

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**

**ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ  
ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: “ **Проектування автоматизованої системи створення  
мікрокліматичних умов адмінбудівлі** ”

Виконав: студент гр. Акт-42сп  
Спеціальності 151 – «Автоматизація та  
комп'ютерно-інтегровані технології»  
(шифр і назва)

Ступак Мар'ян Ярославович

(Прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. Луб П.М.

(Прізвище та ініціали)

Рецензенти: к.т.н., доц. Бабич М.І.

(Прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(Прізвище та ініціали)

**ДУБЛЯНИ-2024**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Перший (бакалаврський) рівень вищої освіти  
151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

“ЗАТВЕРДЖУЮ”  
Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
д.т.н., проф. А.М. Тригуба  
“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2024 р.

## ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу студенту

Ступаку Мар'яну Ярославовичу

1. Тема роботи: « Проектування автоматизованої системи створення мікрокліматичних умов адмінбудівлі »

Керівник роботи Луб Павло Миронович, к.т.н., доцент  
Затверджені наказом університету 27.11.2023 року №641/к-с.

2. Строк подання студентом роботи 14.06.2024 р.

3. Початкові дані до роботи: 1. Кліматичні умови регіону розташування адмінбудівлі; 2. Методика розрахунку витрати вологи та температури приміщень; 3. Стандарти побудови вентиляційних систем.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки:

1. Аналіз виробничих умов та об'єкта проектування
2. Визначення мікрокліматичних режимів приміщення адмінбудівлі
3. Проектування автоматизованої системи створення мікроклімату
4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях
5. Техніко-економічне оцінення розробки
6. Висновки
7. Бібліографічний список.
8. Додатки

5. Перелік презентаційного матеріалу : Тема, автор, керівник магістерської роботи – 1 арк.; Аналіз впливу мікрокліматичних умов на працездатність – 1 арк.; Шкідливий вплив мікрокліматичних умов приміщення – 1 арк.; Аналіз апаратних платформ – 1 арк.; Результати визначення обсягів сумарних тепло надходжень – 1 арк.; Результати визначення режимів роботи автоматизованої системи – 1 арк.; Проектування автоматизованої системи – 1 арк.; Принципова електрична схема – 1 арк.; Результати ТЕО розробки – 1 арк.

6. Консультанти з розділів:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1, 2, 3, 4	Луб П.М., доцент кафедри інформаційних технологій		
5	Городецький І.М., доцент кафедри фізики, інженерної механіки та безпеки виробництва		

7. Дата видачі завдання 27.11.2023 р.

### **КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Етапи виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Написання першого розділу та означення головних завдань роботи	27.11.2023 – 01.01.2024	
2.	Виконання другого розділу та формування головних показників для розрахунків	01.01.2024 – 01.02.2024	
3.	Виконання третього розділу, розрахунків та розробка листів	01.02.2024 – 01.03.2024	
4.	Написання розділу: «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»	01.03.2024 – 01.04.2024	
5.	Вартісне оцінення ефективності пропозицій роботи	01.04.2024 – 01.05.2024	
6.	Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки та аркушів презентаційної частини	01.05.2024 – 01.06.2024	
7.	Завершення роботи в цілому	01.06.2024 – 14.06.2024	

Студент \_\_\_\_\_ Ступак М.Я.  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Луб П.М.  
(підпис)

УДК 681.5.03 : 628.83

Проектування автоматизованої системи створення мікрокліматичних умов адмінбудівлі. – Ступак М.Я. Кваліфікаційна робота. Кафедра ІТ. – Дубляни, Львівський НУП, 2024.

60 с. текст. част., 18 рис., 7 табл., 10 слайдів презентаційного матеріалу, 21 літ. джерел, 1 додаток.

Означено загальні поняття мікрокліматичних умов приміщення. Проаналізовано виробничі передумови автоматизації системи мікроклімату. Описано роль технології Інтернету речей для створення автоматизованої системи мікроклімату приміщення.

Виконано аналіз апаратних платформ для автоматизації системи.

Проаналізовано виробничі умови адміністративної будівлі. Проведено розрахунок коефіцієнта теплопередачі, балансу тепла та вологи приміщення, а також вологонадходження.

Запропоновано функціональну схему системи моніторингу мікроклімату. Виконано вибір елементів функціональних блоків системи. Розроблено принципову електричну схему та алгоритм роботи системи. Наведено код програми.

Розроблено заходи з охорони праці та захисту населення, охорони довкілля та захисту населення.

Проведено техніко-економічне оцінення розробки та визначено термін окупності капіталовкладень.

**Ключові слова:** проектування, автоматизація, система, мікроклімат, моніторинг, приміщення, електрична схема, алгоритм, робота.

**Key words:** design, automation, system, microclimate, monitoring, premises, electric scheme, algorithm, operation.

## **ЗМІСТ**

<b>ПЕРЕДМОВА</b>	6
<b>1. АНАЛІЗ ВИРОБНИЧИХ УМОВ ТА ОБ'ЄКТА ПРОЕКТУВАННЯ</b>	7
1.1. Виробничі передумови автоматизації системи мікроклімат	6
1.2. Технологія Інтернет речей для обміну даними через мережу	8
1.3. Аналіз апаратних платформ для автоматизації системи	10
<b>2. ВИЗНАЧЕННЯ МІКРОКЛІМАТИЧНИХ РЕЖИМІВ ПРИМІЩЕННЯ АДМІНБУДІВЛІ</b>	16
2.1. Аналіз виробничих умов адміністративної будівлі	16
2.2. Розрахунок коефіцієнта теплопередачі адміністративної будівлі	18
2.3. Теплонадходження в приміщення адмінбудівлі	23
2.4. Вологонадходження у приміщення адмінбудівлі	29
<b>3. ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ СТВОРЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ</b>	32
3.1. Функціональна схема системи моніторингу мікроклімату	32
3.2. Вибір елементів функціональних блоків системи	33
3.3. Принципова електрична схема та алгоритм роботи системи	38
<b>4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ</b>	45
4.1. Структурно-функціональний аналіз виробничого процесу та розроблення моделі травмонебезпечних ситуацій	45
4.2. Вимоги техніки безпеки під час роботи обладнання та протипожежні заходи	47
4.3. Розрахунок штучного заземлення	48
4.4. Захист цивільного населення	49
<b>5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОЦІНЕННЯ РОЗРОБКИ</b>	51
<b>ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ</b>	54
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b>	56
Додатки	58

## ПЕРЕДМОВА

Для сучасних будівель де працюють люди характерні значні теплонадходження у зв'язку із тенденцією ширшого використання стклопакетів, конструюванням стін із малоінерційними властивостями, високою інтенсивністю штучного освітлення, до збільшення кількості офісної техніки тощо.

Головний принцип, яким слід керуватися під час вибору технічного рішення у процесі проектування вентиляційних систем – досягнення бажаної мети в економічно доцільних межах. Це означає, що споживання тепла, холоду і електроенергії, а також капітальні витрати на , будівельну площу, займану ним мають бути наближені до їх мінімальних значень.

Актуальність кваліфікаційної роботи полягає у створенні елементів проекту автоматизованої системи забезпечення мікрокліматичних умов в адмінбудівлі. Об'єктом дослідження є система створення мікрокліматичних умов. Предметом дослідження є показники мікрокліматичних умов та вимоги до їх забезпечення в адмінбудівлі.

Природна вентиляція приміщень зумовлена різницею температур зовнішнього і внутрішнього повітря. Для посилення природної вентиляції проводять провітрювання приміщень через вікна, кватирки, фрамуги. Особливої уваги в цьому плані заслуговують, переважно в холодну пору року, фрамуги, їх влаштовують у верхній частині вікна і відкривають всередину під кутом 30-45° [9]. Зовнішнє холодне повітря йде спочатку вгору до стелі, потім, змішуючись з повітрям приміщення і нагріваючись, опускається вниз. Кватирки в житлових приміщеннях роблять розміром не менше 0,3 м<sup>2</sup>.

Мета роботи – спроектувати автоматизовану систему створення мікрокліматичних умов в приміщенні адмінбудівлі та підвищити ефективність її функціонування.

## **1. АНАЛІЗ ВИРОБНИЧИХ УМОВ ТА ОБ'ЄКТА ПРОЕКТУВАННЯ**

### **1.1. Виробничі передумови автоматизації системи мікроклімату**

Мікроклімат приміщення – сукупність змінних параметрів, які визначають стан внутрішнього середовища приміщення, виробничих цехів, складів тощо.

Мікрокліматичні показники значно впливають на самопочуття обслугованого персоналу, який перебуває у приміщенні підприємства, також на технологічний процес, працездатність та довговічність обладнання, збереження сировини і готової продукції.

Моніторинг показників мікроклімату потребує комплексного підходу – дуже важливо контролювати не тільки різні параметри приміщення, а й враховувати їхню взаємозалежність. Система контролю мікроклімату є обов'язковою ланкою для більшості промислових сфер, і потребує застосування спеціалізованого вимірювального обладнання, що відрізняється високими показниками точності.

Показники мікроклімату значно впливають на широкий спектр факторів, необхідних для нормальної життєдіяльності та роботи в приміщенні. Так від температури повітря на робочому місці безпосередньо залежить комфорт та працездатність працівників. Підтримка оптимальної температури у приміщенні дозволяє регулювати захисні процеси організмів, запобігати зростання захворюваності працівників, поширення інфекцій, зберегти стан продукції тощо.

Крім цього, температурна стабільність необхідна для здійснення виробничих процесів, зберігання матеріалів та продукції. Температурні показники тісно взаємопов'язані з рівнем відносної вологості повітря, у зв'язку з чим їх контролю часто залучають багатофункціональне устаткування. Для моніторингу застосовуються спеціальні вимірювачі температури та вологості повітря – термогігрометри.

Відносна вологість повітря грає важливу роль забезпечення комфортних умов на промислових об'єктах. Оптимальні показники вологості в приміщеннях необхідні для ефективної роботи та відпочинку, створення певних виробничих умов, виключення низки факторів, здатних завдати шкоди обладнанню та перешкоджати нормальному зберіганню матеріалів.

Швидкість руху повітряних потоків також необхідно враховувати для формування мікроклімату в офісних і виробничих приміщеннях. Контроль цього показника необхідний досягнення необхідного ступеня повітрообміну у приміщенні, надання сприятливого на здоров'я і самопочуття працівників. Одна і та ж швидкість руху повітря за різної температури може впливати на організм як позитивно, так і негативно. Саме тому для комплексного контролю та регуляції всіх мікрокліматичних параметрів застосовуються багатофункціональні прилади та комплекси моніторингу.

Прилади, що дозволяють здійснювати безперервний контроль мікрокліматичних показників, знаходять широке поширення у різноманітних галузях: 1) тепличні комплекси; 2) виробництво мікроелектроніки; 3) складські приміщення та сховища; 4) підприємства енергетики; 5) науково-дослідні установи; 6) сільськогосподарські комплекси; 7) центри стандартизації та метрології; 8) гідрометеорологія та ін.

## **1.2. Технологія Інтернет речей для обміну даними через мережу**

У наш час розвиток області Інтернет речей дозволяє створювати автоматизовані системи, які доступні будь-яким користувачам. Вони більш гнучкі, ефективні і економічні в порівнянні з ручним керуванням. За допомогою таких технологій можливо розробити автоматизований комплекс, який зможе управляти мікрокліматом в теплиці, що надалі призведе до більш якісного догляду за рослинами, а це відповідно спричинить за собою підвищений урожай. Витрата ресурсів при цьому буде знижуватися, так як



автоматизація дозволить вчасно прогнозувати необхідність залучення додаткових ресурсів.

В Україні ринок IoT тільки починає розвиватися, і його обсяг все ще незначний, але перші помітні проекти вже є. Про його Інтернету речей в Україні говорять вже кілька років. То тут, то там навіть з'являються невеликі проекти – в основному це пілотні, або тестові впровадження в сфері комунального або сільського господарства.

До недавнього часу великих проектів у нас не спостерігалось. Але не так давно за справу всерйоз взялася "велика трійка" операторів мобільного зв'язку – "Vodafone Україна", "Київстар" і lifecell розгорнули свої інфраструктури для Інтернету речей. При цьому перші дві компанії використовують для цього технологію Narrow Band Internet of Things (NB IoT), в той час як lifecell розгортає мережі LoRaWAN. Хронологічно першим мобільним оператором, який розпочав масштабні випробування IoT сервісів на базі NB IoT, став «Київстар». Компанія провела тестування підходів і технологій в даному напрямку ще в 2018 році.

На початку 2019 р з'явилися перші платні підключення на території Київської та Одеської областей, а повноцінний запуск мережі NB IoT в комерційну експлуатацію офіційно відбувся 7 листопада 2019 року. Крім згаданих регіонів сервіс доступний у Харківській, Дніпропетровській, Львівській, а також у найбільших містах нашої країни – Києві, Харкові, Одесі, Дніпрі, Львові.

Що ж стосується "розумного транспорту", то в цій сфері справа, в основному, обмежується підписанням всіляких меморандумів і протоколів про наміри між світовими виробниками, державними структурами нашої країни і різними галузевими асоціаціями. Іншими словами – реальних зрушень немає. Зате вельми активно почав розвиватися останнім часом сегмент "розумних будівель" на базі технологій IoT, особливо в новобудовах міст мільйонників. В цілому напрямок Інтернету речей в нашій країні розвивається, хоча і повільними темпами, втім, як і будь-які інші інновації.

### 1.3. Аналіз апаратних платформ для автоматизації системи

#### 1.3.1. Мікроконтролерна платформа Arduino

На сьогоднішній час є кілька платформ для розробки системи віддаленого контролю кліматичних параметрів приміщення. Розглянемо найпопулярнішу – Arduino [12]. Arduino це тип мікроконтролера, який реалізовано на базі мікроконтролера Atmega. Існує багато видів реалізації цієї платформи. Розглянемо її властивості на прикладі Arduino Uno рисунку 2.1.

Вказаний пристрій є досить дешевим та володіє хорошим функціоналом у поєднанні з хорошою надійністю орієнтовна його вартість складає 150 грн. Він має у своєму складі 14 цифрових входів/виходів, режим роботи яких може змінюватися.

Ця платформа є досить популярною на сьогоднішній час. Насамперед це обумовлено тим, що вона володіє хорошим функціоналом та має приємну вартість. По реалізованих функціях її можна прирівняти до потужних промислових контролерів. також вказана платформа має зручну реалізацію мови програмування та є легкою в освоєнні, водночас дозволяючи створювати автоматизовані системи складного рівня.

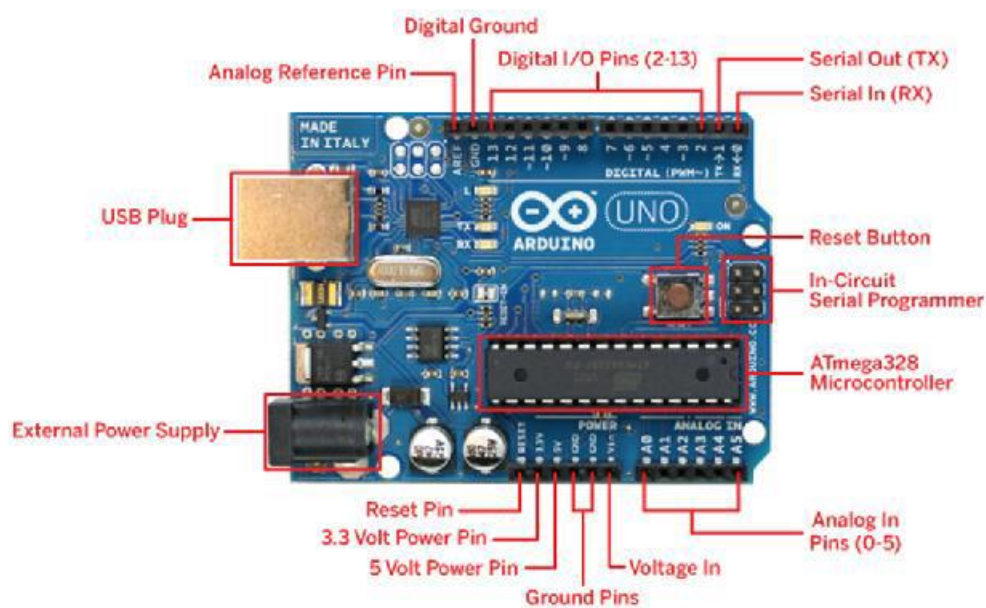


Рис. 2.1 – Загальний вигляд контролера Arduino Uno

Єдиним недоліком такої системи, на нашу думку, є необхідність встановлення додаткових модулів для можливості зв'язку та передачі даних через мобільні або Інтернет мережі. Також до недоліку слід віднести неможливість роботи в екстремальних умовах. Оскільки система буде працювати в житлових приміщеннях, критично екстремальних умов в них не буде, тому останнім недоліком можна знехтувати.

Щодо програмування, то середовище розробки керуючих програм, а також синтаксис самого коду є подібним до C++, який на даний час вже став загально прийнятим та відомим у світі. Це дозволяє скоротити підготовку фахівців для створення програм та проектів.

Arduino Mega 2560 – власне кажучи, на базі ATmega2560 плата мікроконтролерна. Ця платформа несе на собі 16 аналогових входів, зокрема, 54 піни цифрового вводу-виводу (15 можливістю ШІМ), 4 всеосяжні апаратні поступові порти (ЮАРТ), частоту тактового генератора 16 МГц на рисунку 2.2.

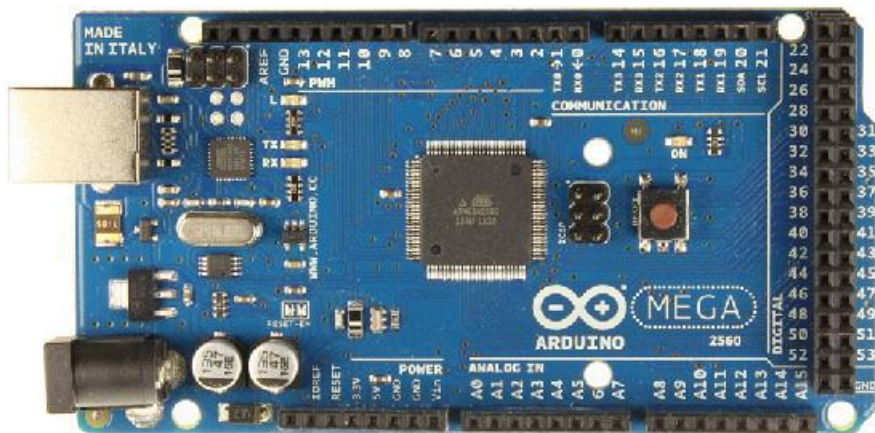


Рис. 2.2 – Платформа Arduino Mega

Реалізація Arduino Due, наприклад, використовує SAM3X8E Atmel ARM Cortex-M3, не відомий AVR-мікроконтролер. Це нова плата, яка користується при своїй роботі на всю потужність 32-розрядний процесор ядра ARM.

Платформа володіє 12 аналоговими входами, 54 виводами цифрового вводу-виводу (12 широтно-імпульсних модуляцій), 4 ЮАРТ, частота

диригування 84 МГц, також наявна змога підключення 2 ЦАП, власне кажучи, USB, зокрема, 2 TWI, роз'єми SPI і JTAG і багато іншого на рисунку 2.3.

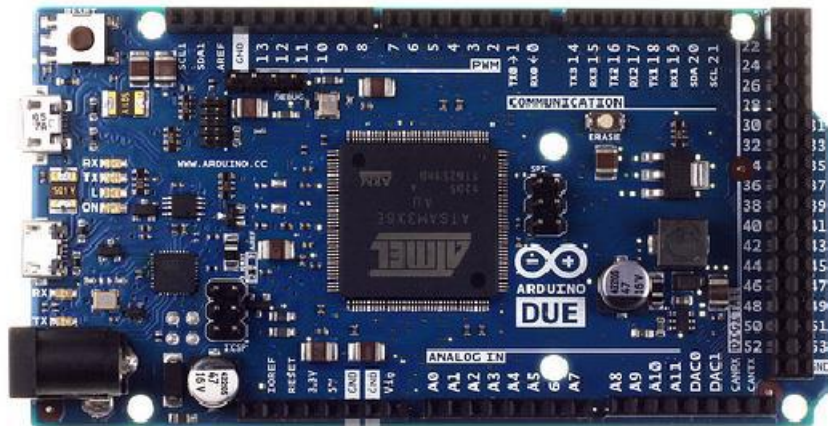


Рис. 2.3 – Платформа Arduino Due

Також в даному аспекті необхідно згадати і про таку платформу як Raspberry Pi. На відміну від Arduino, яка є повноцінним контролером Разбері є повноцінним ПЦ. Реалізації на ньому дещо складніші, вартість дещо вища, проте можливості також ширші на рисунку 2.4.

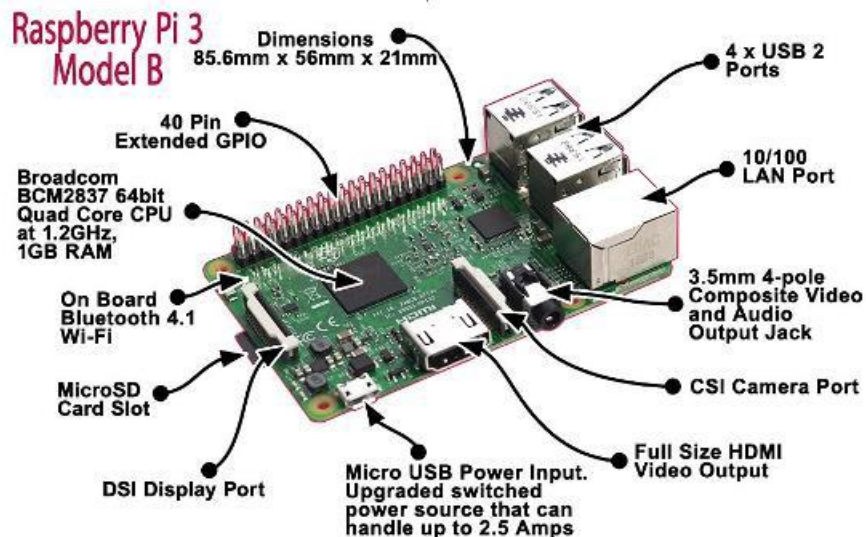


Рис. 2.4 – Платформа Raspberry Pi

Для реалізації автоматизованих систем, які працюють з датчиками в режимі реального часу також підходить Arduino. Якщо ж необхідно аналізувати

статистику з використанням методів математичного аналізу, прогнозування, статистики, моделювання – краще використовувати Raspberry Pi [14].

Однією з класу невеликих програм є Raspberry Pi. Простими словами, Linux – комп'ютер з безпроводним Інтернетом, який ви отримаєте підключивши бездротовий модуль. Платформа Ардуіно надає підтримку додаткам периферійних пристроїв, так званих шилдів, які теж дають можливість підключитись до Інтернету, але з обмеженим доступом.

### **1.3.2 Мікроконтролер ESP 8266 з інтерфейсом Wi-Fi**

Не дивлячись на те, що Arduino та Raspberry мають купу суттєвих переваг у деяких випадках при наявності конкретних реалізацій є певні платформи, які набагато зручніше використовувати. В нашому випадку акцент ставиться на дистанційне управління та контроль параметрів мікроклімату з можливістю керування виконавчими механізмами. При цьому високі вимоги до надійності та роботи в екстремальних умовах не вимагаються. Тому доцільно також розглянути дешевші платформи, які володіють потрібним нам функціоналом (кількість входів, виходів) та наявністю вмонтованого модуля, який може передавати дані в Інтернет без додаткових девайсів.

Такою платформою, на нашу думку, є ESP 8266[15].

Даний пристрій – це розробка компанії Espressif Systems. Це автономний контролер з вбудованим Wifi модулем, який практично без будь-яких додаткових налаштувань під'єднується до мережі Інтернет. В нашій реалізації такий модуль якраз найбільше підходить, оскільки має нижчу вартість при всіх таких самих перевагах в порівнянні з Arduino. Як базове середовище передачі даних – Wifi є самим оптимальним, оскільки в будь-якій будівлі, де необхідно контролювати параметри мікроклімату є безпроводний Інтернет. Таке виконання системи забезпечує її впровадження без потреби встановлення додаткових кабелів, коробів, свердління стін, перестановки

меблів, тощо. Тобто процес провадження дистанційного контролю та самої інформаційної системи значно спрощується, так ще й вартість набагато нижча.

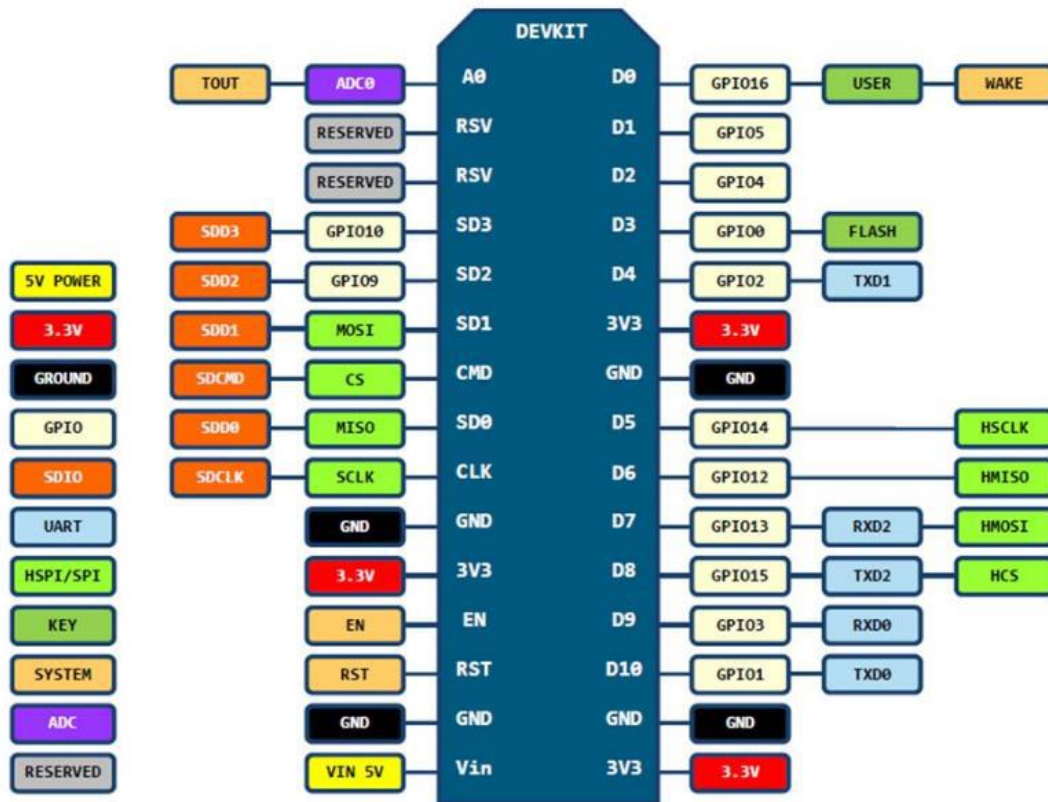


Рис. 2.5 – Розпіновка та логічне значення виводів ESP 8266 Node MCU

Характеристики модуля:

- вбудований WiFi стандарту 802.11 b / n / g;
- Набір режимів роботи STA / AP / STA + AP;
- наявний прошитий стек протоколів TCP/IP з підтримкою 5 клієнтських підключень (що у нашому випадку цілком достатньо);
- Вихідне значення струму 15 мА;
- Діапазон напруги живлення: 4,5 – 10 В або 5 В живлення від USB;
- Споживання енергії: при роботі з обміном даними – від 70 до 200 мА, при очікуванні < 70 мА;
- Швидкість передачі даних: 110 – 460800 б/сек;
- Підтримка інтерфейсів передачі даних типу UART/GPIO;
- можливість зміни прошивки через USB або із хмарних сервісів;
- габарити платформи: 48x26 мм;

- Вага: близько 18 г.

### 1.3.3 Промислові контролери

На відміну від відкритих систем, таких як Arduino, промислові контролери несуть в собі певну гарантію виконання необхідних операцій та вимог безпеки та захищеності автоматизованих інформаційних систем. Помилка роботи контролера у промисловості може привести до значних фінансових втрат, а в деяких випадках і до людських жертв. Тому контролери та давачі промислових систем володіють більшою захищеністю відносно відкритих систем та, відповідно і більшою вартістю. Також в таких промислових реалізаціях присутні високі вимоги до захищеності передавальних даних та сигналів, оскільки навіть канали зв'язку можуть перебувати в екстремальних робочих умовах та під впливом різного роду завад механічного, електромагнітного характеру. Ці всі показники відбиваються на вартості. Тому використання промислових контролерів є надійним, проте дуже дорогим. Впровадження таких систем гарантується системним інтегратором на певний період часу [16], [17]. При промисловому виконання системний інтегратор, з огляду на підвищену безпеку, рідко дозволяє проводити модифікування деяких елементів програмної реалізації. Не розкриває принципів роботи та реалізації окремих модулів чи протоколів передачі даних. На даний момент у промисловості склалася тенденція переходу до відкритих систем, все більше виробників розкривають принципи реалізації своїх продуктів. Проте цей процес довготривалий, оскільки зв'язаний з великою відповідальністю промислової апаратури, та великими масштабами помилок, якщо вони наявні.

До відомих брендів, які виготовляють лінійки контролерів та продукції відносять такі, як: Emerson, Honeywell, Wago, Siemens, Schneider, Овен, тощо.

## 2. ВИЗНАЧЕННЯ МІКРОКЛІМАТИЧНИХ РЕЖИМІВ ПРИМІЩЕННЯ АДМІНБУДІВЛІ

### 2.1. Аналіз виробничих умов адміністративної будівлі

У кваліфікаційній роботі передбачена установка припливного агрегату "Systemair - Danvent DV 10", продуктивністю по зовнішньому повітрю 1770 м<sup>3</sup>/год. Головним чинником, що визначає енергоспоживання і капітальні витрати СВ, являються витрати на роботу системи.

Різниця між теплонадходженнями і тепловтратами приміщення називається *теплонадлишками* приміщення (якщо різниця більше нуля), або *теплонестачею* (якщо різниця негативна). У вентиляованих приміщеннях, як правило, навіть в холодний період року (при працюючому опалюванні) мають місце тепло надлишки.

Теплонадходження у вентиляовані приміщення житлових і громадських будівель складається в основному із наступних потоків теплоти: 1) від людей; 2) від сонячної радіації (у теплий і перехідний періоди року); 3) від штучного освітлення; 4) від працюючих опалювальних приладів систем опалювання (у холодний період); 5) від технологічного устаткування, розташованого в приміщенні; 6) від інших джерел теплоти (нагрітих поверхонь устаткування, гарячої води тощо); 7) від водяної пари (прихована теплота), що надходить в приміщення.

Тепловтрати вентиляованого приміщення мають місце в холодний і перехідний періоди року і складається з втрат теплоти: 1) через зовнішні огорожі (за розрахункових температурних умов усередині і зовні приміщення, прийнятих для режиму вентиляції або кондиціонування повітря); 2) на нагрів інфільтрованого через зовнішні огорожі повітря (головним чином через вікна); 3) на нагрів матеріалу, що ввозиться, і засобів транспорту (гаражі, пральні, поштові установи тощо), що в'їжджають в приміщення; 4) на нагрів повітря, що



надходить в приміщення через зовнішні двері, що періодично відкриваються, або ворота.

Тепло- і вологонадходження від людей визначають за таблицею 2.1. [12] з урахуванням температури внутрішнього повітря в приміщенні та інтенсивності фізичного навантаження людей (дод. А).

Таблиця 2.1. Кількість теплоти і вологи, що виділяється дорослими працівниками

Показник	Кількість тепла, людиною Вт/чол, і вологи $m_{л}$ , г/(год·люд), що виділяється одною людиною при температурі повітря в приміщенні, °С					
	10	15	20	25	30	35
В стані спокою						
Теплота явна, $q_{л.я}$ %	140	120	90	60	40	10
Повна $q_{л.п}$	165	145	120	95	95	95
Волога $m_{л}$	30	30	40	50	75	115
При легкій роботі						
$q_{л.я}$	150	120	99	65	40	5
$q_{л.п}$	130	160	151	145	145	145
$m_{л}$	40	55	75	115	150	200
При роботі середньої важкості						
$q_{л.я}$	165	135	105	70	40	5
$q_{л.п}$	215	210	205	200	200	200
$m_{л}$	70	110	140	185	230	230
При важкій роботі						
$q_{л.я}$	200	165	130	95	50	10
$q_{л.п}$	290	290	290	290	290	290
$m_{л}$	135	185	240	295	355	415

**Примітка:** для жінок значення із таблиці необхідно помножити на 0,85; для дітей – на 0,75.

У більшості приміщень цивільних будівель для загальнообмінної вентиляції припливні і витяжні пристрої можна розміщувати у верхній частині.

## 2.2. Розрахунок коефіцієнта теплопередачі адміністративної будівлі

Розраховуємо нормований коефіцієнт теплопередачі зовнішньої стіни, за допомогою температуро-днів опалювального періоду для м. Львів:

$$D = (t_{в.х} - t_{ср.от}) \cdot Z_{от.п}, \quad (2.1)$$

де  $Z$  – тривалість опалювального періоду,  $Z=214$  суток (За СНиП);  $t_{ср.от}$  – середня температура опалювального періоду,  $t_{ср.от} = - 3,1^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{в.х}$  – температура внутрішнього повітря в холодний період року,  $t_{в.х}=23^{\circ}\text{C}$ .

$$D = (t_{в.х} - t_{ср.от}) \cdot Z_{от.п} = (23 + 3,1) \cdot 214 = 5157,4 \text{ градусо-днів.}$$

Для отриманого значення градусо-днів за допомогою таблиці визначаємо опір теплопередачі [12]:

$$R = 2,75 \text{ м}^2 \text{ }^{\circ}\text{C} / \text{Вт},$$

$$K_{н} = 1/R = 1/2,75 = 0,36 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}).$$

Коефіцієнт теплопередачі зовнішніх конструкцій:

$$K_{н} = \frac{1}{\left[ \frac{1}{\alpha_{н}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн}} \right]}, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{K}}, \quad (2.2)$$

де  $\alpha_{н}$  і  $\alpha_{вн}$  – коефіцієнти тепловіддачі, відповідно для зовнішньої і внутрішньої поверхонь стіни.

Термічний опір зовнішньої поверхні зовнішніх стін :

$$1/\alpha_{н} = 0,057 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{K}}{\text{Вт}}.$$

Термічний опір внутрішньої поверхні приміщення з помірною циркуляцією повітря :

$$1/\alpha_{вн} = 0,111 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{K}}{\text{Вт}}.$$

Зовнішня стіна складається з декількох шарів (рис. 2.1.).

Штукатурка ( $\delta_{ш}=25\text{мм}$ ;  $\lambda_{ш}=0,88 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{K})$ );

Цегляна кладка ( $\delta_{к}=750\text{мм}$ ;  $\lambda_{к}=0,82 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{K})$ );

Теплоізоляція ( $\delta_{ш}=50\text{мм}$ ;  $\lambda_{ш}=0,036 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{K})$ );

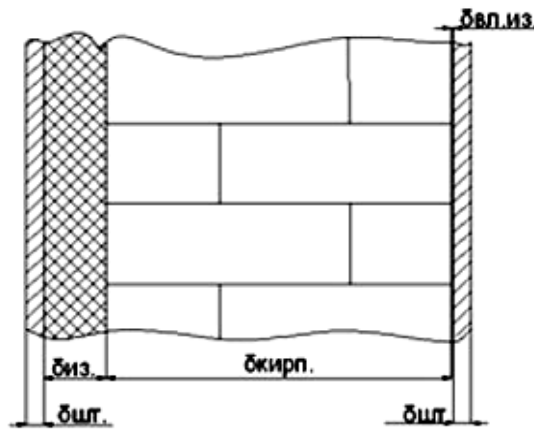


Рис. 2.1. Параметри стіни будівлі

Загальна товщина стіни  $\delta = 25 \cdot 2 + 750 + 50 = 850$  мм.

Сумарний термічний опір конструкції:

$$\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 2,36 \frac{m^2 \cdot K}{Вт}$$

Коефіцієнт теплопередачі конструкції рівний:

$$K_H = 0,33 \frac{Вт}{m^2 \cdot K}$$

### 2.3. Розрахунок балансу тепла та вологи приміщення

Сумарне теплонадходження, Вт [12]:

$$\Sigma Q = \Sigma Q_{огр} + Q_{л} + Q_{осв} + Q_{орг}, \quad (2.3)$$

де  $\Sigma Q_{огр}$  – сумарні теплонадходження через сіну, Вт;  $Q_{л}$  – теплонадходження від людей, Вт;  $Q_{осв}$  – теплонадходження від штучного освітлення, Вт;  $Q_{орг}$  – теплонадходження від оргтехніки, Вт.

Сумарне теплонадходження через навколишні стіни, Вт:

$$\Sigma Q_{огр} = \Sigma Q_{огр. \Delta t} + \Sigma Q_{огр. с. р} + \Sigma Q_{инф}, \quad (2.4)$$

де  $Q_{огр. \Delta t}$  – теплонадходження через навколишні стіни внаслідок теплопередачі, Вт;  $Q_{огр. с. р}$  – теплонадходження через навколишні стіни внаслідок сонячної

радіації, Вт;  $Q_{\text{инф}}$  - теплонадходження через навколишні стіни внаслідок інфільтрації, Вт.

Теплонадходження через навколишні стіни внаслідок теплопередачі, Вт:

$$\Sigma Q_{\text{огр. } \Delta t} = Q_{\text{огр. н}} + Q_{\text{огр. в}} + Q_{\text{огр. п}} + Q_{\text{св. пр}}, \quad (2.5)$$

де  $Q_{\text{огр. н}}$  - теплонадходження через зовнішні стіни, Вт;  $Q_{\text{огр. в}}$  - теплонадходження через внутрішні стіни, Вт;  $Q_{\text{огр. п}}$  - теплонадходження через перекриття, Вт;  $Q_{\text{св. пр}}$  - теплонадходження через світлові рами, Вт.

$$Q_{\text{огр. н}} = k_{\text{н}} \cdot F_{\text{н}} \cdot (t_{\text{н}} - t_{\text{в}}), \quad (2.6)$$

де  $k_{\text{н}}$  - коефіцієнт теплопередачі зовнішніх стін,  $\left[ \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \right]$ ;  $F_{\text{н}}$  - площа тепло передаючої поверхні зовнішніх стін,  $\text{м}^2$ ;  $t_{\text{н}}$  - розрахункова температура зовнішнього повітря,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{\text{в}}$  - розрахункова температура повітря в приміщенні,  $^{\circ}\text{C}$ .

$$Q_{\text{огр. в}} = k_{\text{в}} \cdot F_{\text{в}} \cdot (t_{\text{см}} - t_{\text{в}}), \quad (2.7)$$

де  $k_{\text{в}}$  - коефіцієнт теплопередачі внутрішніх стін,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ ;  $F_{\text{в}}$  - площа тепло передаючої поверхні внутрішніх стін,  $\text{м}^2$ ;  $t_{\text{см}}$  - розрахункова температура повітря в сусідньому приміщенні,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{\text{в}}$  - розрахункова температура повітря в приміщенні,  $^{\circ}\text{C}$ .

$$Q_{\text{огр. п}} = k_{\text{п}} \cdot F_{\text{п}} \cdot (t_{\text{см}} - t_{\text{в}}), \quad (2.8)$$

де  $k_{\text{п}}$  - коефіцієнт теплопередачі перекриття,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ ;  $F_{\text{п}}$  - площа тепло передаючої поверхні перекриття,  $\text{м}^2$ ;  $t_{\text{в}}$  - розрахункова температура повітря в приміщенні для теплого періоду,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{\text{см}}$  - розрахункова температура повітря в сусідньому приміщенні,  $^{\circ}\text{C}$ .

**Примітка:** оскільки параметри повітря в сусідніх приміщеннях приблизно дорівнюють параметрам внутрішнього повітря (різниця температур не перевищує  $4^{\circ}\text{C}$ ), то теплонадходження через внутрішні стіни і перекриття не враховуватимемо [11]

$$Q_{\text{св. пр}} = k_{\text{св. пр}} \cdot F_{\text{св. пр}} \cdot (t_{\text{н}} - t_{\text{в}}), \quad (2.9)$$

де  $k_{\text{св.пр}}$  - коефіцієнт теплопередачі вікна,  $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$ ;  $F_{\text{св.пр}}$  - площа вікон,  $м^2$ ;  
 $t_n$  - розрахункова температура зовнішнього повітря,  $^{\circ}С$ ;  $t_v$  - розрахункова температура повітря в приміщенні,  $^{\circ}С$ .

**Примітка:**  $k_{\text{св.пр}} = 2,56 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$ , для подвійного вікна в дерев'яних спарених їх варіантах.

Теплонадходження через стіни внаслідок сонячної радіації, Вт [11]:

$$\Sigma Q_{\text{огр. н. с. р}} = Q_{\text{огр. н. с. р}} + Q_{\text{св. пр. с. р}}, \quad (2.10)$$

де  $Q_{\text{огр. н. с. р}}$  - теплонадходження через зовнішні стіни внаслідок сонячної радіації, Вт;  $Q_{\text{св. пр. с. р}}$  - теплонадходження через вікна від сонячної радіації, Вт.

$$Q_{\text{огр. н. с. р}} = k_n \cdot F_n \cdot \Delta t_{\text{солн}}, \quad (2.11)$$

де  $k_n$  - коефіцієнт теплопередачі зовнішніх стін,  $\left[ \frac{Вт}{м^2 \cdot К} \right]$ ;  $F_n$  - площа поверхні зовнішніх стін,  $м^2$ ;  $\Delta t_{\text{солн}}$  - надлишкова різниця температур, що враховує дію сонячної радіації,  $^{\circ}С$ .

**Примітка:** для стіни, покритої світлою штукатуркою, орієнтованої на південь  $\Delta t_{\text{солн}} = 5,56 \text{ }^{\circ}С$ , орієнтованої на північ  $\Delta t_{\text{солн}} = 0$ .

Для холодного періоду  $\Delta t_{\text{солн}} = 0$ , отже теплонадходження від дії сонячної радіації не враховуватимемо.

$$Q_{\text{св. пр. с. р}} = q_{\text{св. пр}} \cdot F_{\text{св. пр}}, \quad (2.12)$$

де  $F_{\text{св. пр}}$  - площа поверхні вікон,  $м^2$ ;  $q_{\text{св. пр}}$  - кількість тепла що надходить через вікна та сонячної радіації  $\frac{Вт}{м^2}$ , становить [11]:

$$q_{\text{св. пр}} = (q_{\text{п.р}} + q_{\text{р.р}}) \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (2.13)$$

де  $q_{\text{п.р}}$  - кількість тепла що надходить від прямої сонячної радіації,  $\frac{Вт}{м^2}$ ;

$q_{\text{р.р}}$  - кількість тепла що надходить від розсіяної сонячної радіації,  $\frac{Вт}{м^2}$ ;

$K_1$  - коефіцієнт, що враховує затемнення вікон ( $K_1 = 0,6 \div 1$ );  $K_2$  - коефіцієнт, що враховує забрудненість вікон ( $K_2 = 0,75 \div 1$ ).

**Примітка:**  $q_{\text{п.р}} = 128 \frac{Вт}{м^2}$ , для вертикального вікна, орієнтованого на

південь;

$$q_{p.p} = 85 \frac{Вт}{м^2}, \text{ для горизонтального вікна, орієнтованого на південь;}$$

$$q_{п.р} = 0, \text{ для вертикального вікна, орієнтованого на північ;}$$

$$q_{p.p} = 61 \frac{Вт}{м^2}, \text{ для горизонтального вікна, орієнтованого на північ;}$$

$K_1 = 0,8$ ;  $K_2 = 0,8$ , коли для вертикального вікна орієнтованого на південь:

$$q_{св.пр} = (128 + 85) \cdot 0,8 \cdot 0,8 = 136,32 \frac{Вт}{м^2}.$$

Для вертикального вікна, орієнтованого на північ:

$$q_{св.пр} = (0 + 61) \cdot 0,8 \cdot 0,8 = 39,04 \frac{Вт}{м^2}.$$

Теплонадходження через стіну внаслідок інфільтрації, Вт [12]:

$$\Sigma Q_{инф} = Q_{инф. о} + Q_{инф. дв}, \quad (2.14)$$

де  $Q_{инф. о}$  – теплонадходження через вікна через інфільтрацію;  
 $Q_{инф. дв}$  – теплонадходження через двері через інфільтрацію.

**Примітка:** Теплонадходження через двері в зовнішніх стінах не враховуватимемо, оскільки передбачений баланс приміщень за повітрям. Оскільки в приміщеннях адмінбудівлі передбачені склопакети, що мають високу герметичність, то інфільтрація через віконні отвори не враховуватимемо.

Теплонадходження від людей, Вт:

$$Q_{л} = q_{л.п} \cdot n_{чол}, \quad (2.15)$$

де  $q_{л}$  – кількість повного тепла, що виділяється однією людиною, Вт;  $n_{чол}$  – кількість людей, що одночасно знаходяться в приміщенні.

**Примітка:** для працівників приймаємо: теплий період  $q_{л.т} = 100$  Вт, холодний період  $q_{л.х} = 120$  Вт.

Теплонадходження від штучного освітлення, Вт:

$$Q_{осв} = q_{осв} \cdot F_{пом}, \quad (2.16)$$

де  $F_{пом}$  – площа освітлюваного приміщення,  $м^2$ ;  $q_{осв}$  – питоме виділення тепла на

одиницю площі приміщення,  $\frac{Вт}{м^2}$ .

Теплонадходження від оргтехніки, Вт [11]:

$$Q_{орг} = \Sigma N_{орг}, \quad (2.17)$$

де  $\Sigma N_{орг}$  – загальна потужність усіх видів оргтехніки, Вт.

### 2.3. Теплонадходження в приміщення адмінбудівлі

Приміщення №201. Приміщення адміністратора (Дод. А).

Теплонадходження через стіни внаслідок теплопередачі [12]:

$$\Sigma Q_{орг. \Delta t} = Q_{орг. н} + Q_{св. пр}, \quad Вт; \quad (2.18)$$

$$Q_{орг. н} = k_n \cdot F_n \cdot (t_{н.т} - t_{в.т}) = 0,33 \cdot 13,66 \cdot (26,3 - 23) = 15 \text{ Вт};$$

$$Q_{св. пр} = k_{св. пр} \cdot F_{св. пр} \cdot (t_{н.т} - t_{в.т}) = 2,56 \cdot 5,04 \cdot (26,3 - 23) = 43 \text{ Вт};$$

$$F_n = l_{стїни} \cdot h_{стїни} - 2 \cdot (l_{вікна} \cdot h_{вікна}) = 4,92 \cdot 3,8 - 2 \cdot (1,2 \cdot 2,1) = 18,7 - 5,04 = 13,66 \text{ м}^2;$$

$$\Sigma Q_{орг. \Delta t} = 15 + 43 = 58 \text{ Вт}.$$

Теплонадходження через стіни внаслідок сонячної радіації:

$$\Sigma Q_{орг. с. р} = Q_{орг. н. с. р} + Q_{св. пр. с. р}, \quad Вт, \quad (2.19)$$

$$Q_{орг. н. с. р} = k_n \cdot F_n \cdot \Delta t_{солн} = 0,33 \cdot 13,66 \cdot 5,56 = 25 \text{ Вт};$$

$$Q_{св. пр. с. р} = q_{св. пр} \cdot F_{св. пр} = 136,32 \cdot 5,04 = 687 \text{ Вт};$$

$$\Sigma Q_{орг. с. р} = 25 + 687 = 712 \text{ Вт}.$$

Теплонадходження від людей:

В приміщенні адміністратора 2і людини.

$$Q_{л} = q_{л} \cdot n_{чол} = 2 \cdot 100 = 100 \text{ Вт}.$$

Теплонадходження від штучного освітлення:

Прийmemo  $q_{осв} = 25 \text{ Вт}$  на  $1 \text{ м}^2$  площі приміщення, тоді

$$Q_{осв} = q_{осв} \cdot F_{пом} = 25 \cdot 40,86 = 1022 \text{ Вт}.$$

Теплонадходження від оргтехніки:

В приміщенні знаходяться: 1 комп'ютер ( $N_{ком}=65 \text{ Вт}$ ), 1 монітор ( $N_{мон}=70 \text{ Вт}$ ), 1 малий настільний лазерний принтер ( $N_{пр}=130 \text{ Вт}$ ), и факс

( $N_{\text{факс}}=30\text{Вт}$ ), тоді

$$Q_{\text{орг}} = \Sigma N_{\text{орг}} = 65 + 70 + 130 + 30 = 295 \text{ Вт.}$$

Приміщення №202. Кабінет 1. Теплонадходження через стіни внаслідок теплопередачі:

$$\Sigma Q_{\text{огр. } \Delta t} = Q_{\text{огр. н}} + Q_{\text{св. пр}}, \text{ Вт} \quad (2.20)$$

$$Q_{\text{огр. н}} = k_{\text{н}} \cdot F_{\text{н}} \cdot (t_{\text{н.т}} - t_{\text{в.т}}) = 0,33 \cdot 27,35 \cdot (26,3 - 23) = 30 \text{ Вт};$$

$$Q_{\text{св. пр}} = k_{\text{св. пр}} \cdot F_{\text{св. пр}} \cdot (t_{\text{н.т}} - t_{\text{в.т}}) = 2,56 \cdot 10,08 \cdot (26,3 - 23) = 86 \text{ Вт};$$

$$F_{\text{н}} = l_{\text{стены}} \cdot h_{\text{стены}} - 2 \cdot (l_{\text{окна}} \cdot h_{\text{окна}}) = 9,85 \cdot 3,8 - 4 \cdot (1,2 \cdot 2,1) = 37,43 - 10,08 = 27,35 \text{ м}^2;$$

$$\Sigma Q_{\text{огр. } \Delta t} = 30 + 86 = 116 \text{ Вт.}$$

Теплонадходження через стіни внаслідок сонячної радіації [12]:

$$\Sigma Q_{\text{огр. с. р}} = Q_{\text{огр. н. с. р}} + Q_{\text{св. пр. с. р}}, \text{ Вт}, \quad (2.21)$$

$$Q_{\text{огр. н. с. р}} = k_{\text{н}} \cdot F_{\text{н}} \cdot \Delta t_{\text{солн}} = 0,33 \cdot 27,35 \cdot 5,56 = 51 \text{ Вт};$$

$$Q_{\text{св. пр. с. р}} = q_{\text{св. пр}} \cdot F_{\text{св. пр}} = 136,32 \cdot 10,08 = 1375 \text{ Вт};$$

$$\Sigma Q_{\text{огр. с. р}} = 51 + 1375 = 1426 \text{ Вт.}$$

Теплонадходження від людей. Прийнемо, що в кабінеті одночасно можуть знаходитись 3 людини, тоді:

$$Q_{\text{л}} = q_{\text{л}} \cdot n_{\text{чол}} = 3 \cdot 100 = 300 \text{ Вт.}$$

Теплонадходження від штучного освітлення. Прийнемо  $q_{\text{осв}} = 35 \text{ Вт}$  на  $1\text{м}^2$  площі приміщення, тоді

$$Q_{\text{осв}} = q_{\text{осв}} \cdot F_{\text{пом}} = 35 \cdot 48,41 = 1695 \text{ Вт.}$$

Теплонадходження від оргтехніки. В приміщенні знаходяться: 1 комп'ютер ( $N_{\text{ком}}=65 \text{ Вт}$ ), 1 монітор ( $N_{\text{мон}}=70\text{Вт}$ ), 1 малий настільний лазерний принтер ( $N_{\text{пр}}=130 \text{ Вт}$ ), і телевізор ( $N_{\text{тел}}=80 \text{ Вт}$ ), тоді

$$Q_{\text{орг}} = \Sigma N_{\text{орг}} = 65 + 70 + 320 + 80 = 535 \text{ Вт.}$$

Приміщення №211. Кімната співробітників 1. Теплонадходження через стіни внаслідок теплопередачі:

$$\Sigma Q_{\text{огр. } \Delta t} = Q_{\text{огр. н}} + Q_{\text{св. пр}}, \text{ Вт} \quad (2.22)$$

$$Q_{\text{огр. н}} = k_{\text{н}} \cdot F_{\text{н}} \cdot (t_{\text{н.т}} - t_{\text{в.т}}) = 0,33 \cdot 29,73 \cdot (26,3 - 23) = 33 \text{ Вт};$$

$$Q_{\text{св. пр}} = k_{\text{св. пр}} \cdot F_{\text{св. пр}} \cdot (t_{\text{н.т}} - t_{\text{в.т}}) = 2,56 \cdot 12,6 \cdot (26,3 - 23) = 107\text{Вт};$$

$$F_{\text{н}} = l_{\text{стены}} \cdot h_{\text{стены}} - 2 \cdot (l_{\text{окна}} \cdot h_{\text{окна}}) = 11,14 \cdot 3,8 - 5 \cdot (1,2 \cdot 2,1) = 42,33 - 12,6 = 29,73 \text{ м}^2;$$



$$\Sigma Q_{\text{огр. } \Delta t} = 33 + 107 = 140 \text{ Вт.}$$

Теплонадходження через стіни внаслідок сонячної радіації:

$$\Sigma Q_{\text{огр. с. р}} = Q_{\text{огр. н. с. р}} + Q_{\text{св. пр. с. р}}, \text{ Вт,} \quad (2.23)$$

$$Q_{\text{огр. н. с. р}} = k_n \cdot F_n \cdot \Delta t_{\text{солн}} = 0,33 \cdot 29,73 \cdot 5,56 = 55 \text{ Вт};$$

$$Q_{\text{св. пр. с. р}} = q_{\text{св. пр}} \cdot F_{\text{св. пр}} = 136,32 \cdot 12,6 = 1718 \text{ Вт};$$

$$\Sigma Q_{\text{огр. с. р}} = 55 + 1718 = 1773 \text{ Вт.}$$

Теплонадходження від людей. Прийемо, що в кімнаті одночасно працюють 6 людей, тоді [11]:

$$Q_{\text{л}} = q_{\text{л}} \cdot n_{\text{чол}} = 6 \cdot 100 = 600 \text{ Вт.}$$

Таблиця 2.2. Результати визначення сумарного теплонадходження в теплий період року

Приміщ. №	$\Sigma Q_{\text{огр. } \Delta t, \text{ т}}$ Вт	$\Sigma Q_{\text{огр. с. р. т}}$ Вт	$Q_{\text{л. т}}$ Вт	$Q_{\text{осв}}$ Вт	$Q_{\text{орг}}$ Вт	$\Sigma Q_{\text{т}}$ кВт
101	16	27	200	1349	205	1,95
201	58	712	200	1022	295	1,74
202	116	1426	300	1695	535	2,92
205	83	295	1200	782	504	2,83
206	-	-	-	229	-	0,26
207	62	197	-	489	-	0,61
208	53	705	200	696	535	1,65
209	-	-	-	211	-	0,23
210	53	197	600	530	252	1,58
211	140	1773	600	1957	1990	5,16
212	108	394	500	1877	1855	4,78
213	54	197	400	421	702	1,74
216	-	-	-	126	1000	1,24

- тепло надходження не враховуються.

Теплонадходження від штучного освітлення. Прийемо  $q_{\text{осв}} = 30$  Вт на  $1 \text{ м}^2$  площі приміщення, тоді

$$Q_{\text{осв}} = q_{\text{осв}} \cdot F_{\text{пом}} = 30 \cdot 65,22 = 1957 \text{ Вт.}$$

Теплонадходження від оргтехніки. В приміщенні знаходяться: 6 комп'ютерів ( $N_{\text{ком}}=65$  Вт), 6 моніторів ( $N_{\text{мон}}=70$ Вт), 1 великий офісний лазерний

принтер ( $N_{\text{пр}}=550$  Вт), копіювальний апарат ( $N_{\text{пр}}=400$  Вт), сканер ( $N_{\text{ск}}=30$  Вт), і проектор ( $N_{\text{проект}}=200$  Вт), тоді

$$Q_{\text{орг}} = \sum N_{\text{орг}} = 65 \cdot 6 + 70 \cdot 6 + 550 + 400 + 30 + 200 = 1990 \text{ Вт.}$$

#### Сумарні теплонадходження в теплий період року

$$\Sigma Q_{\text{T}} = (\Sigma Q_{\text{огр. } \Delta t. \text{ T}} + \Sigma Q_{\text{огр. с. р. т}} (Q_{\text{осв}}) + Q_{\text{л. т}} + Q_{\text{орг}}) \cdot K \cdot 10^{-3}, \text{ кВт, (2.24)}$$

де  $K$  – коефіцієнт, що враховує надходження тепла, яке важко визначити розрахунковим шляхом ( $K = 1,1$ ).

Оскільки тепло від сонячної радіації  $\Sigma Q_{\text{огр.с.р.т}}$  (у денний час) не співпадає за часом дії із теплом, що поступає від освітлювальних приладів  $Q_{\text{осв}}$  (вечірньої пори), то враховуємо тільки найбільше теплонадходження.

Аналогічні розрахунки виконано для інших приміщень адмінбудівлі.

*Теплонадходження в холодний період року. Приміщення №201.*

Приміщення адміністратора.

Теплонадходження через стіни внаслідок теплопередачі [11]:

$$\Sigma Q_{\text{огр. } \Delta t} = Q_{\text{огр. н}} + Q_{\text{св. пр}}, \text{ Вт, (2.25)}$$

$$Q_{\text{огр. н}} = k_{\text{н}} \cdot F_{\text{н}} \cdot (t_{\text{н.х}} - t_{\text{в.х}}) = 0,33 \cdot 13,66 \cdot (-28 - 21) = - 221 \text{ Вт};$$

$$Q_{\text{св. пр}} = k_{\text{св. пр}} \cdot F_{\text{св. пр}} \cdot (t_{\text{н.х}} - t_{\text{в.х}}) = 2,56 \cdot 5,04 \cdot (-28 - 21) = - 632 \text{ Вт};$$

$$F_{\text{н}} = l_{\text{стены}} \cdot h_{\text{стены}} - 2 \cdot (l_{\text{окна}} \cdot h_{\text{окна}}) = 4,92 \cdot 3,8 - 2 \cdot (1,2 \cdot 2,1) = 18,7 - 5,04 = 13,66 \text{ м}^2;$$

$$\Sigma Q_{\text{огр. } \Delta t} = -221 + (-632) = - 853 \text{ Вт.}$$

Теплонадходження від людей:

В приміщенні адміністратора 2і людини.

$$Q_{\text{л}} = q_{\text{л}} \cdot n_{\text{чол}} = 2 \cdot 120 = 240 \text{ Вт.}$$

Теплонадходження від штучного освітлення:

Прийmemo  $q_{\text{осв}} = 25$  Вт на  $1 \text{ м}^2$  площі приміщення, тоді

$$Q_{\text{осв}} = q_{\text{осв}} \cdot F_{\text{пом}} = 25 \cdot 40,86 = 1022 \text{ Вт.}$$

Теплонадходження від оргтехніки:

В приміщенні знаходяться: 1 комп'ютер ( $N_{\text{ком}}=65$  Вт), 1 монітор ( $N_{\text{мон}}=70$ Вт), 1 малий настільний лазерний принтер ( $N_{\text{пр}}=130$  Вт), и факс ( $N_{\text{факс}}=30$ Вт), тоді

$$Q_{\text{орг}} = \sum N_{\text{орг}} = 65 + 70 + 130 + 30 = 295 \text{ Вт.}$$

Приміщення №202. Кабинет 1. Теплонадходження через стіни внаслідок теплопередачі:

$$\Sigma Q_{\text{огр. } \Delta t} = Q_{\text{огр. н}} + Q_{\text{св. пр}}, \text{ Вт}, \quad (2.26)$$

$$Q_{\text{огр. н}} = k_n \cdot F_n \cdot (t_{\text{н.х}} - t_{\text{в.х}}) = 0,33 \cdot 27,35 \cdot (-28 - 21) = - 442 \text{ Вт};$$

$$Q_{\text{св. пр}} = k_{\text{св. пр}} \cdot F_{\text{св. пр}} \cdot (t_{\text{н.х}} - t_{\text{в.х}}) = 2,56 \cdot 10,08 \cdot (-28 - 21) = - 1264 \text{ Вт};$$

$$F_n = l_{\text{стены}} \cdot h_{\text{стены}} - 2 \cdot (l_{\text{окна}} \cdot h_{\text{окна}}) = 9,85 \cdot 3,8 - 4 \cdot (1,2 \cdot 2,1) = 37,43 - 10,08 = 27,35 \text{ м}^2;$$

$$\Sigma Q_{\text{огр. } \Delta t} = - 442 + (-1264) = -1706 \text{ Вт}.$$

Теплонадходження від людей. Прийmemo, що в кабінеті одночасно можуть знаходитись 3 людини, тоді:

$$Q_{\text{л}} = q_{\text{л}} \cdot n_{\text{чол}} = 3 \cdot 120 = 360 \text{ Вт}.$$

Теплонадходження від штучного освітлення. Прийmemo  $q_{\text{осв}} = 35 \text{ Вт}$  на  $1 \text{ м}^2$  площі приміщення, тоді

$$Q_{\text{осв}} = q_{\text{осв}} \cdot F_{\text{пом}} = 35 \cdot 48,41 = 1695 \text{ Вт}.$$

Теплонадходження від оргтехніки. В приміщенні знаходяться: 1 комп'ютер ( $N_{\text{ком}}=65 \text{ Вт}$ ), 1 монітор ( $N_{\text{мон}}=70 \text{ Вт}$ ), 1 малий настільний лазерний принтер ( $N_{\text{пр}}=130 \text{ Вт}$ ), і телевизор ( $N_{\text{тел}}=80 \text{ Вт}$ ), тоді

Приміщення №211. Кімната співробітників 1. Теплонадходження через стіни внаслідок теплопередачі [11]:

$$\Sigma Q_{\text{огр. } \Delta t} = Q_{\text{огр. н}} + Q_{\text{св. пр}}, \text{ Вт}, \quad (2.27)$$

$$Q_{\text{огр. н}} = k_n \cdot F_n \cdot (t_{\text{н.х}} - t_{\text{в.х}}) = 0,33 \cdot 29,73 \cdot (-28 - 21) = - 481 \text{ Вт};$$

$$Q_{\text{св. пр}} = k_{\text{св. пр}} \cdot F_{\text{св. пр}} \cdot (t_{\text{н.х}} - t_{\text{в.х}}) = 2,56 \cdot 12,6 \cdot (-28 - 21) = - 1581 \text{ Вт};$$

$$F_n = l_{\text{стены}} \cdot h_{\text{стены}} - 2 \cdot (l_{\text{окна}} \cdot h_{\text{окна}}) = 11,14 \cdot 3,8 - 5 \cdot (1,2 \cdot 2,1) = 42,33 - 12,6 = 29,73 \text{ м}^2;$$

$$\Sigma Q_{\text{огр. } \Delta t} = - 481 + (- 1581) = - 2062 \text{ Вт}.$$

Теплонадходження від людей. Прийmemo, що в кімнаті одночасно працюють 6 людей, тоді:

$$Q_{\text{л}} = q_{\text{л}} \cdot n_{\text{чол}} = 6 \cdot 120 = 720 \text{ Вт}.$$

Теплонадходження від штучного освітлення. Прийmemo  $q_{\text{осв}} = 30 \text{ Вт}$  на  $1 \text{ м}^2$  площі приміщення, тоді

$$Q_{\text{осв}} = q_{\text{осв}} \cdot F_{\text{пом}} = 30 \cdot 65,22 = 1957 \text{ Вт}.$$

Теплонадходження від оргтехніки. В приміщенні знаходяться: 6 комп'ютерів ( $N_{\text{ком}}=65$  Вт), 6 моніторів ( $N_{\text{мон}}=70$ Вт), 1 великий офісний лазерний принтер ( $N_{\text{пр}}=550$  Вт), копіювальний апарат ( $N_{\text{пр}}=400$  Вт), сканер ( $N_{\text{ск}}=30$  Вт), і проектор ( $N_{\text{проект}}=200$  Вт), тоді

$$Q_{\text{орг}} = \Sigma N_{\text{орг}} = 65 \cdot 6 + 70 \cdot 6 + 550 + 400 + 30 + 200 = 1990 \text{ Вт.}$$

Сумарні теплонадходження в теплий період року

$$\Sigma Q_x = (\Sigma Q_{\text{орг. Дт. х}} + Q_{\text{л. х}} + Q_{\text{осв}} + Q_{\text{орг}}) \cdot K \cdot 10^{-3}, \text{ кВт,} \quad (2.28)$$

де  $K$  – коефіцієнт що враховує надходження тепла, яке важко визначити розрахунковим методом ( $K = 1,1$ ).

Аналогічні розрахунки виконано для інших приміщень адмін. будівлі. Результати занесемо в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3. Результати визначення сумарного теплонадходження в холодний період року

Приміщ. №	$\Sigma Q_{\text{орг. Дт. х}},$ Вт	$Q_{\text{л. х}},$ Вт	$Q_{\text{осв}},$ Вт	$Q_{\text{орг}},$ Вт	$\Sigma Q_x,$ кВт
101	-238	240	1349	205	1,71
201	-853	240	1022	295	0,78
202	-1706	360	1695	535	0,98
205	-1230	1440	782	504	1,65
206	-	-	229	-	0,26
207	-917	-	489	-	-0,47
208	-776	240	696	535	0,76
209	-	-	211	-	0,23
210	-773	720	530	252	0,81
211	-2062	720	1957	1990	2,91
212	-1592	600	1877	1855	3,01
213	-796	480	421	702	0,89
216	-	-	126	1000	1,24

Таким чином, визначено сумарне теплонадходження в холодний період року що є важливою підставою розроблення вентиляційної системи адміністративної будівлі.

## 2.4. Вологонадходження у приміщення адмінбудівлі

Сумарне вологонадходження, кг/с [12]:

$$\Sigma W = W_{\text{л}} + W_{\text{инф}}, \text{ кг/с}, \quad (2.29)$$

де  $W_{\text{л}}$  – вологонадходження від людей, кг/с;  $W_{\text{инф}}$  – вологонадходження через стіни внаслідок інфільтрації, кг/с.

$$W_{\text{л}} = n_{\text{л}} \cdot \omega, \text{ (кг/с)}, \quad (2.30)$$

де  $n_{\text{л}}$  – кількість людей, що одночасно знаходяться в приміщенні;  $\omega$  – кількість вологи, що виділяється однією людиною, кг/с.

Примітка: для працівника адмінбудівлі, приймаємо:

- теплий період –  $\omega = 100 \text{ г/год} = 100 / (3600 \cdot 1000) = 27,8 \cdot 10^{-6} \text{ кг/с}$  ;

- холодний період –  $\omega = 80 \text{ г/год} = 80 / (3600 \cdot 1000) = 22,2 \cdot 10^{-6} \text{ кг/с}$  .

Приймемо  $W_{\text{инф}}=0$ , оскільки в приміщеннях офісу передбачені склопакети, що мають високу герметичність, то інфільтрацію через віконні отвори не рахуємо.

Вологонадходження приток через двері в зовнішній стіні не враховуємо, оскільки враховано баланс приміщень за повітрям.

Таблиця 2.3. Результати визначення сумарного вологонадходження в теплий період року

Приміщ. №	$W_{\text{л.т}} \cdot 10^{-6}, \text{ кг/с}$	$W_{\text{т}} \cdot 10^{-6}, \text{ кг/с}$
101	55,6	61,2
201	55,6	61,2
202	83,4	91,2
205	333,6	367
208	55,6	61,2
210	166,8	183,5
211	166,8	183,5
212	139	153
213	111,2	122,3

Приміщення №201. Приміщення адміністратора.

Вологонадходження від людей [11]:

$$W_{л} = n_{л} \cdot \omega = 2 \cdot 27,8 \cdot 10^{-6} = 55,6 \cdot 10^{-6} \text{ кг/с.}$$

Приміщення №202. Кабінет 1.

Вологонадходження від людей:

$$W_{л} = n_{л} \cdot \omega = 3 \cdot 27,8 \cdot 10^{-6} = 83,4 \cdot 10^{-6} \text{ кг/с.}$$

Приміщення №211. Кімната співпрацівників 1.

Вологонадходження від людей:

$$W_{л} = n_{л} \cdot \omega = 6 \cdot 27,8 \cdot 10^{-6} = 166,8 \cdot 10^{-6} \text{ кг/с.}$$

Сумарні вологонадходження в теплий період року

$$W_{т} = W_{л.т} \cdot K, \text{ кг/с,} \quad (2.31)$$

де  $K$  – коефіцієнт що враховує надходження вологи, яку важко визначити розрахунковим методом ( $K = 1,1$ ).

Аналогічні розрахунки виконано для інших приміщень адмінбудівлі. Результати занесемо в таблицю 2.3.

*Вологонадходження у холодний період року.* Приміщення №201. Приміщення адміністратора.

Вологонадходження від людей [12]:

$$W_{л} = n_{л} \cdot \omega = 1 \cdot 22,2 \cdot 10^{-6} = 44,4 \cdot 10^{-6} \text{ кг/с}$$

Таблиця 2.5. Результати визначення сумарного вологонадходження в теплий період року

Приміщ. №	$W_{л.х} \cdot 10^{-6}, \text{ кг/с}$	$W_{х} \cdot 10^{-6}, \text{ кг/с}$
101	44,4	48,9
201	44,4	48,9
202	66,6	73,3
205	266,4	293
208	44,4	48,9
210	134,4	147,9
211	134,4	147,9
212	111	122,1
213	88,8	97,7

Приміщення №202. Кабінет 1.

Вологонадходження від людей:

$$W_{\text{л}} = n_{\text{л}} \cdot \omega = 3 \cdot 22,2 \cdot 10^{-6} = 66,6 \cdot 10^{-6} \text{ кг/с.}$$

Приміщення №211. Кімната співпрацівників 1.

Вологонадходження від людей:

$$W_{\text{л}} = n_{\text{л}} \cdot \omega = 6 \cdot 22,2 \cdot 10^{-6} = 134,4 \cdot 10^{-6} \text{ кг/с.}$$

Сумарні вологонадходження в холодний період року

$$W_{\text{х}} = W_{\text{л. х}} \cdot K, \text{ кг/с.} \quad (2.32)$$

Аналогічні розрахунки виконано для інших приміщень адмінбудівлі.

Результати занесемо в таблицю 2.5.

Таким чином, визначено сумарне вологонадходження в холодний період року, що є важливою підставою розрахунку режимів роботи вентиляційної системи адміністративної будівлі.

### 3. ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ СТВОРЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ

#### 3.1. Функціональна схема системи моніторингу мікроклімату приміщення

Автоматизована система керування мікроклімату офісного приміщення має відповідати наступним вимогам:

**Вимірювання** (температури, вологості повітря в приміщенні, атмосферного тиску, інтенсивність світла, концентрації вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>) у повітрі );

**Управління** (клапаном запірно-регулюючого системи обігріву, клапаном запірно-регулюючого системи охолодження, пристроєм зволоження, пристроєм осушення, влаштуванням вентиляції);

**Індикація** (вимірюваних параметрів на дисплеї автоматизованого робочого місця (АРМ), аварійних ситуацій на екрані АРМ);

**Сигналізація** (підвищення рівня води у резервуарі системи осушення вище критичного рівня, порушення роботи датчиків).

Дана функціональна схема вміщує всі необхідні блоки для функціонування системи регулювання мікроклімату, а саме:

– Набір датчиків для вимірювання всіх необхідних параметрів мікроклімату (датчик температури і тиску, датчик вологості, датчик CO<sub>2</sub>, датчик інтенсивності світла).

– Мікроконтролер – мікросхема, призначена для управління електронними пристроями. Необхідний для збору даних з датчиків, а також їх обробки. Після чого ці дані будуть відправлені до Wi-Fi модуля.

– Wi-Fi модуль – мікроконтролер з підтримкою Wi-Fi інтерфейсу. Отримуючи дані з датчиків від мікроконтролера передає їх безпосередньо до комп'ютера.



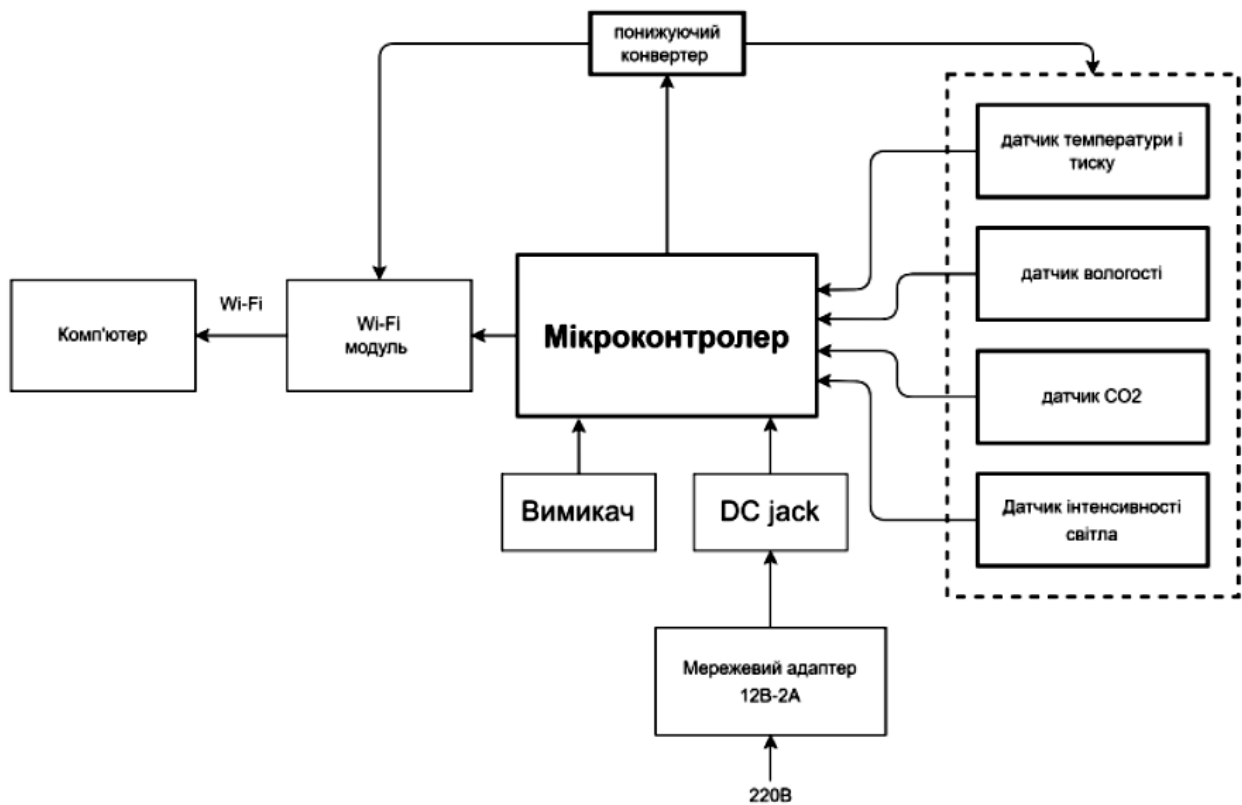


Рис. 3.1 – Функціональна схема системи моніторингу мікроклімату

- Мережевий адаптер 12В-2А подає енергію та стабілізує напругу у системі.
- DC jack – роз'єм живлення постійного струму. Підключається до мікроконтролера, адже в якому цей роз'єм відсутній.
- Понижуючий конвертер – імпульсний понижаючий регульований стабілізатор постійного напруги. Призначений для зміни вихідної напруги в діапазоні від 1,25 до 35 В.
- Вимикач.

### 3.2. Вибір елементів функціональних блоків системи

**Мікроконтролер Arduino Nano.** Обов'язком мікроконтролера є: збір та обробка даних з датчиків і їх перенесення до Wi-Fi модулю. Arduino Nano є найкращим рішенням для цього проекту через свої малі габарити і при цьому

має все необхідне для роботи: 14 цифрових входів / виходів (6 з них можуть використовуватися в якості ШІМ-виходів), 6 аналогових входів, кварцовий резонатор на 16 МГц, роз'єм Mini-USB, роз'єм живлення, роз'єм для внутрішньосхемного програмування (ICSP) і кнопка скидання.

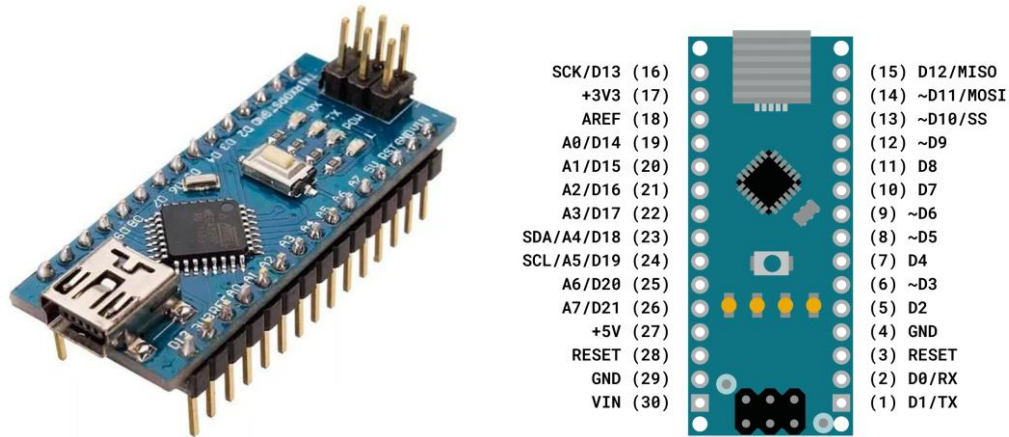


Рис. 3.2 – Загальний вигляд та призначення портів мікроконтролера Arduino Nano

**Датчик вимірювання вологості DHT11.** Цифровий датчик температури та вологості, що дозволяє калібрувати цифровий сигнал на виході. Складається з ємнісного датчика вологості та термістора. Також, датчик містить в собі АЦП для перетворення аналогових значень вологості та температури. DHT11 виводить калібрований цифровий сигнал.

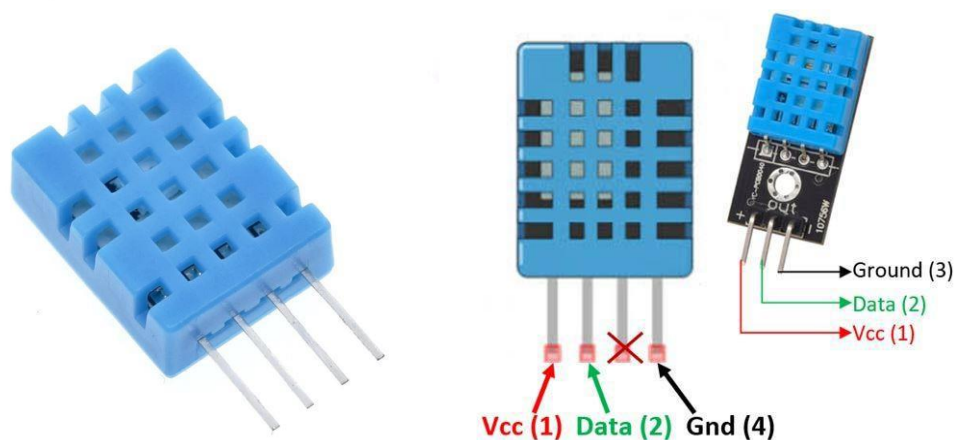


Рис. 3.3 – Загальний вигляд та призначення портів датчика вимірювання вологості DHT11

Він використовує ексклюзивну техніку збору цифрових сигналів і технологія датчика вологості, що гарантує її надійність і стабільність. Його чутливими елементами є підключений до 8-розрядного однокристального комп'ютера. Кожен датчик цієї моделі має температурну компенсацію та відкалібрований для точного калібрування камери, а калібрувальний коефіцієнт зберігається в пам'яті ОТР.

**Датчик вимірювання тиску і температури BMP280.** Модуль вимірювання атмосферного тиску заснований на датчику BMP-280 від BOSCH. Цей модуль можна використовувати для точного вимірювання температури та атмосферного тиску.

Цей датчик є покращеною версією датчика BMP180. BMP280 має меншу площу, менше споживання енергії, менші вимірювання шуму, більш високу роздільну здатність для тиску та температури, нижчий RMS шум, нещодавно доданий інтерфейс SPI, більше режимів вимірювання, більшу швидкість вимірювання та новий доданий фільтр для захисту від впливу навколишнього середовища.

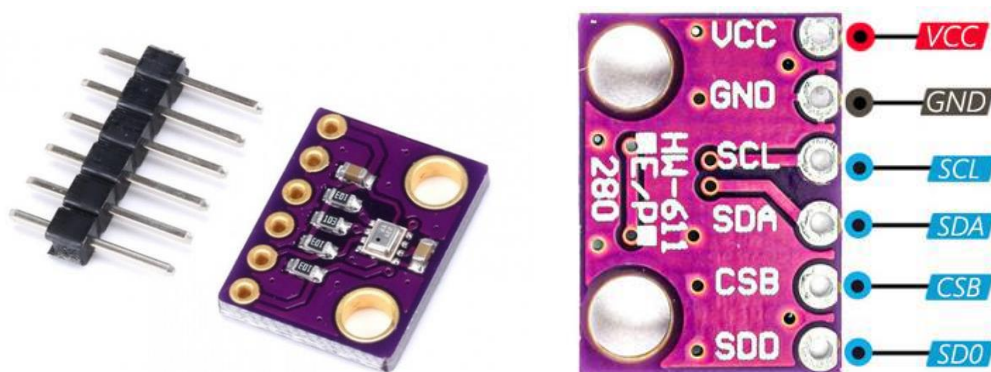


Рис. 3.4 – Загальний вигляд та призначення портів датчика вимірювання тиску і температури BMP280

**LDR Давач інтенсивності світла.** Фоторезистор – це резистор, виготовлений з напівпровідникового матеріалу, і провідність змінюється із зміною яскравості. Фоторезистор може бути виготовлений з різними фігурами та з підсвічуванням області на основі цієї характеристики. Фоторезистор

широко використовується в багатьох галузях промисловості, наприклад іграшки, лампи, фотоапарат тощо.



Рис. 3.5 – LDR давач інтенсивності світла

**Давач якості повітря MQ135.** Чутливим матеріалом газового датчика MQ135 є  $\text{SnO}_2$ , які з меншою провідністю в чистому повітрі. Коли цільовий газ забруднення існує, провідність датчика зростає разом із зростанням концентрації газу. Користувачі можуть конвертувати зміну провідності у відповідний вихідний сигнал концентрації газу через просту схему.

Газовий датчик MQ135 має високу чутливість до газу аміаку, сульфід, пар бензолу, також можна контролювати дим та інші токсичні гази. Він може виявляти види токсичних газів і є своєрідним недорогим датчиком для видів додатків.

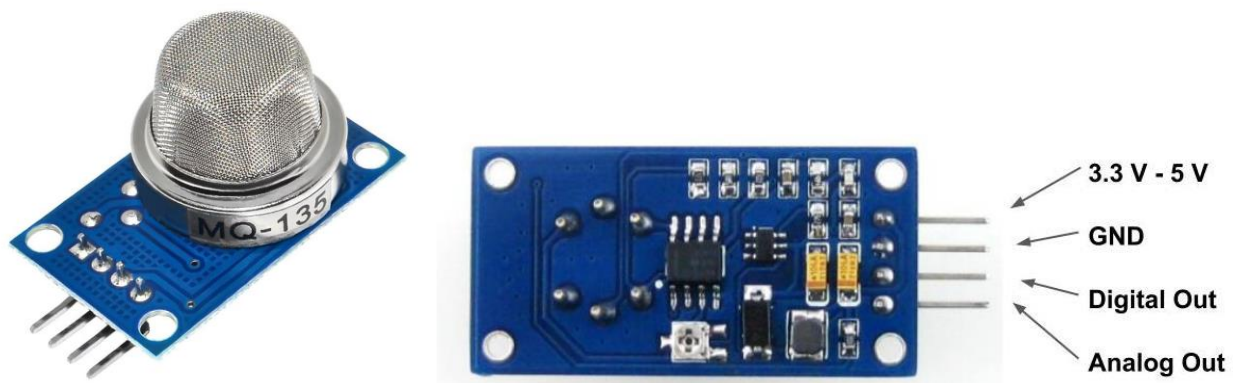


Рис. 3.6 – Загальний вигляд та призначення портів датчика якості повітря MQ135

**Wi-Fi модуль ESP8266.** ESP-01 – плата-модуль WiFi на базі популярного чіпсету ESP8266EX. На платі знаходиться мікросхема Flash-пам'яті об'ємом 2 МБ, чіп ESP8266EX, кварцовий резонатор, два індикаторні

світлодіоди та мініатюрна антена з доріжки на верхньому шарі друкованої плати у вигляді змійки. Flash-пам'ять потрібна для зберігання програмного забезпечення. При кожному включенні живлення програмне забезпечення автоматично завантажується в чіп ESP8266EX.

Цей модуль відрізняється енергоефективністю і високим ступенем інтеграції, що дозволяє використовувати мінімум елементів обв'язування чіпа.

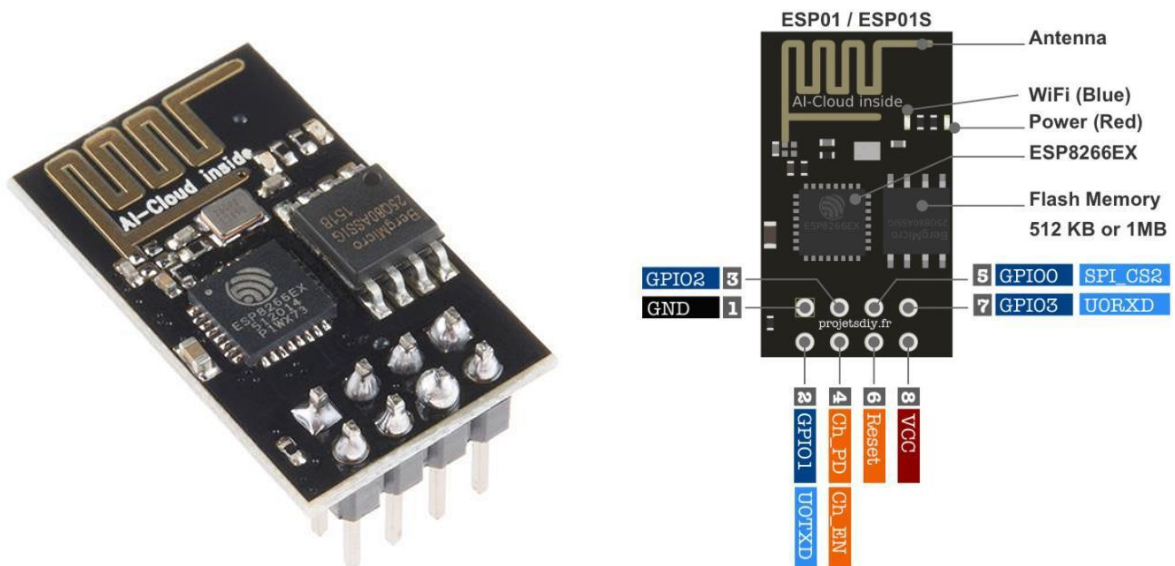


Рис. 3.7 – Призначення портів Wi-Fi модуля ESP8266

**Понижуючий конвертер LM2596.** LM2596 – це імпульсний понижуючий регульований стабілізатор постійної напруги. Має високий ККД. Менше нагрівається якщо порівнювати з модулями на лінійних стабілізаторах. Джерело живлення може застосовуватись у широкому спектрі пристроїв. Вихідна напруга встановлюється через вхід зворотного зв'язку за допомогою дільника напруги (наприклад, змінного резистора). До безумовних переваг належить робота у відчутному діапазоні вхідної напруги. Датчики та ESP8266 отримають перетворену напругу від понижувального перетворювача LM2596.

Найбільш оптимальним рішенням для приміщень буде припливно-втяжна вентиляція. Ця система забезпечує як подачу, так і видалення повітря, налагоджуючи хороший повітрообмін.

Ці системи відносно компактні і монтуються в системах підвісних стель у коридорі або вестибюлі, завдяки чому стають непомітними.

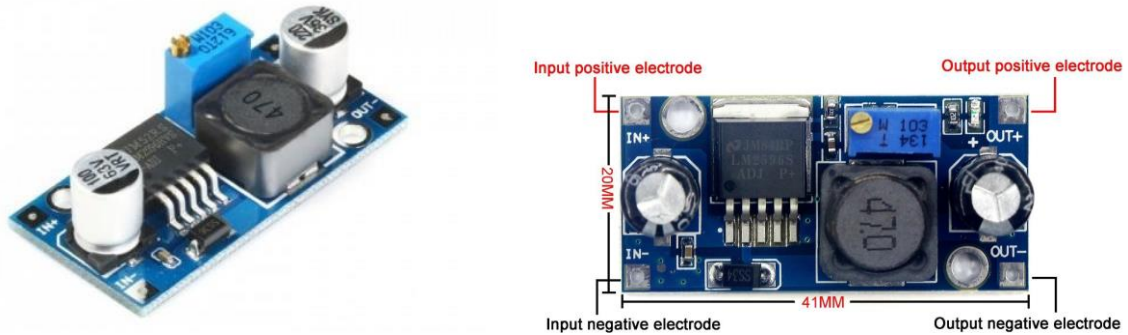


Рис. 3.8 – Призначення портів понижуючого конвертеру LM2596

А завдяки вбудованим рекуператорам до 80% і більше тепла, що виходить, повертається назад у приміщення що стає в нагоді під час холодів, влітку ж рекуператори зберігають прохолоду в приміщенні. Для даного проекту було обрано ВЕНТС ВУТ2 200 П (рис. 3.9).



Рис. 3.9 – Блок припливно-витяжної вентиляції ВЕНТС ВУТ2 200 П

### 3.3. Принципова електрична схема та алгоритм роботи системи

На основі розробленої функціональної схеми та обраних компонентів пристрою була створена наступна принципова електрична схема, наведена на

рис. 3.10.

Принципова електрична схема – це проектний документ, що визначає повний склад електричних елементів, зав'язків між ними та дає повне уявлення про принцип роботи системи.

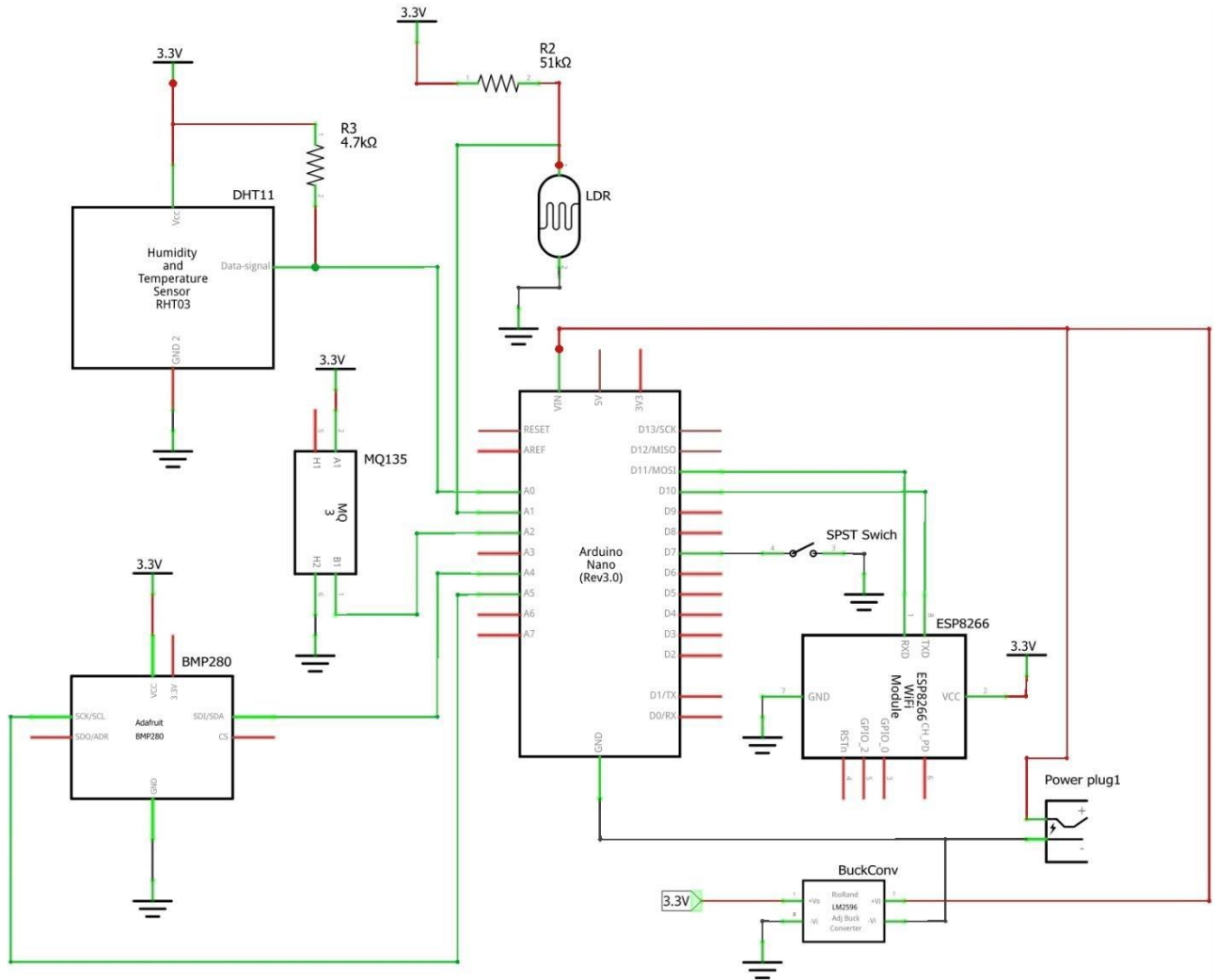


Рис. 3.10 – Принципова електрична схема пристрою

На основі розробленої функціональної схеми був створений наступний алгоритм роботи системи, наведений на рис. 3.11.

Пристрій в режимі виконання працює наступним чином. Після включення контролера, знімаються дані з датчиків в наступному порядку: температура, інтенсивність світла, тиск, вологість, концентрація вуглекислого газу. Після надходження даних до мікроконтролера Arduino Nano, він надсилає

її до Wi-Fi модуля Esp8266, який в свою чергу передає отримані дані до комп'ютера через Wi-Fi.

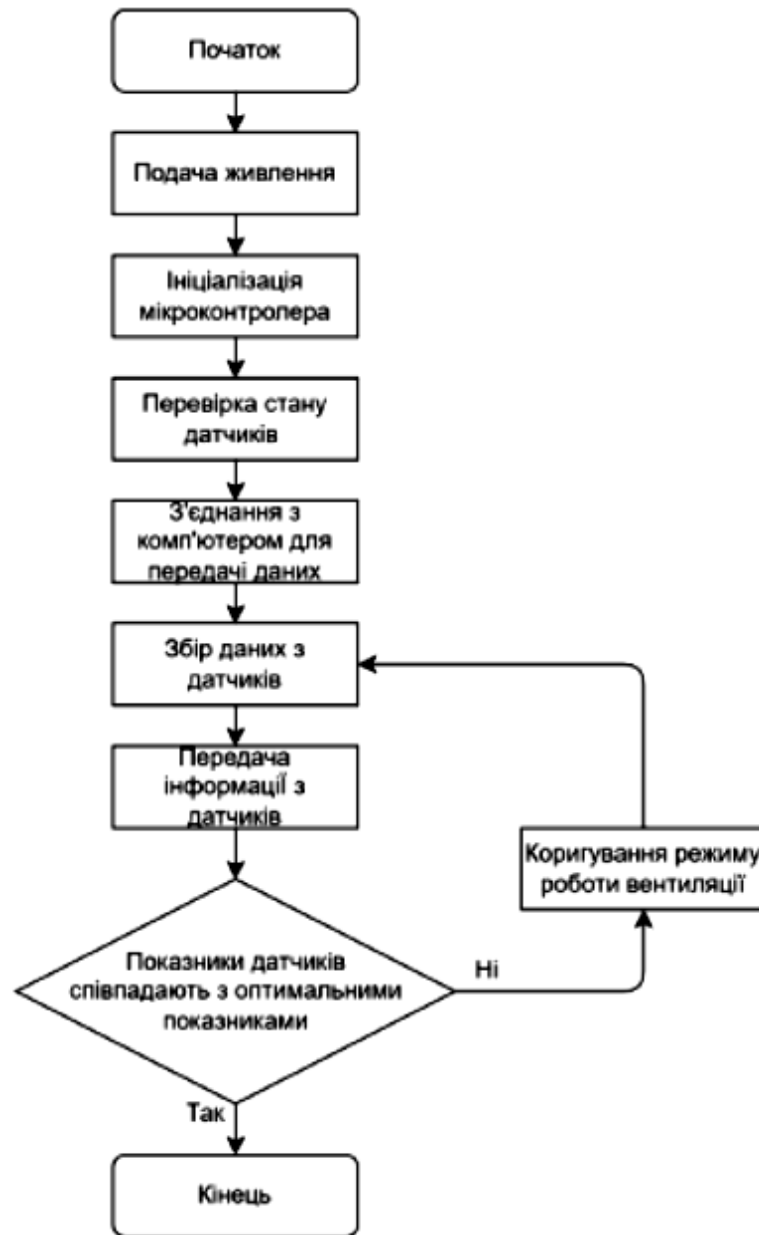


Рис. 3.11 – Алгоритм роботи системи

Якщо показники датчиків співпадають з оптимальними показниками мікроклімату, тоді пристрій починає наведену процедуру знов через 30 секунд. В тому разі якщо отримані дані не співпадають з оптимальними показниками, тоді проводиться коригування роботи системи вентиляції.

Отримані дані від системи моніторингу на комп'ютері можна переглянути на комп'ютері за допомогою концепції IoT (Інтернет речей) в



приватному каналі на сайті ThingSpeak.



Рис. 3.12 – Інтерфейс і відображення даних на ThingSpeak

Програмний код для мікроконтролера було написано в програмі Arduino IDE, наведений нижче.

```

#include <SoftwareSerial.h>
#include <Wire.h>
#include <dht.h>
#include <Adafruit_BMP280.h>
#include <MQUnifiedSensor.h>

#define DEBUG 0 // change value to 1 to enable debugging using serial monitor
#define dht_pin A0 // визначальний контакт A0 для датчика DHT
#define lightSensor A1 // визначальний контакт A1 як вхідного контакту для подільника напруги LDR
#define aqsensor A2 // визначальний контакт A2 як вхідного висновку для датчика газу

dht DHT;
Adafruit_BMP280 bmp;
SoftwareSerial esp8266Module(10, 11); // RX, TX

String network = "----"; // SSID вашої точки доступу
String password = "-----"; // пароль вашої точки доступу Wi-Fi
#define IP "184.106.153.149" // IP-адреса thingpeak.com
String GET = "GET /update?key=-----"; // замінити ключем свого каналу

void setup()
{
  if(DEBUG){
    Serial.begin(9600); // Встановлення апаратної швидкості послідовної передачі даних на 9600
  }
  esp8266Module.begin(9600); // Встановлення швидкості передачі softserial на 9600
  if (!bmp.begin()) {
    if(DEBUG){
      Serial.println("Could not find a valid BMP085 sensor, check wiring!");
    }
    while (1) {}
  }
  delay(2000);
}

void loop()
{
  setupEsp8266();
  DHT.read11(dht_pin);
  double humi = DHT.humidity;
  double bmp_temp = bmp.readTemperature();
  double bmp_pressure = bmp.readPressure();
  int lightIntensity = analogRead(lightSensor);
  int ppm = analogRead(aqsensor);
  updateTemp(String(bmp_temp), String(lightIntensity), String(bmp_pressure), String(humi));
  delay(30000);
}

void setupEsp8266()
{
  if(DEBUG){
    Serial.println("Reseting esp8266");
  }
  esp8266Module.flush();
  esp8266Module.println(F("AT+RST"));
  delay(7000);
  if (esp8266Module.find("OK"))
  {
    if(DEBUG){
      Serial.println("Found OK");
      Serial.println("Changing espmode");
    }
    esp8266Module.flush();
    changingMode();
    delay(5000);
    esp8266Module.flush();
    connectToWiFi();
  }
  else
  {
    if(DEBUG){
      Serial.println("OK not found");
    }
  }
}

```

```

    }
  }
}

bool changingMode()
{
  esp8266Module.println(F("AT+CWMODE=1"));
  if (esp8266Module.find("OK"))
  {
    if(DEBUG){
      Serial.println("Mode changed");
    }
    return true;
  }
  else if(esp8266Module.find("NO CHANGE")){
    if(DEBUG){
      Serial.println("Already in mode 1");
    }
    return true;
  }
  else
  {
    if(DEBUG){
      Serial.println("Error while changing mode");
    }
    return false;
  }
}

bool connectToWiFi()
{
  if(DEBUG){
    Serial.println("inside connectToWiFi");
  }
  String cmd = F("AT+CWJAP=\"");
  cmd += network;

  cmd += F("\",\");
  cmd += password;
  cmd += F("\");
  esp8266Module.println(cmd);
  delay(15000);

  if (esp8266Module.find("OK"))
  {
    if(DEBUG){
      Serial.println("Connected to Access Point");
    }
    return true;
  }
  else
  {
    if(DEBUG){
      Serial.println("Could not connect to Access Point");
    }
    return false;
  }
}

void updateTemp(String voltage1,String voltage2,String voltage3,String voltage4)
{
  String cmd = "AT+CIPSTART=\"TCP\", \"";
  cmd += IP;
  cmd += "\",80";
  esp8266Module.println(cmd);
  delay(5000);
  if(esp8266Module.find("Error")){
    if(DEBUG){
      Serial.println("ERROR while SENDING");
    }
    return;
  }
  cmd = GET + "&field1=" + voltage1 + "&field2=" + voltage2 + "&field3=" + voltage3 + "&field4=" + voltage4 + "\r\n";
}

```

```
esp8266Module.print("AT+CIPSEND=");
esp8266Module.println(cmd.length());
delay(15000);
if(esp8266Module.find(">"))
{
  esp8266Module.print(cmd);
  if(DEBUG){
    Serial.println("Data sent");
  }
}else
{
  esp8266Module.println("AT+CIPCLOSE");
  if(DEBUG){
    Serial.println("Connection closed");
  }
}
}
```

## 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 4.1. Структурно-функціональний аналіз виробничого процесу та розроблення моделі травмонебезпечних ситуацій

У зображеннях процесів формування, виникнення аварій та виробничих травм усі випадкові події, що утворюють конкретну аварійну ситуацію, пов'язані між собою причинно-наслідковими зв'язками.

Метод логічного моделювання потенційних аварій, травм та катастроф відкриває можливість розробити досконалу систему управління ОП виробництва, яка базується на оперативному пошуку виробничих небезпек, їх глибокому аналізу й терміновому прийнятті заходів для усунення потенційних небезпек ще до виникнення травмонебезпечних та катастрофічних ситуацій. Деякі небезпечні ситуації в табл. 4.1.

Працівники, що обслуговують електрообладнання вениляційної системи, зобов'язані знати Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів відповідно до займаної посади або роботи, як вони виконують, і мати відповідну групу з електробезпеки [9,13].

Працівники, що порушили вимоги Правил безпечної експлуатації електроустановок, усуваються від роботи і несуть відповідальність (дисциплінарну, адміністративну, кримінальну) згідно з чинним законодавством. Такі працівники не допускаються до робіт в електроустановках без позачергової перевірки знань вимог правил безпечної експлуатації електроустановок.

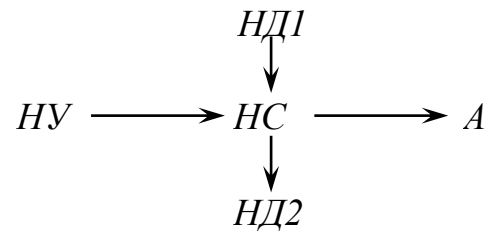
Забороняється допускати до роботи в електроустановках осіб, які не пройшли навчання і перевірку знань Правил безпечної експлуатації електроустановок.

Працівнику, який пройшов перевірку знань Правил безпечної експлуатації електроустановок, видається посвідчення встановленої форми.

Таблиця 4.1. Моделювання процесів формування та виникнення травмонебезпечних і аварійних ситуацій

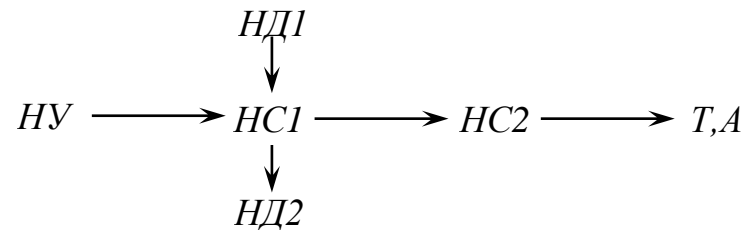
Вид робіт	Виробнича безпека			Можливі наслідки	Заходи запобігання небезпечним ситуаціям
	Небезпечна умова (НУ)	Небезпечна дія (НД)	Небезпечна ситуація (НС)		
Використання механічної вентиляції	Оператор не перевіряв обладнання НУ	Пошкоджений трубопровід мережі НД1 Закупорений трубопровід шланга НД2	Відмова вентиляційної системи (двигуна) НС	Аварія	Розвісити плакати, провести інструктажі із експлуатації обладнання системи

Модель процесу:



Використання електронних пристроїв регулювання	Пошкоджена ізоляція провідників з'єднання НУ	Пробій на корпус НД1 Коротке замикання НД2	Ураження людини електричним струмом НС1 Виведення обладнання із ладу НС2	Травма Аварія	Заміна провідників, установлення захисного обладнання (запобіжників, захист від ураження людини струмом) тощо
--	--	---	---	---------------	---

Модель процесу:



Посвідчення про перевірку знань працівника є документом, який засвідчує право на самостійну роботу в електроустановках на зазначеній посаді за фахом.

#### **4.2. Вимоги техніки безпеки під час роботи обладнання та протипожежні заходи**

**Вимоги правил техніки безпеки перед початком роботи.** Для початку роботи пов'язаної з вентиляцією вимикають рубильники або автоматичні вимикачі щита низької напруги, запирають шафу і вивішують попереджувальні плакати. Також повинні бути основні захисні засоби до яких належать такі, ізоляція яких надійно захищає від робочої напруги мережі і за допомогою яких можна дотикатися до струмопровідних частин, що перебувають під напругою, без небезпеки ураження електричним струмом (інструмент з ізольованими ручками, ізолюючі струмовимірювальні кліщі, діелектричні рукавиці).

**Вимоги правил техніки безпеки під час роботи.** Виконавши ці операції, надівають діелектричні рукавиці і за допомогою покажчика напруги перевіряють відсутність напруги на всіх фазах. Потім, приєднавши один кінець переносного заземлення до заземлюючого пристрою, накладають його на струмоведучі частини. Після цього остаточно приступають до роботи.

**Вимоги правил техніки після закінчення роботи.** Після закінчення роботи системи перед її вимиканням необхідно виконати такі технічні операції: перевірити надійність кріплення, зняти переносні тимчасові заземлення, відімкнути щит низької напруги і зняти плакати з техніки безпеки; якщо тимчасове переносне заземлення встановлене на лінії, його також треба зняти тощо [9,13].

**Протипожежні заходи на об'єкті.** Для запобігання пожеж на об'єкті розроблено організаційні, експлуатаційні, технічні режимного характеру, пожежно-евакуаційні, профілактичні заходи. До організаційних заходів

відносяться правила розміщення машин, що обслуговують приміщення, обладнання, матеріалів з дотримання певних проходів, не допускається захаращення приміщень, проходів і т.д.

### 4.3. Розрахунок штучного заземлення

Вибір штучного заземлення проводиться в залежності від характеру ґрунту і способу забивання стержнів [21]. Розраховуємо заземлюючий контур підстанції напругою 10/0,4 кВ з глухозаземленою нейтраллю. Характер ґрунту – чорнозем з  $\rho = 2 \cdot 10^4$  Ом·см. Кліматична зона – IV ( $K_c = 1,2$ ,  $K_n = 1,5$ ). Струм замикання на землю в мережі становить 50 А.

В відповідності з діючими правилами, опір заземлюючого пристрою повинен становити

$$R = \frac{125}{I_z} = \frac{125}{50} = 2,5 \text{ Ом}, \quad (4.1)$$

де  $I_z$  – струм замикання на землю, А.

Приймаємо 3 Ом. Контур заземлення розміщуємо в ряд з  $a = 5$  м,  $l = 2,5$  м. В якості стержневого заземлювача приймаємо кутникові сталь 50x50x5 мм, а протяжного – пластинчасту сталь 40x4 мм.

Опір одиночного стержня становить:

$$R_o = 0.00318 \rho \cdot K_c, \text{ Ом} \quad (4.2)$$

де  $K_c$  – коефіцієнт сезонності для стержневого заземлювача ( $K_c = 1,2$ ).

$$R_o = 0.00318 \cdot 2 \cdot 10^4 \cdot 1.2 = 76.32 \text{ Ом}.$$

Число стержнів приймаємо 15. При цьому коефіцієнт використання стержневих заземлювачів становить  $\eta_c = 0,7$ . Опір всіх стержнів розтікання струму становить:

$$R_c = \frac{R_o}{n \cdot \eta_c}, \text{ Ом}, \quad (4.3)$$



де  $n$  – число стержнів, шт.

$$R_c = \frac{76.32}{15 \cdot 0.7} = 7.3 \text{ Ом}.$$

Довжина протяжного заземлювача становить  $l = 35$  м (3500 см);  
приймаємо  $t = 50$  см,  $b = 0,4$  см. Опір протяжного заземлювача становить:

$$R_{np} = \frac{0,366}{l} \cdot \rho \cdot 2 \cdot \lg \frac{2 \cdot l^2}{t \cdot b}, \text{ Ом} \quad (4.4)$$

$$R_{np} = \frac{0,366}{3500} \cdot 1,2 \cdot 10^4 \cdot 2 \cdot \lg \frac{2 \cdot 3500^2}{0,4 \cdot 50} = 3,2 \text{ Ом}$$

Коефіцієнт використання протяжного заземлювача  $\eta_n = 0,71$ . Дійсний опір протяжного заземлення становить:

$$R_n = \frac{R_{np}}{\eta_n} = \frac{3,2}{0,71} = 4,5 \text{ Ом} \quad (4.5)$$

Опір всього заземлюючого пристрою становить:

$$R_u = \frac{R_c \cdot R_n}{R_c + R_n} = \frac{4.5 \cdot 7.3}{4.5 + 7.3} = 2.78 < 3 \text{ Ом} \quad (4.6)$$

Отже, число стержнів вибрано вірно.

#### 4.4. Захист цивільного населення

Забезпечення захисту населення і території у разі загрози та виникнення надзвичайних ситуацій є одним з найважливіших завдань не лише підприємства, але й цілої держави. Актуальність проблеми забезпечення природо-техногенної безпеки населення і території зумовлена тенденціями зростання втрат людей і шкоди територіям, що спричиняються небезпечними природними явищами, промисловими аваріями і катастрофами.

**Інженерний захист** проводиться з метою виконання вимог ІТЗ із питань забудови міст, розміщення ПНО, будівлі будинків, інженерних споруд та інше.

**Медичний захист** проводиться для зменшення ступеня ураження людей, своєчасного надання допомоги постраждалим та їх лікування, забезпечення епідеміологічного благополуччя в районах надзвичайних ситуацій.

**Біологічний захист** включає своєчасне виявлення чинників біологічного зараження, їх характеру і масштабів, проведення комплексу адміністративно-господарських, режимно-обмежувальних і спеціальних протиепідемічних та медичних заходів.

**Радіаційний і хімічний захист** включає заходи щодо виявлення і оцінки радіаційної та хімічної обстановки, організацію і здійснення дозиметричного та хімічного контролю, розроблення типових режимів радіаційного захисту, забезпечення засобами індивідуального захисту, організацію і проведення спеціальної обробки.

## 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОЦІНЕННЯ РОЗРОБКИ

Визначаємо витрати на встановлення системи створення оптимальних умов мікроклімату в адмінбудівлі. Для цього складаємо кошторис витрат на виготовлення оригінальних деталей і придбання стандартних виробів. Ці витрати приймаємо відповідно до прас-листів підприємств виробників та результатів визначення потрібної кількості вентиляційних проводів, а також обладнання системи вентиляції (мережі, виносні конструкції, фіксуючі пристрої, двигуни, вентилятори тощо) [16].

Згідно із опрацьованими даними та проведеними розрахунками, встановлено такі значення капіталовкладень у придбання вентиляційної мережі –  $C_1 = 170\,000$  грн., а для витрат на підготовчі, транспортні роботи та будівельні роботи тощо відповідно –  $C_2 = 96\,500$  грн.

Балансову вартість обладнання визначаємо за формулою [10,11]:

$$B_y = (C_1 + C_2) K_m; \quad (6.1)$$

де  $K_m$  – коефіцієнт, що враховує витрати на монтаж і обкатку,  $K_m = 1,2$ .

$$B_y = (170\,000 + 96\,500) \cdot 1,2 = 293\,150,0 \text{ грн.}$$

Оскільки система працюватиме в автоматичному режимі, то експлуатаційні витрати будуть складатися лише з амортизаційних відрахувань та відрахувань на ТО і ремонт (норматив  $a = 7\% = 0,07$ ). Тоді ці витрати за рік становитимуть

$$A_y = a \cdot B_y = 0,07 \cdot 293\,150,0 = 20520,5 \text{ грн.} \quad (6.2)$$

Річні приведені витрати на роботу установки становитимуть

$$P_y = A_y + 0,15 \cdot B_y = 20520,5 + 0,15 \cdot 293\,150,0 = 64\,493,0 \text{ грн.}$$

Тривалість ( $t_n$ ) роботи системи залежить від тривалості перебування людей в приміщенні. Для школи це проміжок доби з  $7^{00}$  до  $21^{00}$  год, однак в автономному режимі система працюватиме цілу добу, тобто –  $t_n = 24$  год.

При потужності електродвигуна вентилятора  $N_H = 4$  кВт річні витрати (для 9 місяців) електроенергії становитимуть

$$C_e' = N_H \cdot n \cdot t_n \cdot 9 \cdot 30 = 4 \cdot 2 \cdot 24 \cdot 9 \cdot 30 = 51\,840 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік.} \quad (6.3)$$

При тарифі на електроенергію 3,6 грн/кВт·год річні витрати коштів становитимуть:

$$\Delta E_1 = e \cdot C'_e = 3,6 \cdot 51\,840 = 186624,0 \text{ грн.} \quad (6.4)$$

Перебування працівників у приміщеннях із низькою якістю повітря зумовлює втрати їх здоров'я, а саме загальну хворобливість, слабкість організму та низьку відірність імунної системи. Внаслідок цього виникає можливість оцінення ефективності впровадження припливної та витяжної системи для створення мікроклімату у приміщенні адмінбудівлі.

Матеріальні наслідки хворобливості працівників (травматизму, застуда тощо) оцінюються з огляду на витрати які необхідні для їх оздоровлення (у домашніх умовах, санаторіях, медичне лікування тощо) [10, 11]:

$$M_{н1} = D_m \cdot S \cdot \Phi, \quad (6.5)$$

де  $D_m$  - кількість людино-днів непрацездатності, відповідно до загальної кількості працівників (100 люд·днів);  $S$  - середня денна вартість оздоровлення одної особи, 1200 грн./добу;  $\Phi$  - коефіцієнт матеріальних наслідків (страхові внески, штрафи, матеріальні втрати тощо);  $\Phi = 2$ .

Таблиця 6.1. Результати вартісного оцінення розробок у проекті

№ п/п	Показник	Розмірність	Значення
1	Капіталовкладення у придбання вентиляційної мережі	грн.	170000
2	Витрати на підготовчі, транспортні роботи та будівельні роботи тощо	грн.	96500
3	Балансова вартість обладнання	грн.	293150,0
4	Експлуатаційні витрати	грн.	20520,5
5	Річні приведені витрати на роботу установки	грн./рік	64493,0
6	Річні витрати (для 9 місяців) електроенергії	кВт·год/рік	51840,0
7	Річні витрати коштів на роботу установки	грн./рік	186624,0
8	Матеріальні наслідки хворобливості працівників	грн./рік	144900,0
9	Термін окупності капіталовкладень	років	2,02

Матеріальні наслідки хворобливості:

$$M_{н1} = 105 \cdot 1200 \cdot 1,15 = 144900,0 \text{ грн / рік.}$$

Отже, річний економічний ефект від впровадження системи відобразатиме зниження витрат на оздоровлення працівників та становитиме – 144900,0 грн/рік.

Тоді, термін окупності капіталовкладень у систему автоматизації створення мікроклімату знайдемо

$$T_{ок} = \frac{B_y}{M_n} = \frac{293150,0}{144900,0} = 2,02 \approx 2 \text{ роки.}$$

Таким чином, спираючись на положення про фінансування витрат електроенергії на роботу системи вентиляції із бюджету підприємства термін окупності капіталовкладень у систему автоматизації створення мікроклімату становитиме – 2 роки.

## ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

Мікроклімат приміщення – сукупність змінних параметрів, які визначають стан внутрішнього середовища приміщення, виробничих цехів, складів тощо.

Мікрокліматичні показники значно впливають на самопочуття обслугованого персоналу, який перебуває у приміщенні підприємства, також на технологічний процес, працездатність та довговічність обладнання, збереження сировини і готової продукції.

Системи вентиляції класифікують: 1) за методом переміщення повітря вентиляція – з природним переміщенням (природною) і з механічним (механічною) та змішаним; 2) за призначенням – припливною, витяжною або припливно-витяжною залежно; 3) за місцем дії – місцевою і загальнообмінною; 4) за конструктивним виконанням – каналною та безканалною.

Виконаний розрахунок режимів теплообміну будівлі із зовнішнім середовищем дав змогу встановити загальний термічний опір будівель; коефіцієнт теплопередачі зовнішніх стін, а також встановлено ці параметри для вікон та зовнішніх стін. Використовуючи загальновідомі методики виконано розрахунок витрати повітря в приміщеннях, розрахунок і підбір повітророзподільних пристроїв, а також повітропроводів системи вентиляції адмінбудівлі.

Результатом виконання кваліфікаційної роботи стала розробка системи керування мікрокліматом в адмінбудівлі. Були розроблені технічні завдання, функціональна і електрична принципова схема. Дослідження ринкових рішень систем моніторингу параметрів мікроклімату дало необхідні дані для збільшення функціоналу, а також кількості параметрів які вимірює розроблена система.

Мікроконтролером системи було обрано Arduino Nano R3. Для вимірювання параметрів мікроклімату були обрані наступні датчики:

– BMP280 (температура і тиск);

- DHT11 (вологість);
- LDR (інтенсивність світла);
- MQ135 (вмісту вуглекислого газу у повітрі).

У системі моніторингу не передбачається використання екранів. Для виводу інформації було використано Wi-Fi модуль ESP 8266, який передає інформацію на комп'ютери та мобільні пристрої за допомогою технології інтернету речей з використанням ПО ThingSpeak.

Розглянуті види систем вентиляції, найоптимальнішим з яких виявилася припливно-витяжна система. А серед припливно-витяжних систем вентиляції було обрано ВЕНТС ВУТ2 200 П. В розробленій системі залишилася прогалина для подальшої модернізації та розширення функціоналу. Розроблена система вимірює всі необхідні показники мікроклімату і навіть більше, також слід відмітити зменшену вартість системи в порівнянні з існуючими рішеннями.

Техніко-економічне оцінення розробок у проекті дало змогу встановити балансову вартість обладнання, річні приведені витрати на роботу установки, річні витрати коштів на функціонування системи вентиляції, а також термін окупності капіталовкладень, який для заданих умов становитиме – 2,02 роки.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ВЕНТС ВУТ2 200 П : вебсайт. URL: <https://vents.ua/ua/product/vut2-200-p#characteristic> (дата звернення: 04.04.2024).
2. Види мікроклімату і його вплив на здоров'я людини. URL: [https://pidruchniki.com/81180/bzhd/vidi\\_mikroklimatu\\_vpliv\\_zdorovya\\_lyudini](https://pidruchniki.com/81180/bzhd/vidi_mikroklimatu_vpliv_zdorovya_lyudini) (дата звернення: 29.03.2024).
3. Гряник Г.М. Охорона праці / [Гряник Г.М., Лехман С.Д., Бутко Д.А. та ін.]. К. : Урожай, 2014. 273 с.
4. Довідник нормативних документів у сфері охорони праці, пожежної безпеки, гігієни праці та соціального страхування від нещасних випадків / К.: Фонд соціального страхування від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань України, 2009. 244 с.
5. ДСТУ 2388-94 Системи вентиляційні. Терміни та визначення URL: [http://ksv.do.am/GOST/DSTY\\_ALL/DSTY3/dsty\\_2388-94.pdf](http://ksv.do.am/GOST/DSTY_ALL/DSTY3/dsty_2388-94.pdf) (дата звернення: 22.04.2024).
6. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці / Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Мельников О.В. [5-е вид.]. Львів : Афіша, 2010. 350 с.
7. Жуковський С.С., Лабай В.Й. Системи енергопостачання і забезпечення мікроклімату будинків і споруд: Навч. посібник для ВЗО. Львів: Астрономо-геодезичне товариство, 2000. 123 с.
8. Калмаков А.А., Кувшинов Ю.Я. Автоматика и автоматизация систем теплогазоснабжения и вентиляции. - М.: Стройиздат, 2016. - 479 с.
9. Лехман С.Д. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві / Лехман С.Д., Рубльов В.І., Рябцев В.І. К. : Урожай, 2013. 270 с.
10. Монітор мікроклімату Walcom HT-2008 : вебсайт. URL: <https://simvolt.ua/ru/montor-mkroklmatu-walcom-ht-2008.html/> (дата звернення: 03.04.2024).
11. Монітор мікроклімату (CO<sub>2</sub>, RH, Temp) AZ-7729 : вебсайт. URL: <https://simvolt.ua/monitor-mikroklimatu-co2-rh-temp-az-7729/> (дата звернення: 03.04.2024).



12. Система автоматизованої підтримки оптимального мікроклімату виробничого приміщення : навч.пос./ О.В. Строкань // // Системи обробки інформації. 2014. Вип. 5. С. 97-100. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/soi\\_2014\\_5\\_25](http://nbuv.gov.ua/UJRN/soi_2014_5_25) (дата звернення: 17.12.2023).
13. DELTA OHM HD-4617BDTSR Трансмітер вологості, температури та CO2 : вебсайт. URL: <https://simvolt.ua/delta-ohm-hd-46.17bdtsr-transmter-ologost-temperaturi-ta-co2.html/> (дата звернення: 04.04.2024).
14. Digital-output relative humidity & temperature sensor/module – DHT11 : вебсайт. URL: <https://arduino.ua/docs/DHT11.pdf> (дата звернення: 26.03.2024).
15. ESP8266EX Datasheet : вебсайт. URL: [https://espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex\\_datasheet\\_en.pdf](https://espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf) (дата звернення: 29.03.2024).
16. GL55 Series Photoresistor : вебсайт. URL: <https://arduino.ua/docs/GL55Series.pdf> (дата звернення: 29.03.2024).
17. MIL AM107 Ambience Monitoring Sensor,CO2, TVOC LoRaWAN : вебсайт. URL: <https://www.reichelt.com/de/en/ambience-monitoring-sensor-co2-tvoc-lorawan-mil-am107-p305278.html> (дата звернення: 03.04.2024).
18. Nano | Arduino Documentation : вебсайт. URL: <https://docs.arduino.cc/hardware/nano> (дата звернення: 26.03.2024)
19. The beginnings of ventilation – from prehistory to the present : вебсайт. URL: <https://www.smay.pl/en/expert-blog/ventilation-history/> (дата звернення: 28.04.2024).
20. Sneader W (2005). "Chapter 8: Systematic medicine". Drug discovery: a history. Chichester, England: John Wiley and Sons. pp. 74–87. ISBN 978-0-471-89980-8. Retrieved September 13, 2010.
21. Willis Carrier . URL: <https://www.williscarrier.com/about.php> (дата звернення: 12.05.2024).

# Додатки

## Додаток А. Виробничі умови адміністративної будівлі

1. Об'єкт вентилявання: адміністративне приміщення будівлі ВАТ «Самбірське АТП-14608» Самбірського району Львівської області.

2. Кліматичний район м. Львів.

Розрахункові параметри зовнішнього повітря :

$t_{н.т.} = 26,3 \text{ } ^\circ\text{C}$ ;

$t_{н.х.} = -28 \text{ } ^\circ\text{C}$ ;

$I_{н.т.} = 54,7 \text{ кДж/кг}$ ;

$I_{н.р.х.} = -25,3 \text{ кДж/кг}$ .

3. Характеристики приміщень, що вентилюють (табл. А.1).

План-схема 2-о поверху адміністративної будівлі наведена на рис. А.1.

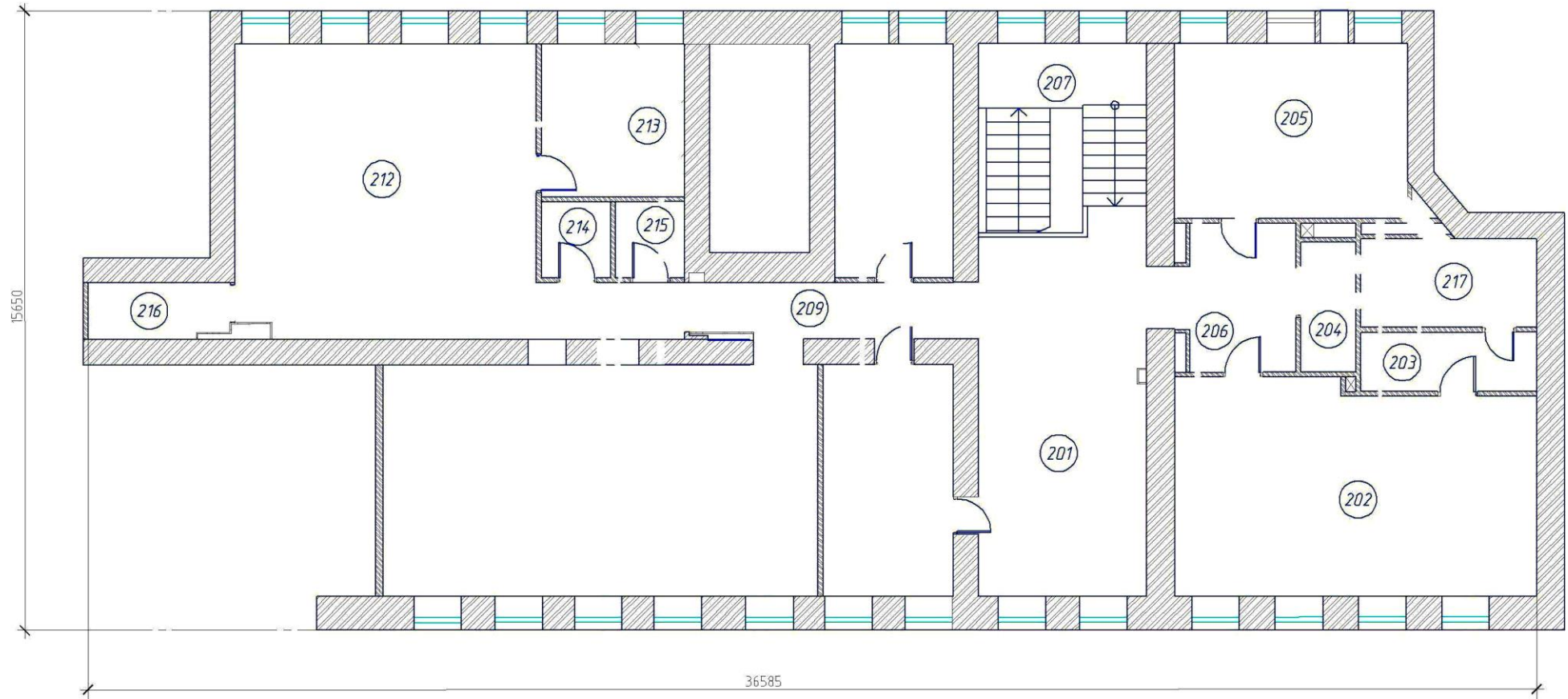
Таким чином, виконаний аналіз вентиляційних систем та вимог до них дав змогу встановити, що основні принципи, якими слід керуватися під час вибору схем видалення повітря із приміщення є наступні:

Таблиця А.1. Характеристика приміщень

Приміщення №	F, м <sup>2</sup>	h, м	К-ть людей	Світлові отвори lхh,м	t <sub>в.т.</sub> , °C/φ	t <sub>в.х.</sub> , °C/φ
					в.т.	в.х.
101	44,94	3,5	2	-	23/50	21/40
201	40,86	3,5	2	1,2х2,1 (2шт.)	23/50	21/40
202	48,41	3,5	1+2*	1,2х2,1 (4шт.)	23/50	21/40
205	26,06	3,5	12*	1,2х2,1 (3шт.)	23/50	21/40
206	11,42	3,5	-	-	23/50	21/40
207	19,56	4,6	-	1,2х2,1 (2шт.)	23/50	21/40
208	19,87	3,5	1+1*	1,2х2,1 (2шт.)	23/50	21/40
209	10,54	3,5	-	-	23/50	21/40
210	17,66	3,5	6*	1,2х2,1 (2шт.)	23/50	21/40
211	65,22	3,5	6	1,2х2,1 (5шт.)	23/50	21/40
212	62,54	3,5	5	1,2х2,1 (4шт.)	23/50	21/40
213	14,03	3,5	4*	1,2х2,1 (2шт.)	23/50	21/40
216	5,02	3,5	-	-	20/40	20/40

*Примітка:* \* - означає, що люди в цих приміщеннях знаходяться менше 2-х годин, і кількість зовнішнього повітря, що подається, за санітарними нормами рівна 30 м<sup>3</sup>/год на одну людину. У інших приміщеннях люди знаходяться постійно більше 6 годин, кількість зовнішнього повітря, що подається, рівна 60 м<sup>3</sup>/год на одну людину, СНиП 2.08.02-89\*.

Висота h береться від рівня підлоги до рівня стелі; висота h<sub>ч</sub> = 3 м від рівня підлоги до рівня стелі.



### Експлікація приміщень 2-го поверху

№ Приміщ.	Назва	Площа, м <sup>2</sup>	№ Приміщ.	Назва	Площа, м <sup>2</sup>
201	Приміщення адміністратора	40,86	210	Переговорна 2	17,66
202	Кабінет 1	48,41	211	Кімната працівників 1	65,22
203	Санвузол 1	6,33	212	Кімната працівників 2	62,54
204	Санвузол 2	4,65	213	Куряк	14,03
205	Переговорна 1	26,06	214	Санвузол 3	34,3
206	Холл	114,2	215	Санвузол 4	34,3
207	Сходи клітка	19,56	216	Серверня	5,02
208	Кабінет 2	19,87	217	Венткамера	9,89
208	Коридор	10,54		Загальна площа 2-го поверху	368,92

Рис. А.1. План-схема 2-о поверху адміністративної будівлі