не включені до «Переліку дозволених, МЗ» 1977-1985 р.

У лабораторії вимірювальної техніки та науково-дослідної роботи робочі місця з персональними комп'ютерами розташовані від стіни з вікнами на відстані 1 м, відстань між столами 3 м. Екрани моніторів знаходяться від очей користувача на відстані 700 мм відповідно до СН 512-78, приміщення ($S=21 \text{ м}^2$, $V=73,5 \text{ м}^3$) дозволяє розташовувати більше 3 робочих місця.

Робочі місця в положенні сидячі відповідають вимогам ДСТ 12.2.032 – 78

та ДСТ 12.2.029 – 77. Поверхня робочого столу знаходиться на висоті 0,75 м від підлоги, розміри робочої поверхні стільниці складають 1050x590 міліметрів, розміри вільного простору для ніг під столом складає висота 650, глибина 550, ширина 450 міліметрів, відповідно. Робочий стілець оснащений підйомно-поворотним пристроєм, що забезпечує регуляцію висоти сидіння та спинки, пневматичним і гідравлічними амортизаторами та обладнанні підлокітниками.

А.1 Мікроклімат робочого місця

У приміщенні науково-дослідного відділу є джерела тепловиділення, тому необхідно визначити необхідні умови його вентилявання. Витрати повітря в приміщенні з додатковим тепловиділенням визначаються за формулою:

$$L = \frac{Q_{\text{НАД}}}{c \cdot p \cdot (t_{\text{В}} - t_{\text{Н}})}, \quad (\text{A.1})$$

де $Q_{\text{НАД}}$ – надлишкове виділення тепла в робочому приміщенні, ккал/год.;

c – теплоємність повітря (0,237 ккал/кг);

p – об’ємна вага повітря (1,226 кг/м³);

$t_{\text{В}}$ – температура витяжного повітря (30°C);

$t_{\text{Н}}$ – температура приточного повітря (20°C).

Розраховується надлишкове надходження тепла за формулою:

$$Q_{\text{НАД}} = Q_{\text{УСТ}} + Q_{\text{ПЕР}} + Q_{\text{ОСВ}} + Q_{\text{СР}}, \quad (\text{A.2})$$

де $Q_{\text{УСТ}}$ – виділення тепла від устаткування;

$Q_{\text{ПЕР}}$ – виділення тепла від персоналу;

$Q_{\text{ОСВ}}$ – надходження тепла від електричного освітлення;

$Q_{\text{СР}}$ – надходження тепла від сонячної радіації через вікна.

Визначається виділення тепла від устаткування за формулою:

$$Q_{\text{УСТ}} = P \cdot K_a \cdot K_6 \cdot 860, \quad (\text{A.3})$$

де P – сумарна потужність устаткування, кВт/год;

K_a – коефіцієнт установленної потужності (0,95);

K_6 – коефіцієнт одночасної роботи (1,0).

$$\begin{aligned} Q_{\text{УСТ}} &= [x_1 \cdot k_1 + x_2 \cdot k_2 + x_3 \cdot k_3 + x_4 \cdot k_4 + x_5 \cdot k_5 + x_6 \cdot k_6 + x_7 \cdot k_7 + \\ &+ x_8 \cdot k_8 + x_9 \cdot k_9] \cdot K_a \cdot K_6 \cdot 860 = \\ &= [1 \cdot 0,5 + 1 \cdot 0,1 + 1 \cdot 0,07 + 2 \cdot 0,4 + 1 \cdot 0,06 + 1 \cdot 0,05 + 1 \cdot 0,6 + 4 \cdot 0,15 + \\ &+ 1 \cdot 3,5] \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 860 = 5131 \text{ ккал/год.} \end{aligned}$$

Визначається виділення тепла від обслуговуючого персоналу за допомогою формули:

$$Q_{\text{ПЕР}} = n \cdot g = 2 \cdot 100 = 200 \text{ ккал/год,} \quad (\text{A.4})$$

де n – кількість працюючих;

g – кількість тепла, що виділяє один працівник за годину (100 ккал/год.).

Визначається надходження тепла від електричного освітлення за формулою:

$$Q_{\text{ОСВ}} = E_M \cdot g_1 \cdot S = 300 \cdot 0,05 \cdot 21 = 315 \text{ ккал/год,} \quad (\text{A.5})$$

де E_M – нормована освітленість для зорової роботи, величина якої дорівнює

300 лк;

g_1 – питоме тепловиділення на 1 м^2 підлоги під час освітленості в 1 лк (для люмінесцентних ламп – 0,05 ккал/год.);

S – площа приміщення, м^2 .

Визначається надходження тепла від сонячної радіації через вікна за формулою:

$$Q_{\text{CP}} = F \cdot g_2 \cdot K_{\text{OCL}} = 7,5 \cdot 65 \cdot 0,4 = 195 \text{ ккал/год}, \quad (\text{A.6})$$

де F – площа віконних прорізів ($3 \times 2,5 = 7,5 \text{ м}^2$);

g_2 – кількість тепла, що надходить через 1 м^2 віконного прорізу (65 ккал/год.);

K_{OCL} – коефіцієнт ослаблення, приймається 0,4.

Визначається кількість надлишкового тепла:

$$Q_{\text{НАД}} = Q_{\text{УСТ}} + Q_{\text{ПЕР}} + Q_{\text{ОСВ}} + Q_{\text{CP}} = 5131 + 200 + 315 + 195 = 5841 \text{ ккал/год.}$$

Визначаються витрати повітря в приміщенні:

$$L = \frac{Q_{\text{НАД}}}{c \cdot p \cdot (t_{\text{В}} - t_{\text{Н}})} = \frac{5848}{0,237 \cdot 1,226 \cdot (30 - 20)} = 2010 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

Існуюча в наявності система кондиціонування та вентилявання має продуктивність $2200 \text{ м}^3/\text{год.}$, що задовольняє необхідним нормативам.

Параметри мікроклімату на робочих місцях регламентуються ДНАОП 0.03.3.15 – 86 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень № 4088–86». Відповідно доданих санітарних норм температура повітря, швидкість руху повітря та відносна вологість у холодні періоди року повинна складати (22 – 24) градуса за Цельсієм, 0,1 метра в секунду та (40 – 60) %, відповідно.

Під час збереження всіх параметрів можливе коливання температури від 21 до 25 градусів Цельсія. У теплі періоди року температура повітря повинна складати (23 – 25) градусів Цельсія, швидкість руху повітря (0,1 – 0,2) метрів в секунду, вологість (40 – 60) %. Температура може коливатися від 22 до 26 градусів Цельсія під час збереження всіх інших параметрів мікроклімату. Вище зазначені норми цілком відповідають фактичним даним приміщення лабораторії вимірювальної техніки та науково-дослідним відділом.

А.2.2 Розрахунок системи загального рівномірного освітлення з лампами розжарювання для приміщення, в якому використовуються зорові роботи високої точності

Розміри приміщення: довжина ($a=6$ м), ширина ($b=3,5$ м), висота ($H=3,5$ м). Приміщення має світлу побілку: коефіцієнт відбиття $P_{\text{стелі}} = 70$ %, $P_{\text{стін}} = 50$ %. Висота робочих поверхонь (столів) $h_p = 0,7$ м. Для освітлення прийнято світильники типу УПМ-15, що розташовано на стелі, відстань від світильника до стелі $h_c = 0,4$ м. Мінімальна освітленість за нормами $E=200$ лк.

1) Визначається висота підвісу світильників над підлогою:

$$h_0 = H - h_c = 3,5 - 0,4 = 3,1 \text{ м.}$$

Для світильників загального освітлення з лампами розжарювання потужністю до 200 Вт мінімальна висота підвісу над підлогою відповідно до СНІП П-4-79 повинна бути в межах (2,5 – 4,0) м, залежно від характеристики світильника. Освітлення лабораторії вимірювальної техніки та науково-дослідного відділу відповідає цій вимозі.

2) Визначається висота підвісу світильника над робочою поверхнею:

$$h = h_0 - h_p = 3,1 - 0,7 = 2,4 \text{ м.}$$

Рівномірність освітлення досягається під час відповідного співвідношення відстані між світильниками (L) та висоти їх підвісу (h).

3) Визначається рекомендована відстань між світильниками:

$$L = 0,7 \cdot h = 0,7 \cdot 2,4 = 1,68 \text{ м.}$$

4) Розраховується необхідна кількість світильників:

$$N = \frac{a \cdot b}{L^2} = \frac{6 \cdot 3,5}{1,68^2} = 7,4.$$

Приймається 8 світильників, з обліком розмірів приміщення вони розташовуються у два ряди по 4 штуки.

5) Світловий потік лампи світильника ($\Phi_{\text{л}}$) визначається за формулою:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E \cdot K_3 \cdot S \cdot Z}{N \cdot n \cdot \eta},$$

де E – нормативна освітленість, лк;

K_3 – коефіцієнт запасу, який враховує зниження освітленості в результаті забруднення та старіння ламп;

S – площа приміщення, що освітлюється, м²;

Z – коефіцієнт нерівномірності освітлення для ламп розширювання (1,15);

N – кількість світильників;

n – кількість ламп у світильнику;

η – коефіцієнт використання світового потоку, що визначається за світлотехнічними таблицями залежно від показника приміщення (i) та

коефіцієнтів відбиття стін і стелі.

6) Визначається показник приміщення:

$$i = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)} = \frac{6 \cdot 3,5}{3,5 \cdot (6 + 3,5)} = 2,21.$$

Коефіцієнт використання $\eta = 0,48$ для світильника УПМ-15 ($i = 2,5$, $P_{\text{стелі}} = 70\%$, $P_{\text{стін}} = 50\%$)

Світловий потік одного світильника, а значить і лампи, оскільки за конструктивним виконанням у світильнику цього типу встановлена лише одна лампа, дорівнює:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E \cdot S \cdot Z}{N \cdot n \cdot \eta} = \frac{200 \cdot 21 \cdot 1,15}{6 \cdot 1 \cdot 0,48} = 1677 \text{ лм.}$$

9) обирається лампа Б-150 потужністю 150 Вт, світловий потік якої дорівнює 2000 лм. Хоча це значення на 19,2 % більше розрахованого, проте не перевищує встановлену норму ($-0\% < \Phi_{\text{л}} < +20\%$). Сумарна електрична потужність усіх світильників, встановлених у приміщенні становить:

$$P_{\text{св}} = P \cdot N = 150 \cdot 8 = 1200 \text{ Вт.}$$

ДОДАТОК Б

Лістинг роботи датчику AM2302/DHT22

```
#include <DHT.h>
#include <DHT_U.h>
#define DHTPIN 2
#define DHTTYPE DHT22
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
void setup() {
    Serial.begin(9600);
    dht.begin();
}
void loop() {
    float t = dht.readTemperature();
    float h = dht.readHumidity();
    // Check if any reads failed and exit early (to try again).
    if (isnan(h) || isnan(t)) {
        Serial.println(F("Failed to read from DHT sensor!"));
        return;
    }
    Serial.print(F("Humidity: "));
    Serial.print(h);
    Serial.print(F("% Temperature: "));
    Serial.print(t);
    Serial.println(F("°C "));
    // Wait a few seconds between measurements.
    delay(2000);
}
```

ДОДАТОК В

Лістинг роботи датчику вмісту пилу GP2Y1010AU0F

```
int pin = 8;
unsigned long duration;
unsigned long starttime;
unsigned long sampletime_ms = 3000;
unsigned long lowpulseoccupancy = 0;
float ratio = 0;
float concentration = 0;
void setup()
{
    Serial.begin(9600);
    pinMode(pin,INPUT);
    starttime = millis();
}
void loop()
{
    duration = pulseIn(pin, LOW);
    lowpulseoccupancy = lowpulseoccupancy+duration;
    if ((millis()-starttime) > sampletime_ms)
    {
        ratio = lowpulseoccupancy/(sampletime_ms*10.0);
        concentration = 1.1*pow(ratio,3)-3.8*pow(ratio,2)+520*ratio+0.62;
        Serial.print("concentration = ");
        Serial.println(concentration);
        lowpulseoccupancy = 0;
        starttime = millis(); }
}
```

ДОДАТОК Г

Лістинг роботи WiFi модулю ESP8266

```
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial wifiSerial(2, 3);
bool DEBUG = true; //show more logs
int responseTime = 10; //communication timeout
void setup()
{
    pinMode(13,OUTPUT); //set build in led as output
    Serial.begin(9600);
    while (!Serial) {
    }
    wifiSerial.begin(9600);
    while (!wifiSerial) {
    }
    sendToWifi("AT+CWMODE=2",responseTime,DEBUG); // configure as
access point
    sendToWifi("AT+CIFSR",responseTime,DEBUG); // get ip address
    sendToWifi("AT+CIPMUX=1",responseTime,DEBUG); // configure for
multiple connections
    sendToWifi("AT+CIPSERVER=1,80",responseTime,DEBUG); // turn on
server on port 80
    sendToUno("Wifi connection is running!",responseTime,DEBUG);
}
void loop()
{
    if(Serial.available()>0){
        String message = readSerialMessage();
        if(find(message,"debugEsp8266:")){
```

```

    String result =
    sendToWifi(message.substring(13,message.length()),responseTime,DEBUG);
    if(find(result,"OK"))
        sendData("\nOK");
    else
        sendData("\nEr");
    }
}

if(wifiSerial.available()>0){
    String message = readWifiSerialMessage();
    if(find(message,"esp8266:")){
        String result =
        sendToWifi(message.substring(8,message.length()),responseTime,DEBUG);
        if(find(result,"OK"))
            sendData("\n"+result);
        else
            sendData("\nErrRead");           //At command ERROR CODE for Failed
        Executing statement
    }else
        if(find(message,"HELLO")){ //receives HELLO from wifi
            sendData("\nHI!"); //arduino says HI
        }else if(find(message,"LEDON")){
            //turn on built in LED:
            digitalWrite(13,HIGH);
        }else if(find(message,"LEDOFF")){
            //turn off built in LED:
            digitalWrite(13,LOW);
        }
    }
    else{
        sendData("\nErrRead");           //Command ERROR CODE for

```

UNABLE TO READ

```

    }
}
delay(responseTime);
}
void sendData(String str){
    String len="";
    len+=str.length();
    sendToWifi("AT+CIPSEND=0,"+len,responseTime,DEBUG);
    delay(100);
    sendToWifi(str,responseTime,DEBUG);
    delay(100);
    sendToWifi("AT+CIPCLOSE=5",responseTime,DEBUG);
}
boolean find(String string, String value){
    return string.indexOf(value)>=0;
}
String readSerialMessage(){
    char value[100];
    int index_count =0;
    while(Serial.available()>0){
        value[index_count]=Serial.read();
        index_count++;
        value[index_count] = '\0'; // Null terminate the string
    }
    String str(value);
    str.trim();
    return str;
}
String readWifiSerialMessage(){

```

```

char value[100];
int index_count =0;
while(wifiSerial.available()>0){
    value[index_count]=wifiSerial.read();
    index_count++;
    value[index_count] = '\0'; // Null terminate the string
}
String str(value);
str.trim();
return str;
}

String sendToWifi(String command, const int timeout, boolean debug){
    String response = "";
    wifiSerial.println(command); // send the read character to the esp8266
    long int time = millis();
    while( (time+timeout) > millis())
    {
        while(wifiSerial.available())
        {
            char c = wifiSerial.read(); // read the next character.
            response+=c;
        }
    }
    if(debug)
    {
        Serial.println(response);
    }
    return response;
}

String sendToUno(String command, const int timeout, boolean debug){

```



```
String response = "";
Serial.println(command);
long int time = millis();
while( (time+timeout) > millis())
{
    while(Serial.available())
    {
        char c = Serial.read(); // read the next character.
        response+=c;
    }
}
if(debug)
{
    Serial.println(response);
}
return response;
}
```

ДОДАТОК Д

Лістинг роботи системи моніторингу екологічних параметрів у
приміщеннях складського типу

```
//Пример локального вэб сервера на ESP8266
//чтение данных и управление нагрузкой
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <WiFiClient.h>
#include <ESP8266WebServer.h>
#include <ESP8266mDNS.h>
#include <SimpleDHT.h> //эта библиотека хорошо работает с ESP8266
#define pinDHT22 3 //подключение DHT22
Simplec dht22;

int measurePin = A0; //Подключаем датчик к контакту Ардуино A0
int ledPower = 2; //Подключаем вывод 3 датчика к Ардуино D2
MDNSResponder mdns;

// Wi-Fi
const char* ssid = "NAME";
const char* password = "PASSWORD";
byte arduino_mac[] = { 0xDE, 0xED, 0xBA, 0xFE, 0xFE, 0xED };
IPAddress ip(192, 168, 1, 35);
IPAddress gateway(192, 168, 1, 1);
IPAddress subnet(255, 255, 255, 0);
ESP8266WebServer server(80);

int temp_setup1 = 25; //очікуємий показчик температури(верхня межа)
int temp_setup2 = -10; //очікуємий показчик температури(нижня межа)
int hum_setup1 = 60; //очікуємий показчик вологості(верхня межа)
```

```

int hum_setup2 = 10;    //очікуємий показчик вологості(нижня межа)
float dust_setup = 0,1; //очікуємий показчик концентрації пилу
float temp_dht;        //значення температури отриманні з датчику DHT22
int samplingTime = 280;
int deltaTime = 40;
int sleepTime = 9680;
float voMeasured = 0;
float calcVoltage = 0;
float dustDensity = 0;

void setup(void) {
  sensors.begin();
  delay(100);
  Serial.begin(9600);
  pinMode(ledPower,OUTPUT);
  WiFi.begin(ssid, password);
  WiFi.config(ip, gateway, subnet);
  Serial.println("");
  // Wait for connection
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }
  Serial.println("");
  Serial.print("Connected to ");
  Serial.println(ssid);
  Serial.print("IP address: ");
  Serial.println(WiFi.localIP());

  if (mdns.begin("esp8266", WiFi.localIP())) {

```

```

    Serial.println("MDNS responder started");
}

server.on("/", []() {
    server.send(200, "text/html", webPage());
});

//+++++ START 1 ++++++
server.on("/socket1On", []() {
    temp_setup1++;
    if (temp_setup1 >= 50) temp_setup1 = 50;
    server.send(200, "text/html", webPage());
    delay(100);
});
server.on("/socket1Off", []() {
    temp_setup1--;
    if (temp_setup1 <= -10) temp_setup1 = -10;
    server.send(200, "text/html", webPage());
    delay(100);
});
server.on("/socket1.1On", []() {
    temp_setup2++;
    if (temp_setup2 >= 50) temp_setup2 = 50;
    server.send(200, "text/html", webPage());
    delay(100);
});
server.on("/socket1.1Off", []() {
    temp_setup2--;
    if (temp_setup2 <= -10) temp_setup2 = -10;
    server.send(200, "text/html", webPage());
});

```

```

    delay(100);
  });
// ++++++ END 1 ++++++

//+++++ START 2 ++++++
server.on("/socket2On", []) {
  hum_setup1++;
  if (hum_setup1 >= 70) hum_setup1 = 70;
  server.send(200, "text/html", webPage());
  delay(100);
});
server.on("/socket2Off", []) {
  hum_setup1--;
  if (hum_setup1 <= 10) hum_setup1 = 10;
  server.send(200, "text/html", webPage());
  delay(100);
});
server.on("/socket2.1On", []) {
  hum_setup2++;
  if (hum_setup2 >= 70) hum_setup2 = 70;
  server.send(200, "text/html", webPage());
  delay(100);
});
server.on("/socket2.1Off", []) {
  hum_setup2--;
  if (hum_setup2 <= 10) hum_setup2 = 10;
  server.send(200, "text/html", webPage());
  delay(100);
});
// ++++++ END 2 ++++++

```

```
//+++++ START 3 ++++++
server.on("/socket3On", []() {
  dust_setup=dust_setup+0,01;
  if (dust_setup >= 1,1) dust_setup = 1,1;
  server.send(200, "text/html", webPage());
  delay(100);
});
server.on("/socket3Off", []() {
  dust_setup=dust_setup-0,01;;
  if (dust_setup <= 0,01) dust_setup = 0,01;
  server.send(200, "text/html", webPage());
  delay(100);
});
// +++++ END 3 ++++++

server.begin();
Serial.println("HTTP server started");
}

void loop(void) {
  server.handleClient();
}

String webPage()
{
  byte temperature = 0;
  byte humidity = 0;
  dht22.read(pinDHT22, &temperature, &humidity, NULL);
  digitalWrite(ledPower,LOW);
  delayMicroseconds(samplingTime);
}
```

```

voMeasured = analogRead(measurePin);
delayMicroseconds(deltaTime);
digitalWrite(ledPower,HIGH);
delayMicroseconds(sleepTime);
calcVoltage = voMeasured * (5.0 / 1024.0);
dustDensity = 170 * calcVoltage - 0.1;

String web;

//web += "<head><meta name=\"viewport\" content=\"width=device-width,
initial-scale=1\"/>                <meta                charset=\"utf-8\"><title>ESP
8266</title><style>button{color:red;padding: 10px 27px;}</style></head>";

web += "<head><meta http-equiv=\"Refresh\" content=\"10;
URL=http://192.168.1.35\"><meta name=\"viewport\" content=\"width=device-
width, initial-scale=1\"/>                <meta                charset=\"utf-8\"><title>Web
Server</title><style>button{color:red;padding: 10px 27px;}</style></head>";

web += "<h1 style=\"text-align: center;font-family: Open sans;font-weight:
100;font-size: 20px;\">Web Server</h1><div>";

//+++++++ DHT22 TEMP ++++++

web += "<p style=\"text-align: center;margin-top: 0px;margin-bottom:
5px;\">----DHT22 TEMP----</p>";

web += "<div style=\"text-align: center;width: 98px;color:white ;padding:
10px 30px;background-color: #5191e4;margin: 0 auto;\">" + String((int)temperature)
+ "</div>";

// ++++++ DHT22 TEMP ++++++

if (temperature >= temp_setup1 || temperature >= temp_setup2)
{
web += "<div style=\"text-align: center;width: 98px;color:white ;padding:
10px 30px;background-color: #44ec5b;margin: 0 auto;\">" +
<span>String(temp_setup1)</span> | <span>String(temp_setup2)</span> + "</div>";
}

```

```

    if (temperature < temp_setup1 || temperature < temp_setup2)
    {
        web += "<div style=\"text-align: center;width: 98px;color:white ;padding:
10px    30px;background-color:    #a20909;margin:    0    auto;\">" +
<span>String(temp_setup1)</span> | <span>String(temp_setup2)</span> + "</div>";
    }

    //+++++++ TEMP SETUP ++++++++

    web += "<p style=\"text-align: center;margin-top: 0px;margin-bottom:
5px;\">----TEMP SETUP----</p>";

    web += "<div style=\"text-align: center;margin: 5px 0px;\"> <a
href=\"socket1.1Off\"><button>Temp-</button></a>&nbsp;<a
href=\"socket1.1On\"><button>Temp+</button></a><a
href=\"socket1.2Off\"><button>Temp-</button></a>&nbsp;<a
href=\"socket1.2On\"><button>Temp+</button></a></div>";

    // ++++++ TEMP SETUP ++++++

    //+++++++ DHT22 HUM ++++++++

    web += "<p style=\"text-align: center;margin-top: 0px;margin-bottom:
5px;\">----DHT22 HUM----</p>";

    web += "<div style=\"text-align: center;width: 98px;color:white ;padding:
10px 30px;background-color: #5191e4;margin: 0 auto;\">" + String((int)humidity) +
"</div>";

    // ++++++ DHT22 HUM ++++++

    if (humidity >= hum_setup1 || humidity >= hum_setup2)
    {
        web += "<div style=\"text-align: center;width: 98px;color:white ;padding:
10px    30px;background-color:    #44ec5b;margin:    0    auto;\">" +
<span>String(hum_setup1)</span> | String(hum_setup2)</span> + "</div>";
    }

    if (humidity < hum_setup1 || humidity < hum_setup2)

```



```

{
    web += "<div style=\"text-align: center;width: 98px;color:white ;padding:
10px    30px;background-color:    #a20909;margin:    0    auto;\">" +
<span>String(hum_setup1)</span> | String(hum_setup2)</span> + "</div>";
}

//+++++++ HUM SETUP ++++++++

web += "<p style=\"text-align: center;margin-top: 0px;margin-bottom:
5px;\">----HUM SETUP----</p>";

web += "<div style=\"text-align: center;margin: 5px 0px;\"> <a
href=\"socket2.1Off\"><button>HUM-</button></a>&nbsp;<a
href=\"socket2.1On\"><button>HUM+</button></a><a
href=\"socket2.2Off\"><button>HUM-</button></a>&nbsp;<a
href=\"socket2.2On\"><button>HUM+</button></a></div>";

// ++++++ HUM SETUP ++++++

//+++++++ GP2Y1010AU0F SETUP ++++++++

web += "<p style=\"text-align: center;margin-top: 0px;margin-bottom:
5px;\">----GP2Y1010AU0F DUST----</p>";

web += "<div style=\"text-align: center;width: 98px;color:white ;padding:
10px    30px;background-color:    #5191e4;margin:    0    auto;\">" +
String((float)dustDensity) + "</div>";

// ++++++ GP2Y1010AU0F SETUP ++++++

if (dustDensity >= dust_setup)
{
    web += "<div style=\"text-align: center;width: 98px;color:white ;padding:
10px 30px;background-color: #44ec5b;margin : 0 auto;\">" + String(dust_setup)) +
"</div>";
}

if (dustDensity < dust_setup)
{

```

```

web += "<div style=\"text-align: center;width: 98px;color:white ;padding:
10px 30px;background-color: #a20909;margin: 0 auto;\">" + String(dust_setup)) +
"</div>";

}

//+++++++ DUST SETUP ++++++

web += "<p style=\"text-align: center;margin-top: 0px;margin-bottom:
5px;\">----DUST SETUP----</p>";

web += "<div style=\"text-align: center;margin: 5px 0px;\"> <a
href=\"socket3Off\"><button>DUST-</button></a>&nbsp;<a
href=\"socket3On\"><button>DUST+</button></a></div>";

// ++++++ DUST SETUP ++++++

// =====REFRESH=====

web += "<div style=\"text-align:center;margin-top: 20px;\"><a
href=\"^\"><button style=\"width:158px;\">REFRESH</button></a></div>";

// =====REFRESH=====


web += "</div>";

return (web);

}

```