

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ
МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМЕНІ С.З. ГЬЖИЦЬКОГО**

**ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ
ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

**на тему: “ Автоматизована система керування мікрокліматом в
адмінбудівлі автотранспортного підприємства ”**

Виконав: ст.гр. Акт-42сп

Спеціальності 151 – «Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології»
(шифр і назва)

Боднар Владислав Ігорович
(Прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. Луб П.М.
(Прізвище та ініціали)

Рецензенти: к.т.н., доц. Кригуль Р.Є.
(Прізвище та ініціали)

ДУБЛЯНИ-2025

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
“ _____ ” _____ 202_ р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу студенту

Боднар Владислав Ігорович

1. Тема роботи: «Автоматизована система керування мікрокліматом в адмінбудівлі автотранспортного підприємства»

Керівник роботи Луб Павло Миронович, к.т.н., доцент.

Затверджені наказом по університету від 123/к-с від 25.02.2025.

2. Строк подання студентом роботи 10.06.2025 р.

3. Початкові дані до роботи: 1. Кліматичні умови регіону розташування підприємства; 2. Методика розрахунку витрати вологи в приміщеннях; 3. Методика розрахунку витрати повітря в приміщеннях; 4. Типові схеми автоматизації технологічних процесів; 5. Технічні характеристики пристроїв, ГОСТи, СНіПи.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки:

1. Аналіз систем створення мікрокліматичних умов

2. Технології та засоби створення мікрокліматичних умов

3. Проектування автоматизованої системи керування мікрокліматом

4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5. Техніко-економічне оцінення розробки

Висновки та пропозиції.

Список використаних джерел.

Додатки.

5. Перелік презентаційного матеріалу Тема, автор, керівник кваліфікаційної роботи – 1 арк.; Аналіз впливу мікрокліматичних умов на працездатність – 1 арк.; Аналіз пристроїв та обладнання – 1 арк.; Аналіз апаратних платформ для АС – 1 арк.; Проект автоматизованої системи забезпечення мікрокліматичних умов – 1 арк.; Результати визначення обсягів сумарних теплонадходжень – 1 арк.; Результати визначення режимів роботи автоматизованої системи – 1 арк.; Апаратна розробка АС керування мікрокліматом – 1 арк.; Узагальнений алгоритм роботи АС – 1 арк.; Результати ТЕО розробок – 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 інженерної механіки		

7. Дата видачі завдання 25.02.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Написання першого розділу та означення головних завдань роботи	25.02.2025 – 01.04.2025	
2	Виконання другого розділу та формування головних показників для розрахунків	01.04.2025 – 01.05.2025	
3.	Виконання третього розділу та формування початкових даних	01.04.2025 – 01.05.2025	
4.	Виконання четвертого розділу та узагальнення отриманих результатів роботи	01.04.2025 – 01.05.2025	
5.	Написання розділу: «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»	01.05.2025 – 01.06.2025	
6.	ТЕО пропозицій роботи	01.05.2025 – 01.06.2025	
7.	Завершення оформлення кваліфікаційної роботи. Перевірка подібності тексту.	01.06.2025 – 09.06.2025	
8.	Створення презентаційного матеріалу та завершення роботи в цілому	09.06.2025 – 20.06.2025	

Студент _____ Боднар В.І.
(підпис)

Керівник роботи _____ Луб П.М.
(підпис)

Автоматизована система керування мікрокліматом в адмінбудівлі автотранспортного підприємства. – Боднар В.І. Кваліфікаційна робота. Кафедра ІТ. – Дубляни, Львівський НУВМБ, 2025.

59 с. текст. част., 21 рис., 9 табл., 10 арк. графічної частини, 19 літ. джерел, 1 додаток.

У кваліфікаційній роботі проведено комплексний аналіз систем створення мікрокліматичних умов у виробничих та адміністративних приміщеннях. Розглянуто поняття та загальні вимоги до мікроклімату, а також сучасні технології моніторингу та обладнання для забезпечення комфортних і безпечних умов.

Проаналізовано апаратні платформи для автоматизації систем керування мікрокліматом, зокрема мікроконтролери Arduino та ESP8266, що мають інтерфейс Wi-Fi, а також промислові контролери. Виконано розрахунки теплових режимів і балансу тепла та вологи в адміністративній будівлі, а також визначено параметри вологонадходження в приміщення.

Розроблено проект автоматизованої системи керування мікрокліматом, що включає розрахунок витрат повітря, підбір повітророзподільних пристроїв, апаратну реалізацію системи контролю та алгоритм її роботи.

Наведено завдання з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях, зокрема структурно-функціональний аналіз травмонебезпечних факторів, розрахунок штучного заземлення та заходи безпеки.

В роботі проведено техніко-економічне оцінення запропонованої системи, що підтверджує її ефективність і доцільність впровадження.

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА.....	6
1. АНАЛІЗ СИСТЕМ СТВОРЕННЯ МІКРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ	7
1.1. Поняття та загальні вимоги до мікроклімату виробничих приміщень.....	6
1.2. Аналіз сучасних технологій моніторингу мікроклімату	8
1.3. Аналіз виробничих умов в приміщеннях будівлі	11
1.4. Аналіз пристроїв та обладнання систем мікроклімату.....	16
2. ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЗАСОБИ СТВОРЕННЯ МІКРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ.....	21
2.1. Апаратні платформи для автоматизації системи.....	21
2.1.1. Мікроконтролерна платформа Arduino.....	21
2.1.2. Мікроконтролер ESP 8266 з інтерфейсом Wi-Fi та промислові контролери.....	24
2.2. Виробничі та мікрокліматичні умови адміністративної будівлі.	26
2.3. Розрахунок теплових режимів адміністративної будівлі.....	28
2.4. Розрахунок балансу тепла та вологи приміщення.....	29
2.5. Вологонадходження у приміщення адмінбудівлі.....	32
3. ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ.....	34
3.1. Результати розрахунку витрат повітря в приміщеннях.....	34
3.2. Розрахунок і підбір повітророзподільних пристроїв.....	36
3.3. Апаратна розробка автоматизованої системи керування мікрокліматом.....	40
3.4. Алгоритм роботи системи автоматизованого управління мікрокліматом.....	42
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	49
4.1. Структурно-функціональний аналіз та модель травмонебезпечних ситуацій.....	49
4.2. Розрахунок штучного заземлення.....	51
4.3. Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	52
5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОЦІНЕННЯ РОЗРОБКИ.....	54
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ.....	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	59
Додатки.....	61

ПЕРЕДМОВА

Забезпечення дотримання режимів обміну повітря в офісних приміщеннях необхідне для забезпечення належного самопочуття персоналу та продуктивності його праці. Адміністративно-офісний робітник проводить в приміщенні в середньому 40 годин на тиждень і підпадає під вплив різних бактерій, що веде до малорухливого режиму і підвищення рівня захворюваності. Це зумовлює потребу у дотриманні відповідних режимів праці і відпочинку, а також впровадження автоматизованої системи вентиляції та системи контролю мікрокліматом, щоб забезпечували здорове та продуктивне робоче середовище.

Моніторинг мікроклімату не тільки впливає на комфорт і безпеку людей, але й забезпечує правильний перебіг технологічних процесів, безперебійне функціонування обладнання, збереження сировини та готової продукції.

Актуальність кваліфікаційної роботи полягає у проектуванні автоматизованої системи забезпечення мікрокліматичних умов в адмінбудівлі. Об'єктом роботи є автоматизована система створення мікрокліматичних умов. Предметом роботи є показники мікрокліматичних умов.

Мета роботи – запроектувати автоматизовану систему керування мікрокліматом в приміщеннях адміністративної будівлі автотранспортного підприємства.

Отже, автоматизація систем створення мікрокліматичних умов стає актуальним напрямом розвитку сучасних виробничих та інженерних приміщень. Вона дозволяє не лише забезпечити стабільність параметрів мікроклімату, а й значно знизити енерговитрати, адаптуючи роботу обладнання до реальних потреб користувачів та зовнішніх умов.

1. АНАЛІЗ СИСТЕМ СТВОРЕННЯ МІКРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ

1.1. Поняття та загальні вимоги до мікроклімату виробничих приміщень

Мікроклімат – це кліматичні умови, створені в штучному просторі або обумовлені природними особливостями. Параметри, що характеризують мікроклімат у житлових, громадських та виробничих приміщеннях [1, 3]:

- Температура повітря;
- Відносна вологість;
- Швидкість руху повітря;
- Барометричний тиск.

Температура повітря – найважливіший показник комфортності. Від температури залежить і вологість повітря. Низькі температури провокують віддачу тепла організмом людини, цим знижуючи його захисні функції. Якщо в приміщенні встановлена неякісна теплотехніка, то люди постійно страждатимуть від переохолоджень, зазнають частих застуд, інфекційних захворювань тощо. Дуже висока температура в приміщенні (більше 27 °С) спричиняє не менші проблеми. Борючись із високою температурою, організм виводить сіль із організму – це може призвести до зниження імунітету, порушення водно-сольового балансу, який регулює роботу багатьох систем в організмі.

Вологість повітря – це чинник, який значною мірою залежить від температури. За відсутності зволожувачів, підвищення температури в приміщенні призводить до зниження вологості. Здорова людина може відчувати дискомфорт у сухому повітрі вже через 10–15 хвилин перебування. А якщо людина застуджена, сухість повітря може спричинити кашель.

В міру вологе повітря (40-60%) створить комфортні умови для робіт та відпочинку. У зимовий період він сприяє зміцненню імунітету, тому що не

дозволяє пересихати слизовою оболонкою і ставати вразливою для вірусів. У літній період при комфортній вологості легше переносити спеку, підтримувати здоровий стан шкіри та ін.

Швидкість руху повітря – чинник мікроклімату, на який багато хто взагалі не звертає уваги. В залежності від температури повітря швидкість його руху впливає на організм по-різному. Наприклад, при температурі до 33-35 °С швидкість 0,15 м/с комфортна, тому що при цьому повітря має освіжаючий ефект. Якщо температура вища за 35 градусів, то ефект буде зворотним.

Оптимальні показники мікроклімату можуть різнитися в залежності від навантаження яке впливає на людину під час праці. У випадку офісних працівників, робота «сидяча» і не пов'язана з інтенсивними навантаженнями, тож температура повітря в таких місцях має бути трохи вищою за середні критерії. Цей показник повинен дорівнювати 22-24 °С. При цьому рух повітря має бути мінімальним, а його вологість має становити – 50-60% [1-3].

1.2. Аналіз сучасних технологій моніторингу мікроклімату

Сучасні технології та інструменти мають об'єднуючу назву – «розумні пристрої». Сьогодні концепція «розумного дому» включає численні інноваційні рішення, що роблять житло особливим у плані безпеки та комфорту. Завдяки цим технологіям мрії про повністю автоматизований дім стають реальністю. Власнику більше не потрібно постійно турбуватися про своє житло — системи працюють цілодобово, без збоїв, навіть коли вдома нікого немає.

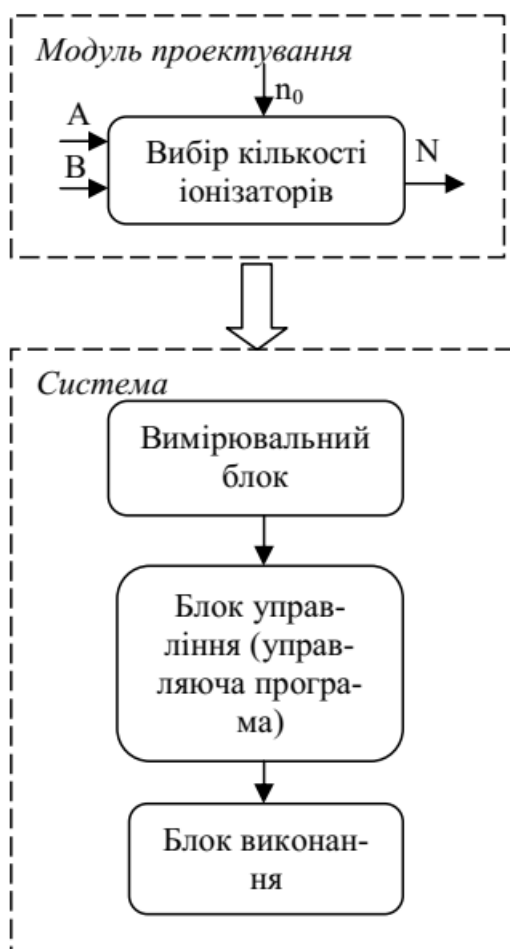
На ринку представлено багато компаній, що спеціалізуються на проектуванні систем для «розумного дому». Також використовується велика кількість обладнання, що забезпечує комфорт, зручність, зв'язок, безпеку й сприятливе середовище для відпочинку або роботи. Злагоджена робота всіх систем, їх взаємна інтеграція та простота в управлінні — саме це дозволяє називати житло «розумним домом».

Коли власника немає вдома, система підтримує оптимальний мікроклімат, зберігаючи затишок, захищаючи рослини й меблі. Вона автоматично вимикає зайве освітлення або, навпаки, створює ефект присутності, періодично вмикаючи й вимикаючи світло в різних кімнатах.

Вміст управляючої функції представляє собою сукупність рішень і реалізацію управляючих впливів на технічні засоби забезпечення параметрів мікроклімату. До управляючих функцій системи відносяться:

- визначення раціонального режиму проведення регулювання параметрів мікроклімату;
- формування і передача на входи виконуючих пристроїв управляючих впливів, які забезпечують реалізацію обраного режиму.

До допоміжних функцій відносяться такі, які забезпечують вирішення внутрішньосистемних задач і призначенні для забезпечення власного функціонування (забезпечення заданого алгоритму функціонування, контроль стану тощо).



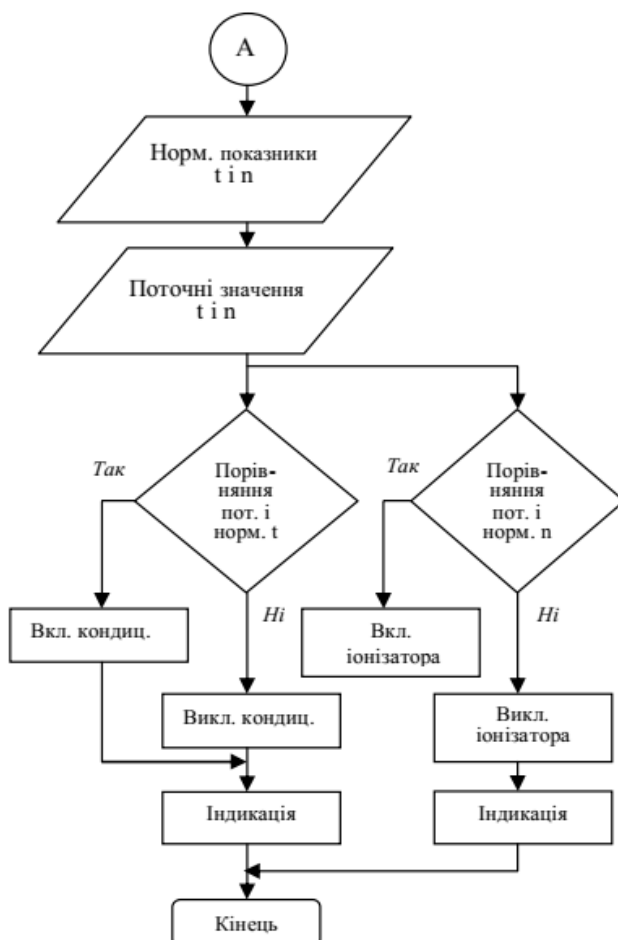
Система автоматизованого забезпечення оптимального мікроклімату виробничого приміщення з урахуванням функціональних вимог складається з двох модулів: проектування і, власне, самої системи на рисунку 1.1 [2, 13].

Рис. 1.1 – Функціональна структура автоматизованої системи контролю мікроклімату

Програмне забезпечення системи автоматизованого забезпечення оптимального

мікроклімату виробничого приміщення реалізує такі основні функції:

- аналіз і обробка інформації про геометричні розміри виробничого приміщення і силу випромінювання іонізатора повітря;
- видача рекомендацій про кількість встановлених іонізаторів повітря;
- введення інформації від датчиків температури і іонометра;
- аналіз і обробка введеної інформації;
- забезпечення спеціальними програмами необхідне надходження тепла від приладів опалення і концентрації від'ємних аероіонів від аероіонізаційного обладнання для підтримки заданого режиму мікроклімату;
- зв'язок користувача з системою збору і обробки інформації;
- прийняття рішень по заданому алгоритму;
- вивід управляючих впливів в канал управління;
- вивід повідомлення на дисплей терміналу;
- організація діалогу з оператором.



На рисунку 1.2 – наведено алгоритм функціонування системи автоматизованого забезпечення оптимального мікроклімату виробничого приміщення у вигляді блок-схеми. Алгоритм функціонування системи автоматизованого забезпечення оптимального мікроклімату зводиться до наступного. Спочатку визначаються нормовані показники температури робочого приміщення і нормовані показники аероіонізації.

Рис.1.2 – Блок схема системи автоматичного регулювання

Далі ці параметри порівнюються зі значеннями температури та рівня аероіонізації, отриманими від датчиків. Залежно від результатів цього порівняння, блок керування формує відповідну команду: у разі зниження температури нижче встановленої межі – вмикає наприклад кондиціонер, а при перевищенні допустимого значення – вимикає його. Аналогічно, якщо рівень аероіонів падає нижче норми, вмикається аероіонізатор, а при його надлишку – вимикається. Поточні показники мікроклімату та стан виконавчих пристроїв (увімкнено/вимкнено) відображаються на екрані.

1.3. Аналіз виробничих умов в приміщеннях 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. 1.1).

План-схема 2-о поверху адміністративної будівлі наведена на рис. 1.3.

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:

- подача припливного повітря (загальнообмінна) повинна передбачатися в зону дихання, припливні струмені не повинні проходити через забруднені зони приміщення;
- видалення повітря доцільно здійснювати безпосередньо від місць утворення шкідливих виділень (місцеві витяжки, парасольки і інші укриття систем місцевої вентиляції тощо);

Таблиця 1.1 – Характеристика приміщень

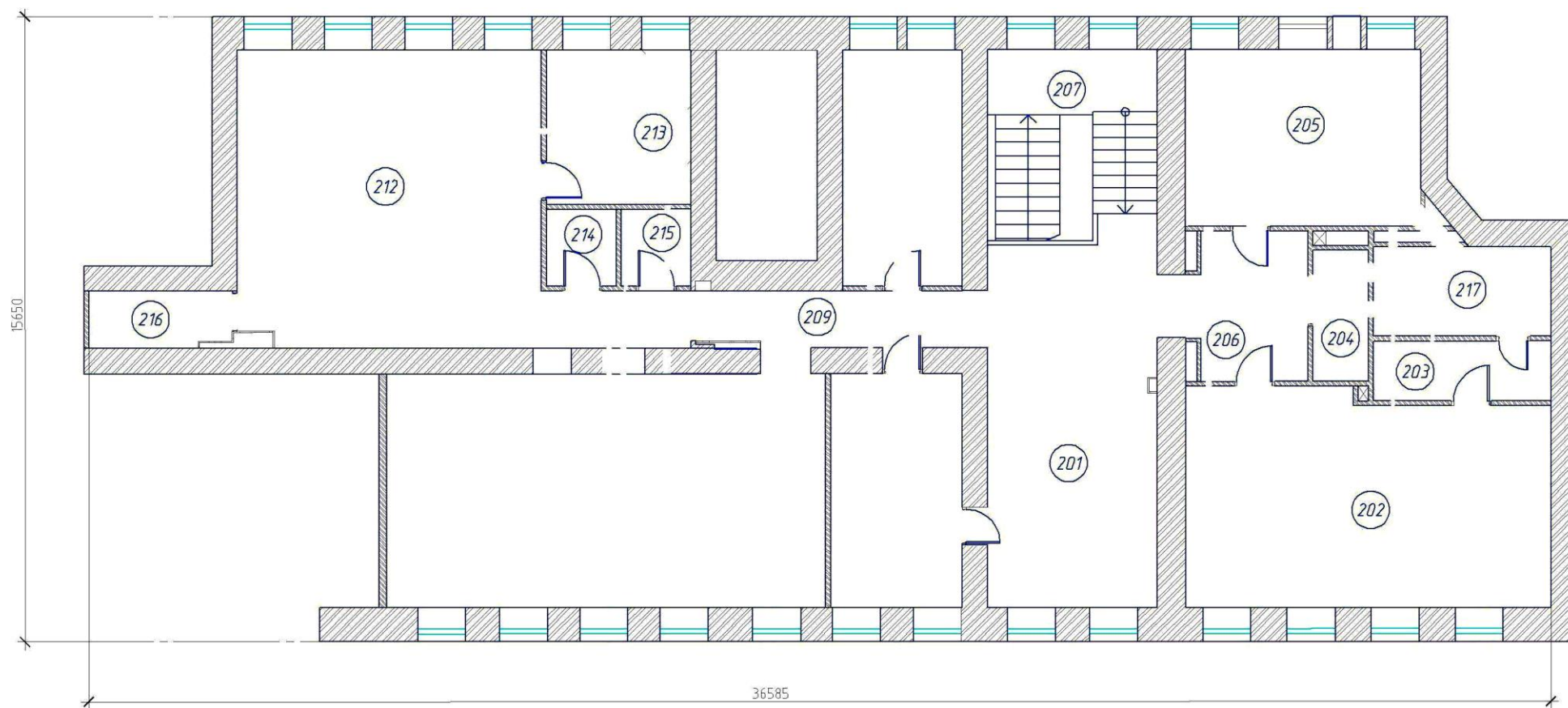
Приміщення №	F, м ²	h, м	К-ть людей	Світлові отвори lхh,м	t _{в.т.} , °C/φ в.т.	t _{в.х.} , °C/φ в.х.
101	44,94	3,5	2	-	23/50	21/40
201	40,86	3,5	2	1,2х2,1 (2шт.)	23/50	21/40
202	48,41	3,5	1+2*	1,2х2,1 (4шт.)	23/50	21/40
205	26,06	3,5	12*	1,2х2,1 (3шт.)	23/50	21/40
206	11,42	3,5	-	-	23/50	21/40
207	19,56	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 м³/год на одну людину. У інших приміщеннях люди знаходяться постійно більше 6 годин, кількість зовнішнього повітря, що подається, рівна 60 м³/год на одну людину, СНиП 2.08.02-89*.

Висота h береться від рівня підлоги до рівня стелі; висота h_ч = 3 м від рівня підлоги до рівня стелі.

- загальнообмінна витяжка встановлюється в зонах приміщення із найбільшим забрудненням;
- співвідношення між потоками повітря, що подається і видаляється з приміщень, вибирають таким чином щоб забезпечити напрям і достатню витрату повітря, що перетікає з “чистих” приміщень в “забруднені” суміжні приміщення;
- у будівлі і окремих його частинах, як правило, має бути повний баланс між сумарною подачею і сумарною витяжкою.



Експлікація приміщень 2-го поверху

№ Приміщ.	Назва	Площа, м²	№ Приміщ.	Назва	Площа, м²
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	Кухня	14,03
205	Переговорна 1	26,06	214	Санвузол 3	34,3
206	Холл	114,2	215	Санвузол 4	34,3
207	Сходи та клітка	19,56	216	Серверна	5,02
208	Кабінет 2	19,87	217	Венткамера	9,89
209	Коридор	10,54		Загальна площа 2-го поверху	368,92

Рис. 1.3 – План-схема 2-о поверху адміністративної будівлі

1.4. Аналіз пристроїв та обладнання систем мікроклімату

Вимоги до вентиляції офісних та побутових приміщень:

- для офісних приміщень дуже важливо мати автономну систему вентиляції з можливістю задавати графік її роботи, щоб система автоматично включалася в робочі дні з понеділка по п'ятницю, наприклад з 8 до 22 годин, а у вихідні дні та вночі відключалася або знижувала свою продуктивність;
- вентиляційна система має розташовуватися за стелею займаючи певний простір, тому, щоб уникнути ситуації, коли доведеться сильно опускати стелю, можна використовувати плоскі прямокутні повітроводи, які займають відносно небагато місця;
- для проектів вентиляції місць в офісі, призначених для куріння, необхідно передбачити автономний повітропровід, через який буде видалятися відпрацьоване повітря;
- для територій із великою щільністю населення важливо встановлювати в систему вентиляції повітряні фільтри, оскільки для нейтралізації шкідливих викидів від автомобілів, пилу тощо;
- при проектуванні дуже використовувати відповідні вентиляційні решітки, щоб забезпечити рівномірне розподілення повітря по зонах і не створювати сильних потоків, що потрапляють на людей.

Різновиди офісних систем вентиляції. В офісах можна побачити такі системи вентиляцій [4]:

- побутова;
- витяжна;
- припливна;
- припливно-витяжна;
- центральна.

Побутові кондиціонери для офісів (рис. 1.4) використовуються лише при можливості їх встановлення, а цьому часто заважає короткі траси побутових

настінних кондиціонерів, відсутність місця встановлення внутрішнього блоку та зовнішнього.

Єдиною перевагою побутових кондиціонерів над системами вентиляції каналного типу в умовах офісних приміщень є їх невисока вартість.



Рис. 1.4 – Побутовий кондиціонер

Припливна вентиляція. Система припливної вентиляції призначена для подачі свіжого повітря в приміщення. При необхідності повітря, що подається, можна нагріти або охолодити, зволожити, а також очистити від пилу. Вона використовується в тих випадках, коли природний повітрообмін не здатний забезпечити приплив свіжого чистого повітря достатньою мірою.

Витяжна вентиляція. Витяжна вентиляція, навпаки, видаляє забруднене повітря з приміщення. Витяжні системи вентиляції успішно працюють на виробництві, складах, на кухнях та курільних.

Припливно-витяжна вентиляція. Припливно-витяжна вентиляція (рис. 1.5) виходячи з назви є з'єднанням припливної і витяжної системи, яка поєднує в собі функціональність обох систем, а також їх переваги. Така система здібна організовувати максимально правильний та оптимальний повітрообмін в приміщенні.

Припливно-витяжна вентиляція може ефективно вирішувати не тільки проблеми з повітрообміном, але і з регулюванням температури та вологості, а

також фільтрацією повітря, у приміщенні. Система працює в будь-яку пору року.



Рис. 1.5 – Припливно-витяжна вентиляція

Принцип роботи припливно-витяжної вентиляції є досить простим (рис. 1.6). Система є невеликим корпусом, в якому розміщені фільтр і система примусового нагнітання.

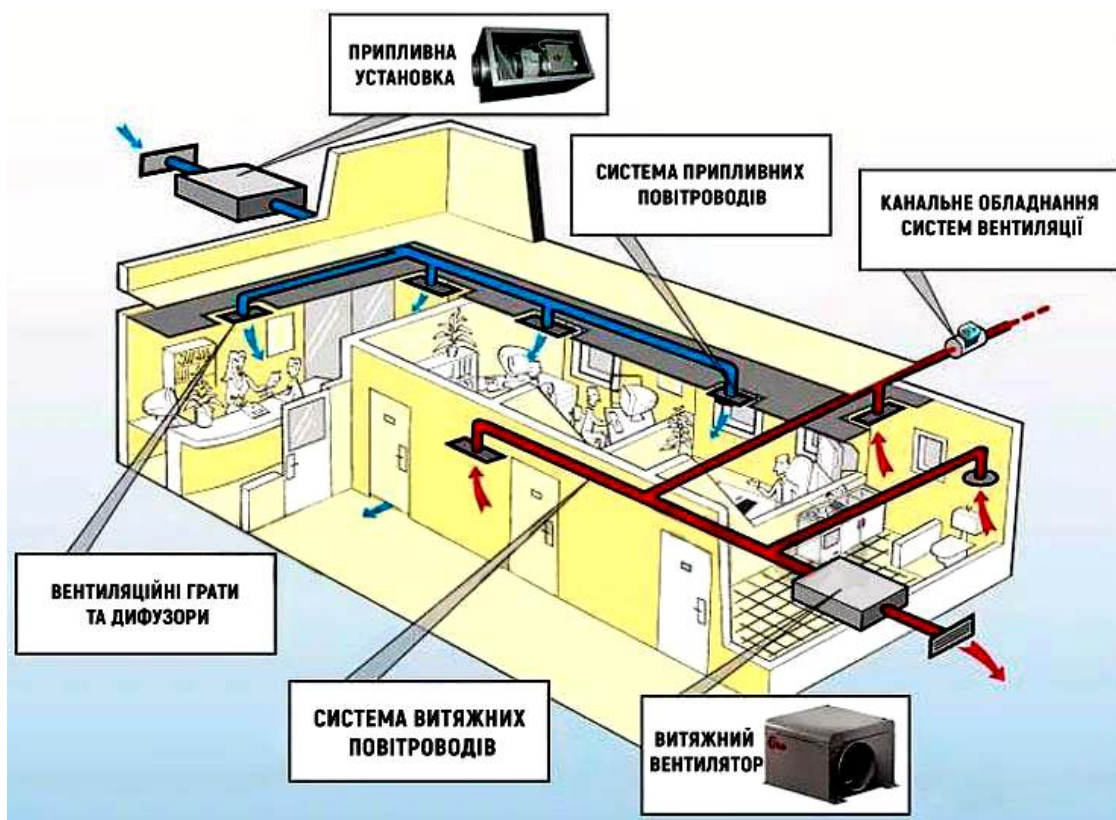


Рис. 1.6 – Приклад роботи припливно-витяжної системи вентиляції

Після врахування площі та особливостей приміщення визначається необхідна потужність вентилятора індивідуально. Вентиляційна система складається з двох основних каналів: 1) канал подачі, через який свіже повітря потрапляє в систему, проходить очищення у фільтрі, підігрівається і подається до приміщення; 2) канал забору, який виводить використане повітря назовні.

Завдяки використанню системи утилізації тепла, яка забезпечує підігрів свіжого повітря за рахунок теплового витяжного, припливно-витяжна вентиляція дозволяє суттєво знизити витрати на експлуатацію. Монтаж такої системи зазвичай здійснюється у приміщеннях площею понад 100 м².

Температурне збереження досягається шляхом використання теплового повітря, що видаляється з приміщення (у виробничих зонах, наприклад у цехах, воно може бути ще теплішим). Для цього застосовується спеціальний теплообмінник — рекуператор (рис. 1.7).

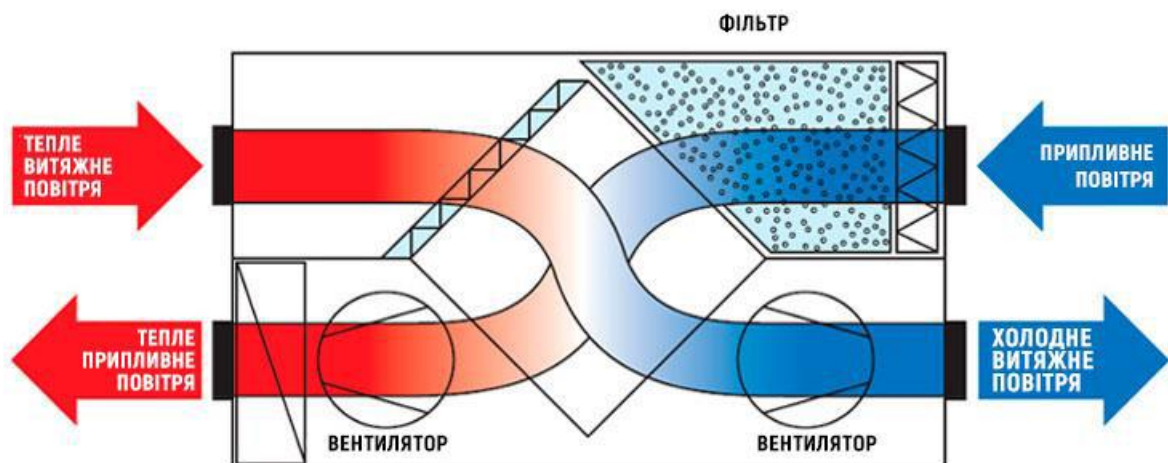


Рис. 1.7 – Принцип роботи рекуператора

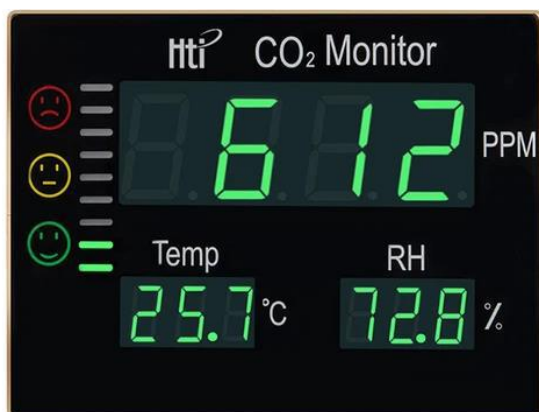
Центральні кондиціонери. Центральний кондиціонер виконує функцію підготовки повітря та його подачі в приміщення. Зазвичай такі системи застосовуються в офісах, де одночасно перебуває багато людей. Водночас вони можуть використовуватись і в інших типах приміщень — виробничих, громадських чи комунальних — де необхідно підтримувати визначені показники температури, вологості, чистоти повітря, швидкості його циркуляції та вмісту кисню. Отже, для досягнення таких умов потрібне

спеціальне обладнання, яке й забезпечує ці параметри повітряного середовища — саме цю роль і виконує центральний кондиціонер.



Рис. 1.8 – Центральний кондиціонер

Пульти керування системою мікроклімату застосовують для забезпечення ефективного контролю та автоматизації умов повітряного середовища в приміщеннях



а)



б)

Рис. 1.9 – Пульти керування системою мікроклімату: а) WALCOM HT-2008; б) DELTA OHM HD-4617BDTSR

Пульти керування системою мікроклімату призначені для – моніторингу та регулювання параметрів мікроклімату (рис. 1.9).

2. ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЗАСОБИ СТВОРЕННЯ МІКРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ

2.1. Апаратні платформи для автоматизації системи

2.1.1. Мікроконтролерна платформа Arduino

На сьогоднішній час є кілька платформ для розробки системи віддаленого контролю кліматичних параметрів приміщення. Розглянемо найпопулярнішу – Arduino [16]. 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.

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.

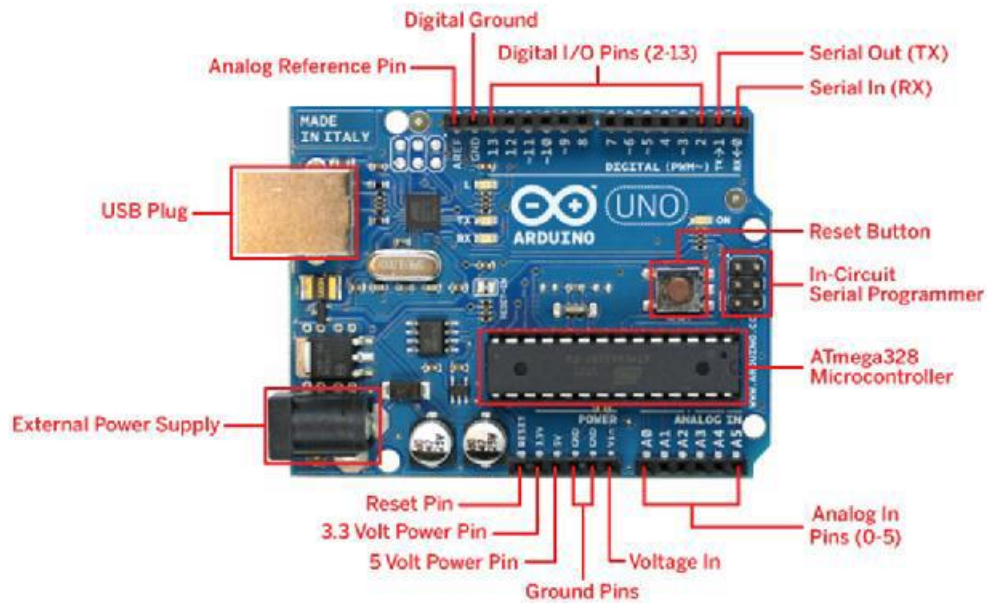


Рис. 2.1 – Загальний вигляд контролера Arduino Uno

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.

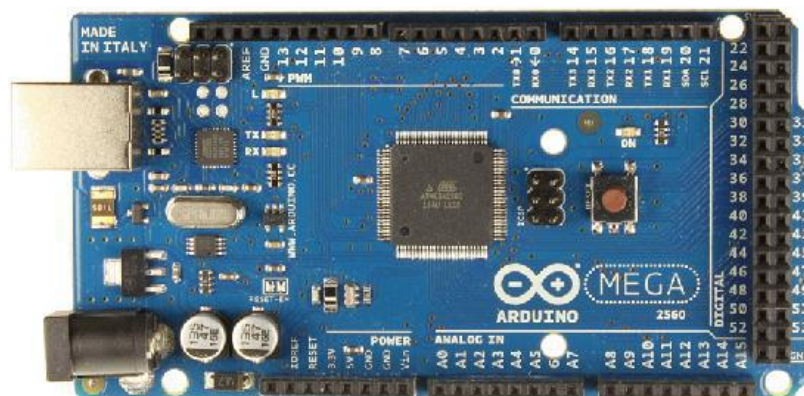


Рис. 2.2 – Платформа Arduino Mega

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.

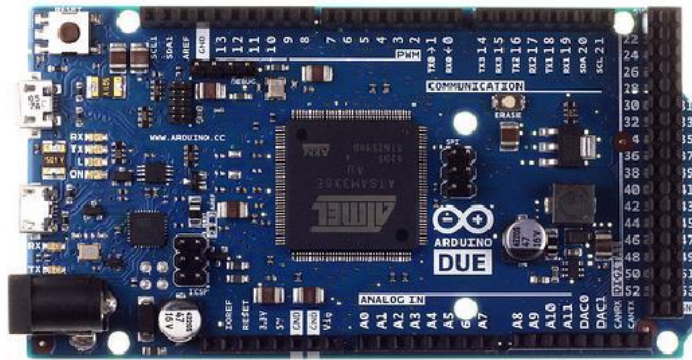


Рис. 2.3 – Платформа Arduino Due

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.

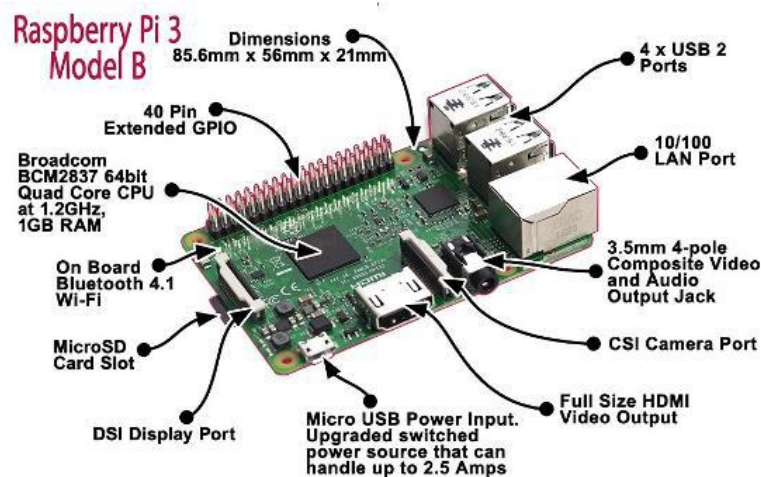


Рис. 2.4 – Платформа Rasbery Pi

Для реалізації автоматизованих систем, які працюють з давачами в режимі реального часу також підходить Arduino. Якщо ж необхідно аналізувати статистику з використанням методів математичного аналізу, прогнозування, статистики, моделювання – краще використовувати Rasbery Pi [12].

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.

2.1.2. Мікроконтролер ESP 8266 з інтерфейсом Wi-Fi та промислові контролери

Не дивлячись на те, що Arduino та Rasbery 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 [13].

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 мікроклімат 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.

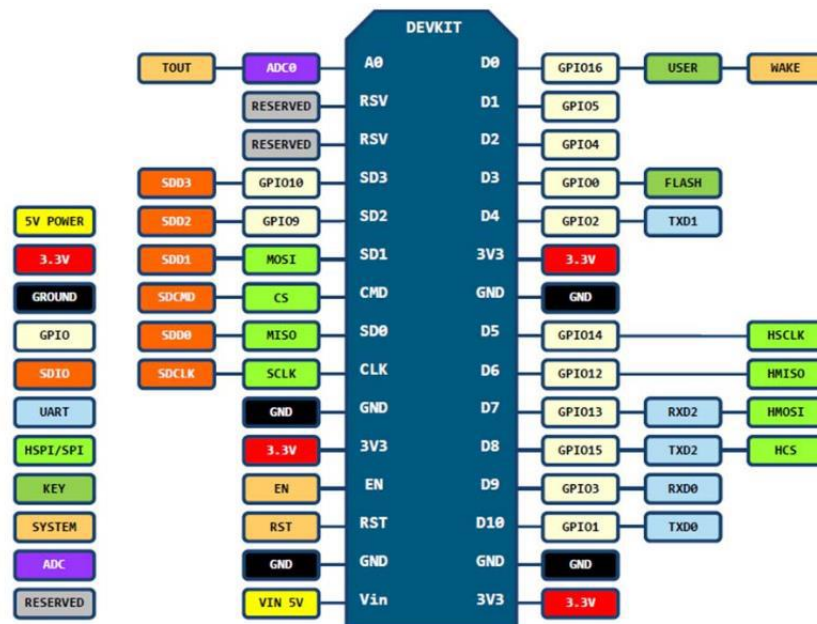


Рис. 2.5 – Розпіновка та логічне значення виводів ESP 8266 Node MCU

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.

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 [19]. 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.

2.2. Виробничі та мікрокліматичні умови адміністративної будівлі

У кваліфікаційній роботі передбачена установка припливного агрегату "Systemair - Danvent DV 10", продуктивністю по зовнішньому повітрю 1770 м³/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 вентильованих приміщеннях, як правило, навіть в холодний період року (при працюючому опалюванні) мають місце тепло надлишки.

Тепло- і вологонадходження від людей визначають за таблицею 2.1. [4] з урахуванням температури внутрішнього повітря в приміщенні та інтенсивності фізичного завантаження людей.

Таблиця 2.1 – Кількість теплоти і вологи, що виділяється дорослими людьми (чоловіками)

Показник	Кількість тепла, людиною Вт/чел, 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.

2.3. Розрахунок теплових режимів 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 [4]:

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

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

Коефіцієнт теплопередачі зовнішніх конструкцій:

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

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

Термічний опір зовнішньої поверхні зовнішніх стін :

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

Термічний опір внутрішньої поверхні приміщення з помірною циркуляцією повітря :

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

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

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

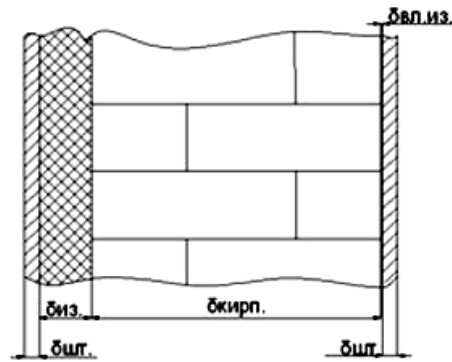


Рис. 2.1. Параметри стіни будівлі

Сумарний термічний опір конструкції:

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

Коефіцієнт теплопередачі конструкції рівний:

$$K_H = 0,33 \frac{Bt}{m^2 \cdot K}.$$

2.4. Розрахунок балансу тепла та вологи приміщення

Теплонадходження в теплий період року:

Приміщення №201. Приміщення адміністратора.

Теплонадходження через стіни внаслідок теплопередачі [3, 4, 9]:

$$\Sigma Q_{огр. \Delta t} = Q_{огр. н} + Q_{св. пр}, Вт; \quad (2.3)$$

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

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

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

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

Теплонадходження через стіни внаслідок сонячної радіації:

$$\Sigma Q_{огр. с. р} = Q_{огр. н. с. р} + Q_{св. пр. с. р}, Вт, \quad (2.4)$$

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

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

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

Теплонадходження від людей:

В приміщенні адміністратора 2і людини.

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

Теплонадходження від штучного освітлення:

Прийmemo $q_{\text{осв}} = 25 \text{ Вт}$ на 1м^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 ($N_{\text{ком}}=65 \text{ Вт}$), 1 монітор ($N_{\text{мон}}=70\text{Вт}$), 1 малий настільний лазерний принтер ($N_{\text{пр}}=130 \text{ Вт}$), и факс ($N_{\text{факс}}=30\text{Вт}$), тоді

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

Таблиця 2.2 – Результати визначення сумарного теплонадходження в теплий період року

Приміщ. №	$\Sigma Q_{\text{огр. дт. т}},$ 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.

Аналогічні розрахунки виконано для інших приміщень адмін. будівлі.

Теплонадходження в холодний період року:

Приміщення №201. Приміщення адміністратора.

Теплонадходження через стіни внаслідок теплопередачі [3]:

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

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

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

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

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

Теплонадходження від людей:

В приміщенні адміністратора 2і людини.

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

Теплонадходження від штучного освітлення:

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

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

Теплонадходження від оргтехніки:

Таблиця 2.3 – Результати визначення сумарного теплонадходження в холодний період року

Приміщ. №	$\Sigma Q_{\text{огр. } \Delta t. \text{ х}},$ Вт	$Q_{\text{л. х}},$ Вт	$Q_{\text{осв}},$ Вт	$Q_{\text{орг}},$ Вт	$\Sigma Q_{\text{х}},$ 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

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 ($N_{\text{пр}}=130 \text{ Вт}$), и факс ($N_{\text{факс}}=30 \text{ Вт}$), тоді

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

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

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

2.5. Вологонадходження у приміщення адмінбудівлі

Вологонадходження у теплий період року:

Приміщення №201. Приміщення адміністратора.

Вологонадходження від людей [3]:

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

Таблиця 2.4 – 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 №202. Кабінет 1.

Вологонадходження від людей:

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

Приміщення №211. Кімната співпрацівників 1.

Вологонадходження від людей:

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

Сумарні вологонадходження в теплий період року

$$W_T = W_{л.т} \cdot K, \text{ кг/с}, \quad (2.6)$$

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 2.4.

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

Вологонадходження у холодний період року:

Приміщення №201. Приміщення адміністратора.

Вологонадходження від людей [1]:

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

Таблиця 2.5 – Результати визначення сумарного вологонадходження в теплий період року

Приміщ. №	$W_{л.х} \cdot 10^{-6}, \text{ кг/с}$	$W_x \cdot 10^{-6}, \text{ кг/с}$
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

Сумарні вологонадходження в холодний період року

$$W_x = W_{л.х} \cdot K, \text{ кг/с}. \quad (2.7)$$

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 КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ

3.1. Результати розрахунку витрат повітря в приміщеннях

Виконаємо розрахунок витрати припливного повітря і його асимілююча здатність.

У приміщення де люди знаходяться постійно, більше 6 годин, за СНиП 2.08.02-89* подається зовнішнє повітря по санітарній нормі 60 м³/год на одну людину. У приміщення де люди знаходяться менше 2 годин, подається 30 м³/год зовнішнього повітря на одну людину.

Витрата припливного повітря [4]:

$$V_{\text{п}} = \sum n \cdot V \text{ м}^3/\text{год}, \quad (3.1)$$

де n - кількість людей в приміщенні; $V_{\text{п}}$ - кількість зовнішнього повітря, що подається, на одну людину (дорівнює кількості припливного повітря), м³/год.

Кількість теплоти, яку асимілює припливне повітря:

$$Q_{\text{п}} = \frac{\sum V_n \cdot \rho_{\text{п}} \cdot \Delta i_p}{3600}, \quad (3.2)$$

де Δi_p - робоча різниця ентальпій в теплий період року, кДж/кг,

$$\Delta i_p = i_{\text{в}} - i_{\text{п}}, \quad (3.3)$$

За i - d діаграмою знаходимо: $i_{\text{в}} = 45$ кДж/кг, $i_{\text{п}} = 42$ кДж/кг, Δt_p – робоча різниця температур в теплий період °С, $\Delta t_p = 3$ °С; $\rho_{\text{п}}$ – густина припливного повітря, кг/м³, $\rho_{\text{п}} = 1,181$ кг/м³ при $t_{\text{п.т}} = 20$ °С.

Приміщення №201, 206, 207, 209.

$$V_{\text{п}} = \sum n \cdot V = 2 \cdot 60 = 120 \text{ м}^3/\text{год},$$

$$Q_{\text{п}} = \frac{\sum V_n \cdot \rho_{\text{п}} \cdot \Delta i_p}{3600} = \frac{120 \cdot 1,181 \cdot 3}{3600} = 0,12 \text{ кВт}.$$

Приміщення №202. Кабінет 1.

$$V_{\text{п}} = \sum n \cdot V = 1 \cdot 60 + 2 \cdot 30 = 120 \text{ м}^3/\text{год},$$

$$Q_{\text{п}} = \frac{\sum V_n \cdot \rho_{\text{п}} \cdot \Delta i_p}{3600} = \frac{120 \cdot 1,181 \cdot 3}{3600} = 0,12 \text{ кВт}.$$

Таблиця 3.1 – Результати визначення режимів роботи вентиляційної системи

Приміщ. №	К-ть припливного повітря $V_{\text{п}}, \text{м}^3/\text{год}$	К-ть виведеного повітря $V_{\text{в}},$ $\text{м}^3/\text{год}$	Система №
101	120	60	П1/В1
201,206,207,209	120	-	П1
202	120	60	П1/В1
203	-	50	В2
204	-	50	В2
205	360	330	П1/В1
208	90	80	П1/В1
210	180	170	П1/В1
211	360	330	П1/В1
212	300	280	П1/В1
213	120	160	П1/В1
214	-	50	В3
215	-	50	В3
216	-	40	В1
217	-	60	В1
Итого:	1770	1770	

У загальний баланс по повітрю включаємо також і санітарні вузли. Кількість повітря, що видаляється з санітарного вузла, рівна $50 \text{ м}^3/\text{рік}$ на кожен унітаз.

Приміщення №202. Кабінет 1 - $V_{\text{в}} = 60 \text{ м}^3/\text{год}$.

Приміщення №203. Санітарний вузол 1 - $V_{\text{в}} = 50 \text{ м}^3/\text{год}$.

Приміщення №211. Кімната співпрацівників 1 - $V_{\text{в}} = 330 \text{ м}^3/\text{год}$.

Всі розрахунки зводимо в таблицю 3.1.

П1 – припливна система, продуктивністю - $1770 \text{ м}^3/\text{год}$;

В1 – витяжна система, продуктивністю - $1570 \text{ м}^3/\text{год}$;

В2 – витяжна система, продуктивністю - $100 \text{ м}^3/\text{год}$;

В3 – витяжна система, продуктивністю - $100 \text{ м}^3/\text{год}$.

3.2. Розрахунок і підбір повітророзподільних пристроїв

Для приміщень: 101, 201, 202, 205, 208, 210, 211, 212, як повітророзподільні пристрої вибираємо стельові квадратні дифузори марки АПР, фірми "Арктос", призначені для застосування в припливних і витяжних системах вентиляції і кондиціонування повітря (рис. 3.1).

Дифузори АПР складаються з прямокутного корпусу, в якому за допомогою пружин встановлюється блок з направляючих пластинів. За рахунок вбудованого клапана витрати, здійснюється плавне регулювання витрати повітря. Дифузори виготовлені з алюмінію і покриті емаллю. Для зручності монтажу дифузори забезпечені кріпленнями у вигляді клямок, за допомогою яких вони приєднуються до камери статичного тиску.

Дифузори ДПУ-м, складаються з корпусу, приєднувального патрубку і рухливого обтічника. Виготовлені з поліпропілену. Розподільники повітря АПР і ДПУ-м вставляються у фальш-стелю.

Площа підлоги, що доводиться на 1 повітророзподільника, м^2 [1, 3, 4]:

$$\sqrt{F_{\text{роб.зони}}} = 1 \div 3,3 \cdot (h - h_{\text{роб.зони}}), \quad (3.4)$$

$$F_{\text{роб.зони}} = \left(1 \div 3,3 \cdot (h - h_{\text{роб.зони}}) \right)^2, \quad (3.5)$$

де h – висота установки воздухорозподільника, $h = 3\text{ м}$; $h_{\text{роб.зони}}$ – висота робочої зони, $h_{\text{роб.зони}} = 1,5\text{ м}$.

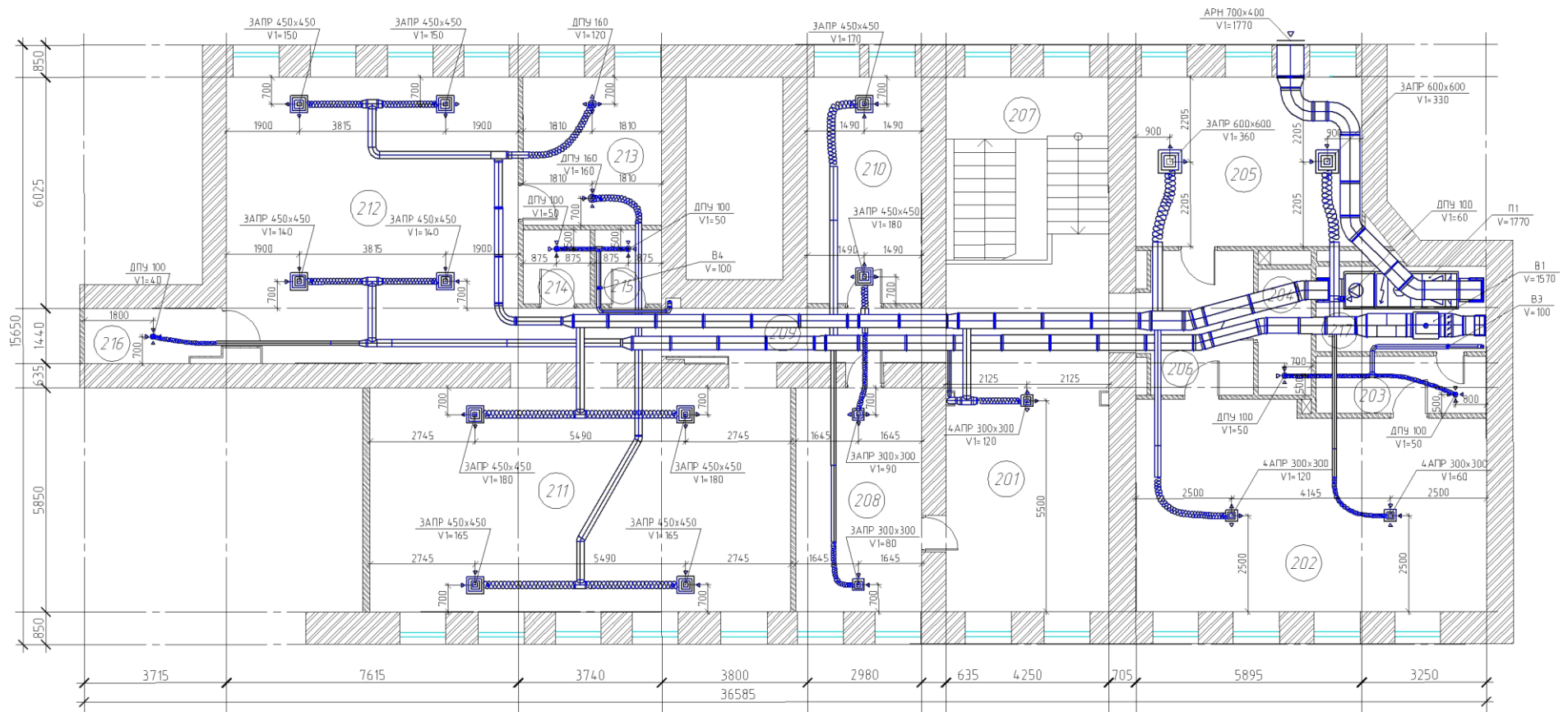
Довжина повітряного струменя, м :

$$x = 0,5 \cdot \sqrt{F_{\text{роб.зони}}} + h_{\text{ном}} - h_{\text{роб.зони}}. \quad (3.6)$$

Швидкість повітря на виході з розподільника повітря, м/с :

$$w_0 = \frac{V_1}{3600 \cdot F_0}, \quad (3.7)$$

де F_0 – площа перерізу, м^2 ; V_1 – кількість повітря що проходить через 1 повітророзподільник, $\text{м}^3/\text{год}$.



Експлікація приміщень 2-го поверху

№ прим.	Назва	Площа, м²	№ прим.	Назва	Площа, м²
201	Приміщення адміністратора	40,86	210	Перегородка 2	17,66
202	Кабінет 1	48,41	211	Кабінет працівників 1	65,22
203	Сандружчя 1	6,33	212	Кабінет працівників 2	62,54
204	Сандружчя 2	4,65	213	Коридор	16,03
205	Перегородка 1	26,06	214	Сандружчя 3	3,43
206	Холл	11,42	215	Сандружчя 4	3,43
207	Сходи/ліфт	12,56	216	Сандружчя	5,02
208	Кабінет 2	19,87	217	Вентильатор	9,89
209	Коридор	11,54		Загальна площа 2-го поверху	368,92

Умовні позначення:

- Підвітропровід притічний
- Підвітропровід витяжний
- Підвітропровід звукоізолюючий
- Вентильатор каналний
- Дифузор стельовий припливний
- Дифузор стельовий витяжний
- Дифузор стельовий витяжний

Рис. 3.1 – План-хема 2-о поверху адміністративної будівлі VAT «Самбірське АТП-14608» Самбірського району Львівської області (продовження)

Максимальна швидкість струменя в робочій зоні, м/с:

$$w_x^{\max} = \frac{m \cdot w_o \cdot \sqrt{F_o}}{x} \cdot k_c \cdot k_b \cdot k_n, \quad (3.8)$$

де m – аеродинамічний коефіцієнт повітророзподільного пристрою; k_c – коефіцієнт ніяковості; k_b – коефіцієнт взаємодії струменя; k_n – коефіцієнт неізотермічності.

Значення параметрів F_o , m , k_c , k_b , k_n , залежить від типу повітророзподільного пристрою і береться по каталогу фірми "Арктос". Швидкість руху повітря в припливних і витяжних ґратах приймаємо не більше 2,5 м/с.

Припливна система П1. Вибираємо схему подачі повітря струменями, що настеляються на стелю.

Приміщення №201. Приміщення адміністратора.

Виберемо 1 дифузор 4АПР 300х300, для нього: V_1 – 120 м³/год; F_o – 0,015 м²; m – 2,2; k_c – 0,9; k_b – 1; k_n – 1.

Площа підлоги, що припадає на 1 повітророзподільник [9, 13, 17]:

$$F_{\text{роб.зони}} = \left(1 \div 3,3 \cdot (h - h_{\text{роб.зони}}) \right)^2 = (3,3 \cdot (3 - 1,5))^2 = 24,5 \text{ м}^2.$$

Довжина повітряного струменя:

$$x = 0,5 \cdot \sqrt{F_{\text{роб.зони}}} + h_{\text{ном}} - h_{\text{роб.зони}} = 0,5 \cdot \sqrt{24,5} + 3 - 1,5 = 4 \text{ м}.$$

Швидкість повітря на виході з розподільника повітря :

$$w_0 = \frac{V_1}{3600 \cdot F_o} = \frac{120}{3600 \cdot 0,015} = 2,23 \text{ м/с}.$$

Максимальна швидкість струменя в робочій зоні:

$$w_x^{\max} = \frac{m \cdot w_o \cdot \sqrt{F_o}}{x} \cdot k_c \cdot k_b \cdot k_n = \frac{2,2 \cdot 2,23 \cdot \sqrt{0,015}}{4} \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 = 0,14 \text{ м/с}.$$

3.3. Апаратна розробка автоматизованої системи керування мікрокліматом

Під час створення власної системи віддаленого керування можна використовувати будь-яку мову програмування високого рівня разом із додатковим програмним забезпеченням для реалізації необхідного функціоналу та контенту. Однак такий підхід вимагає від розробника високого рівня підготовки, знань у сфері передачі даних, розробки інтерфейсів та мобільних застосунків. На сучасному етапі розвитку ІТ-сфери доцільніше використовувати вже готові програмні рішення для дистанційного керування, які дають змогу швидко налаштувати клієнт-серверну архітектуру з двостороннім зв'язком і оптимізацією процесів.

У нашому випадку для реалізації системи буде використано такі апаратні модулі:

- ESP8266 NodeMcu – налагоджувальний модуль, Плата з Wifi та OLED дисплеєм;
- DHT-22 – реле-давач вологості і температури повітря [19];
- LCD 1602-I2C – символний дисплей;
- MQ-135 – давач якості повітря;

Давач використовує сучасну технологію збору цифрових сигналів і метод зондування вологості, що забезпечує високу точність, стабільність і надійність отримуваних даних. Його чутливі елементи інтегровані з 8-бітним мікроконтролером. Кожен екземпляр цієї моделі проходить калібрування в спеціальній високоточній камері, а отриманий калібрувальний коефіцієнт зберігається в ОТР-пам'яті (одноразово програмованій). Під час роботи давач зчитує цей коефіцієнт із пам'яті для точного вимірювання.

Компактні розміри, низьке енергоспоживання та можливість передачі даних на відстань до 20 метрів роблять DHT22 ефективним рішенням для використання в умовах, що вимагають стабільної роботи. Основні технічні характеристики наведено в таблиці 3.2 специфікації давача DHT22.

Таблиця 3.2 – Технічна специфікація DHT22

Модель	DHT22
Живлення	3.3 – 5 V DC
Вихідний сигнал	По шині One-wire
Вимірювальний елемент	Полімерний конденсатор
Допустимі межі	Вологість: 0 – 100%; Температура: -40 – 80 °C
Чутливість	Вологість: 0,1 %; Температура: 0,1 °C
Похибка	Вологість: ± 1 %; Температура: $\pm 0,2$ °C
Мінімальний період вимірювання	2 секунди



Рисунок 3.2 – Давач вологості і температури DHT22

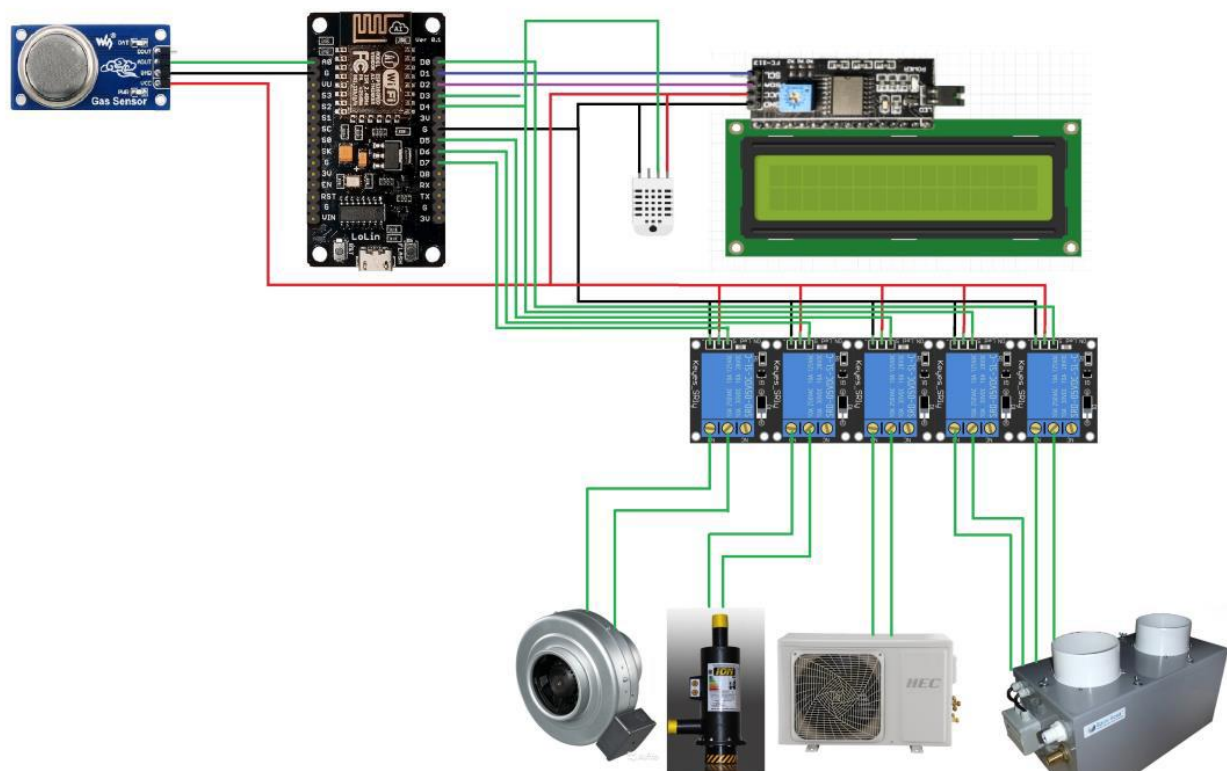


Рисунок 3.3 – Схема з'єднань апаратної частини автоматизованої системи контролю мікроклімату приміщень адмінбудівлі

Управляючі механізми будуть з'єднані наступним чином до входів ESP 8266:

- D0 – Кондиціонер;
- D1- D2 - lcd1602_i2c;
- D3 – DHT22;
- D4 – Котел;
- D5 – Зволожувач;
- D6 – Осушувач;
- D7 – Вентилятор;
- A0 – Давач CO₂;

Схема з'єднань приведена на рисунку 3.2.

3.4. Алгоритм роботи системи автоматизованого управління мікрокліматом

Для реалізації інформаційної системи віддаленого моніторингу та керування параметрами мікроклімату приміщень необхідно визначити основні показники, які система буде підтримувати, а також розробити алгоритм її роботи.

Виходячи з наведених вище вимог до забезпечення комфортних умов для людини, температура в зимовий період має бути не нижчою за 18 °С, а в літній — не вищою за 27 °С. Якщо температура опускається нижче 18 °С, система, працюючи в автоматичному режимі, повинна ввімкнути опалювальний котел. У випадку перевищення температури понад 27 °С у літній період, активується пристрій охолодження — наприклад, кондиціонер.

Для реалізації системи моніторингу кліматичних параметрів, зокрема в теплиці, необхідно розробити пристрій на основі мікроконтролера. У цьому проєкті буде використано мікроконтролер ESP8266. До складу пристрою

входитимуть: блок живлення, модулі реле, давачі вологості та вуглекислого газу, LCD-дисплей, а також допоміжні функціональні блоки.

Програмування контролера здійснюватиметься в середовищі FLprog, де як мову програмування буде обрано FBD (Function Block Diagram), що відповідає стандарту ІЕС 61131-3. Ця мова базується на логіці дискретної електроніки та дозволяє створювати стабільні, передбачувані програми без впливу людського фактора. FBD-підхід передбачає побудову програми у вигляді окремих блоків, що логічно поєднуються в єдиний цикл виконання мікроконтролером.

Перед написанням програми необхідно чітко сформулювати задачу. Вона полягає в моніторингу кліматичних показників, відображенні їх на дисплеї та автоматичному керуванні виконавчими механізмами теплиці (вентиляція, полив, обігрів тощо) залежно від температури та вологості повітря.

Інтерфейс FLprog складається з кількох основних зон:

Дерево проекту — вибір типу контролера.

Область тегів — оголошення регістрів контролера та створення змінних.

Бібліотека функціональних блоків — набір основних блоків і макросів, що використовуються в програмуванні.

Робоче поле — простір для побудови програми.

У бібліотеці доступні блоки для оформлення інтерфейсу, базові логічні елементи, тригери, таймери, лічильники, математичні операції, блоки масштабування, дисплеї, реальний час, керування моторами, масиви, інфрачервоне управління, давачі, бітові операції, комунікаційні модулі тощо. Це дозволяє створити гнучку, функціональну та надійну систему керування мікрокліматом.

Блоки оформлення застосовуються для візуального впорядкування та структуризації проєкту, тобто для зручного оформлення робочої області під час програмування.

До базових логічних елементів належать такі компоненти, як: 1) OR (логічне "АБО"); 2) AND (логічне "І"); 3) XOR (виключне "АБО").

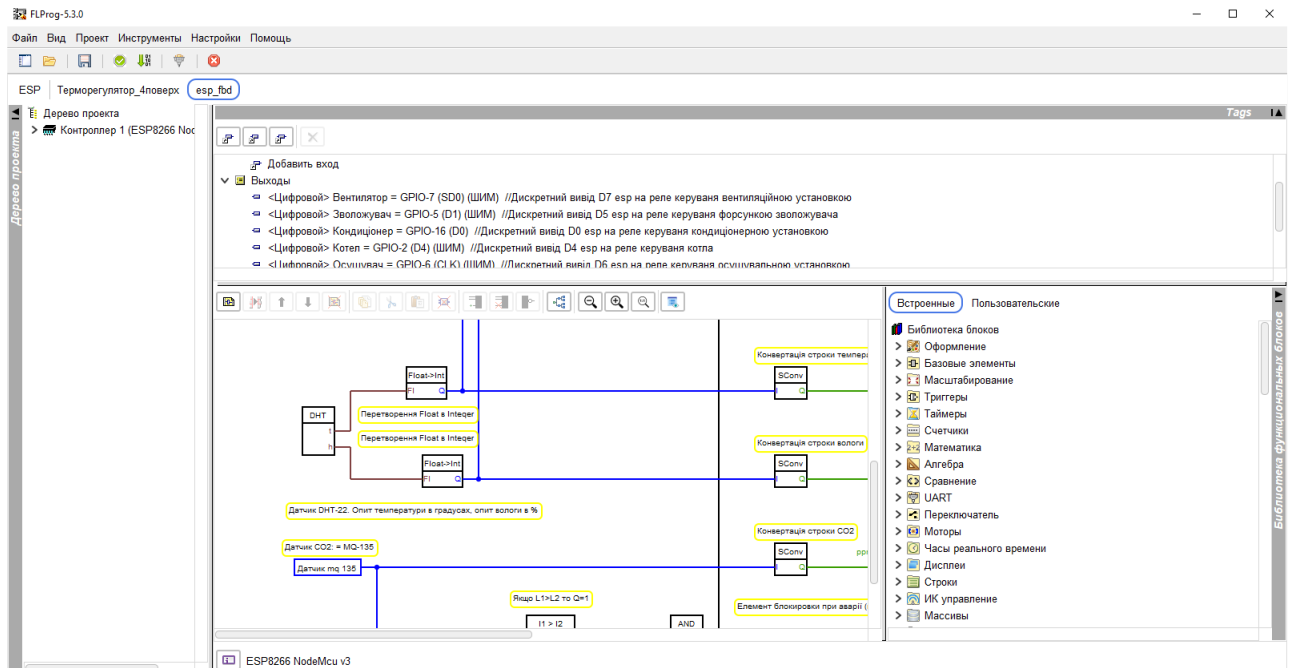


Рисунок 3.4 – Початкове вікно формування програми

Елемент OR це логічна операція "АБО":

A	B	Q
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Елемент AND це логічна операція "І":

A	B	Q
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Блок масштабування використовує блок scale. Цей блок призначений для масштабування вхідних значень і виводити від масштабовані значення.

Блок тригери використовує тригер SR, тригер TT, тригер Rtrig, тригер RS [11, 13, 19].

Елемент SR тригер

S R Q

0 1 0

1 0 1

1 1 1

Будова і принцип роботи датчика загазованості MQ135. Електронна схема датчика зображена на рисунку 3.5.

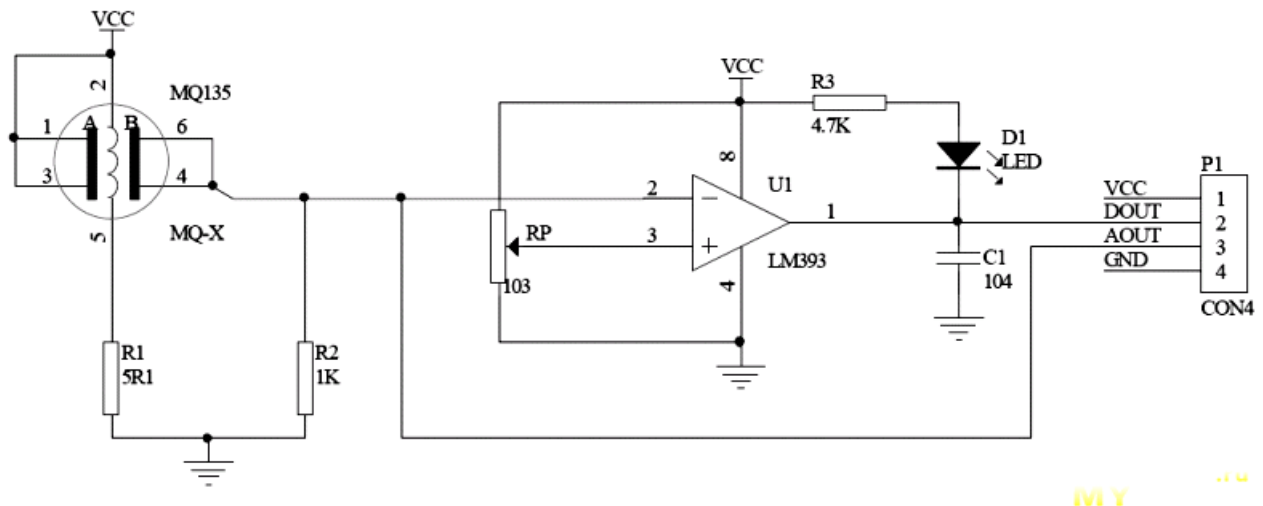


Рис. 3.5 – Схема датчика MQ135

Принцип роботи датчика полягає в наступному: після запуску елемент MQ-X проходить фазу нагрівання. Компаратор U1 зазвичай використовується для порівняння входних сигналів на виводах 2 і 3 відносно заданого порогу, встановленого резистором RP. Однак у цьому випадку компаратор не застосовується — сигнал зніматиметься безпосередньо з виходу сенсорного елемента MQ-X.

Щодо самої програми, то у верхній частині назначаємо дискретні входи і виходи рис. 3.6.

Призначення дискретних виходів ESP8266:

D7 — керування реле вентиляційної установки

D5 — керування реле форсунки зволожувача

D0 — керування реле кондиціонера

D4 — керування реле котла

D6 — керування реле осушувача

Конфігурування компонентів у FLprog:

На початку роботи обираються макроси основних компонентів:

- 1) Макрос давача DHT-22;
- 2) Макрос давача вуглекислого газу;
- 3) Макрос LCD-дисплея.

У налаштуваннях макросу DHT-22 (який виконує опит температури в °C і вологості у %) задається номер цифрового входу — в даному випадку GPIO-0 (D3). Також у макросі встановлюються мітки виводів для температури й вологості та задається інтервал опитування давача.

Після завершення конфігурації DHT-22 аналогічно налаштовуються інші давачі.

Алгоритм роботи програми:

Після увімкнення контролера:

1. Зчитування температури:

- З цифрового входу **D3** знімаються дані типу *Float* з давача DHT-22.
- Для зручності відображення інформації дані конвертуються у *Integer*.
- Значення температури розділяються на два канали:

Перший канал: переводиться у текстовий рядок і виводиться на LCD-дисплей через блоки конвертації й об'єднання рядків.

Другий канал: передається на два компаратори:

- Якщо температура $> 27\text{ }^{\circ}\text{C}$ — вмикається кондиціонер.
- Якщо температура $< 18\text{ }^{\circ}\text{C}$ — активується котел.

2. Зчитування вологості:

- Дані також знімаються як *Float* і перетворюються у *Integer*.
- Потім розподіляються аналогічним чином:

Один канал — для виводу значень вологості на дисплей.

Другий канал — на компаратори:

- Якщо вологість $< 30\%$ — вмикається зволожувач.
- Якщо вологість $> 50\%$ — активується осушувач.

Алгоритм розробленої автоматизованої системи
приведено на рисунку 3.6

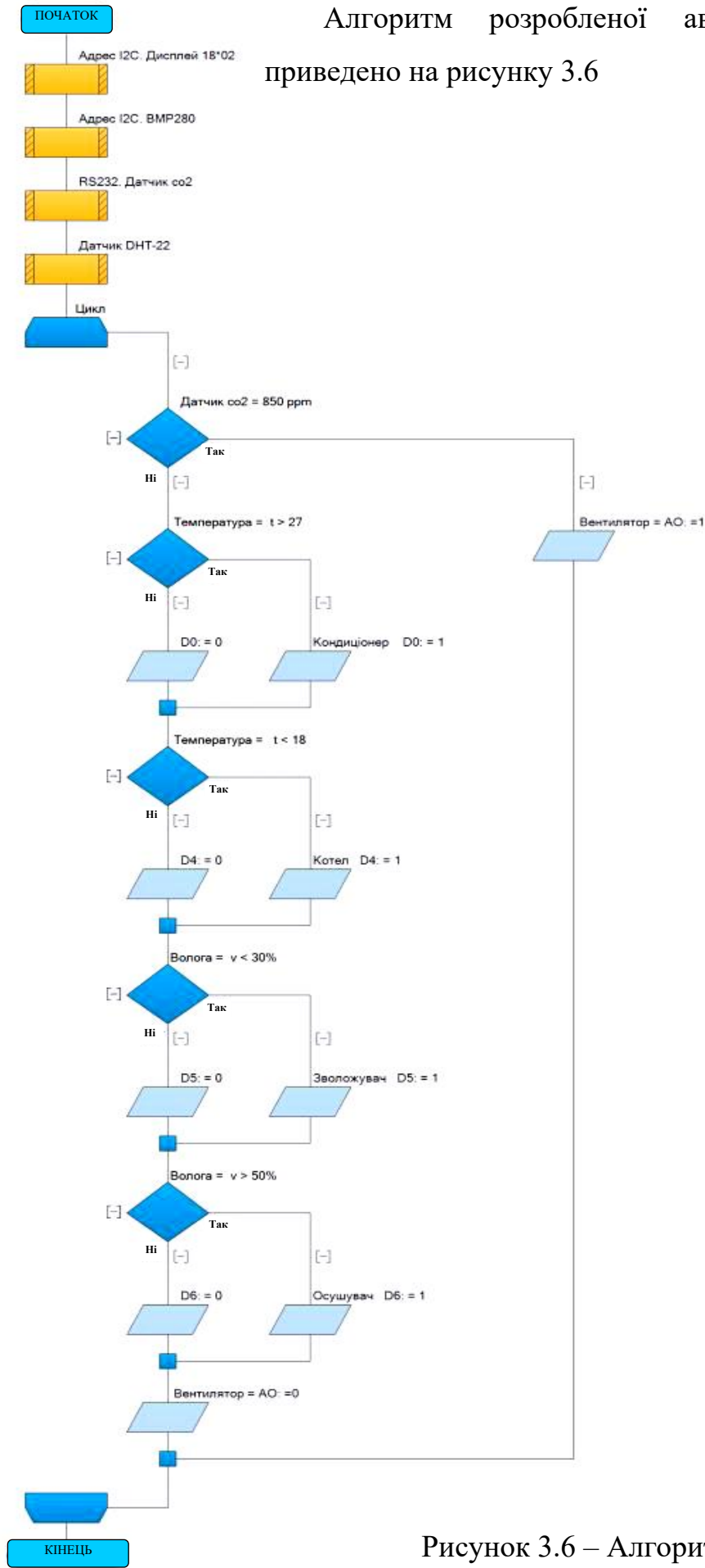


Рисунок 3.6 – Алгоритм керуючої програми

Склад пристрою:

Система включає:

- Давач температури та вологості (DHT-22);
- Давач загазованості (наприклад, MQ-X);
- Релейний модуль;
- LCD-дисплей

Після ввімкнення пристрою першим опитується давач загазованості. Далі знімаються показники температури та вологості.

Система працює автоматично:

- При температурі $> 27^{\circ}\text{C}$ — вмикається кондиціонер;
- При температурі $< 18^{\circ}\text{C}$ — вмикається котел;
- При вологості $< 30\%$ — вмикається зволожувач;
- При вологості $> 50\%$ — вмикається осушувач.

Цей алгоритм забезпечує підтримання комфортного мікроклімату в приміщенні.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Структурно-функціональний аналіз та модель 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 [3, 4].

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.

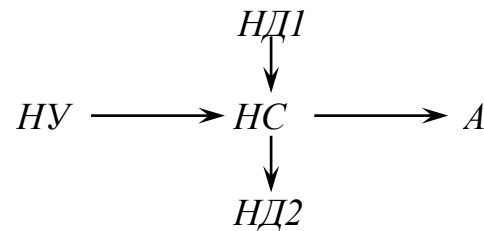
Забороняється допускати до роботи в електроустановках осіб, які не пройшли навчання і перевірку знань Правил безпечної експлуатації електроустановок.

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

Таблиця 4.1. Моделювання процесів виникнення травмонебезпечних і аварійних ситуацій

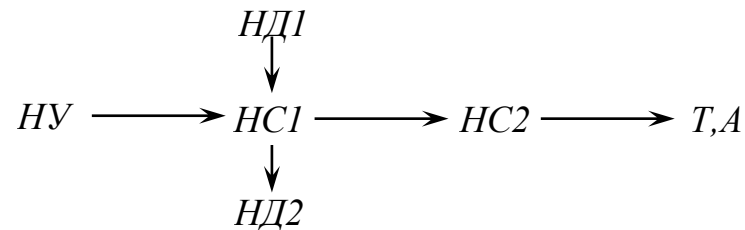
Вид робіт	Виробнича безпека			Можливі наслідки	Заходи запобігання небезпечним ситуаціям
	Небезпечна умова (НУ)	Небезпечна дія (НД)	Небезпечна ситуація (НС)		
Використання механічної вентиляції	Оператор не перевіряв обладнання НУ	Пошкоджений трубопровід мережі НД1 Закупорений трубопровід шланга НД2	Відмова 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. Розрахунок штучного заземлення

Вибір штучного заземлення проводиться в залежності від характеру ґрунту і способу забивання стержнів [3, 4]. 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 50х50х5 мм, а протяжного – пластинчасту сталь 40х4 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.

4.3. Безпека в надзвичайних ситуаціях

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 автоматизовану систему створення оптимальних умов мікроклімату у 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 в адмінбудівлі, а також обладнання системи вентиляції (мережі, виносні конструкції, фіксуючі пристрої, двигуни, вентилятори, здавачі, контролери тощо) [5, 9, 10].

Згідно із опрацьованими даними та проведеними розрахунками, встановлено такі значення капіталовкладень в обладнання – $C_1 = 420\,000$ грн., а для витрат на підготовчі, транспортні роботи та будівельні роботи тощо відповідно – $C_2 = 86\,500$ грн.

Балансову вартість обладнання визначаємо за формулою [5, 9, 10]:

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

де K_m – коефіцієнт, що враховує витрати на монтаж і обкатку, $K_m = 1,15$.

$$B_y = (420\,000 + 86\,500) \cdot 1,15 = 606\,050,0 \text{ грн.}$$

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

$$A_y = a \cdot B_y = 0,07 \cdot 606\,050,0 = 42\,423,0 \text{ грн.} \quad (6.2)$$

Річні приведені витрати на роботу установки становитимуть

$$P_y = A_y + 0,15 \cdot B_y = 42\,423,0 + 0,15 \cdot 606\,050,0 = 133\,331,0 \text{ грн.}$$

Тривалість (t_n) роботи системи залежить від тривалості перебування людей в приміщенні. Для адмінбудівлі це проміжок доби з 7⁰⁰ до 23⁰⁰ год, тобто – $t_n = 16$ год.

При потужності електродвигуна вентилятора $N_H = 4$ кВт річні витрати (для 12 місяців) електроенергії становитимуть

$$C_e' = N_H \cdot n \cdot t_n \cdot 12 \cdot 30 = 4 \cdot 2 \cdot 16 \cdot 12 \cdot 30 = 46\,080,0 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік.} \quad (6.4)$$

При тарифі на електроенергію 0,686 грн/кВт·год для підприємств, річні витрати коштів становитимуть:

$$\Delta E_1 = e \cdot C'_e = 0,686 \cdot 46\,4080,0 = 31\,610,9 \text{ грн.} \quad (6.5)$$

Перебування працівників у приміщеннях із низькою якістю повітря зумовлює втрати їх здоров'я, а саме загальну хворобливість, слабкість організму та низьку відпірність 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) [5, 9, 10]:

$$M_{n1} = D_m \cdot S \cdot \Phi, \quad (6.6)$$

де D_m – а кількість людино-днів непрацездатності, відповідно до загальної кількості працівників (100 людино-днів); S – середня денна вартість оздоровлення одної особи, 1300 грн./добу; Φ – коефіцієнт матеріальних наслідків (страхові внески, штрафи, матеріальні втрати тощо); $\Phi = 2$.

Таблиця 6.1. Результати вартісного оцінення розробок у проєкті

№ п/п	Показник	Розмірність	Значення
1	Капіталовкладення у придбання вентиляційної мережі	грн.	420 000
2	Витрати на підготовчі, транспортні роботи та будівельні роботи тощо	грн.	107 000
3	Балансова вартість обладнання	грн.	606050.0
4	Експлуатаційні витрати	грн.	42423.5
5	Річні приведені витрати на роботу установки	грн./рік	133331.0
6	Річні витрати (для 12 місяців) електроенергії	кВт·год/рік	46080.0
7	Річні витрати коштів на роботу установки	грн./рік	31610.9
8	Матеріальні наслідки хворобливості працівників	грн./рік	156000.0
9	Термін окупності капіталовкладень	років	3.88

Матеріальні наслідки хворобливості:

$$M_n = 100 \cdot 1300 \cdot 1,2 = 156000,0 \text{ грн} / \text{рік}.$$

Отже, річний економічний ефект від впровадження системи відображатиме зниження витрат на оздоровлення працівників та становитиме – 156000,0 грн/рік.

Тоді, термін окупності капіталовкладень у систему автоматизації створення мікроклімату знайдемо

$$T_{ок} = \frac{B_y}{M_n} = \frac{606050,0}{156000,0} = 3,88 \approx 4 \text{ роки}.$$

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 – 4 роки.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

Мікроклімат виробничих приміщень – це сукупність умов внутрішнього середовища, які впливають на тепловий обмін працівника з навколишнім середовищем. Такий обмін відбувається за рахунок процесів конвекції, теплопровідності (кондукції), теплового випромінювання та випаровування вологи з поверхні тіла.

До основних параметрів, що характеризують мікрокліматичні умови у виробничих приміщеннях, належать: температура повітря, температура поверхонь, барометричний тиск, інтенсивність інфрачервоного випромінювання, відносна вологість повітря та швидкість руху повітря. Саме ці показники визначають ступінь комфортності або шкідливості умов праці для людини.

Системи вентиляції, що забезпечують необхідні параметри мікроклімату, поділяються за кількома ознаками. За призначенням вентиляційні системи поділяються на припливні, витяжні та припливно-витяжні. Припливна система подає свіже повітря до приміщення, витяжна — виводить відпрацьоване повітря, а припливно-витяжна виконує обидві функції одночасно, забезпечуючи повноцінний обмін.

Автоматизована система мікроклімату дає можливість контролювати умови праці, не вимагаючи ручної перевірки якості повітря. Всі цінні дані такі як температура, вологість, тиск, CO₂ і інтенсивність світла можна відображати за допомогою здавачів у цифровому виразі і на комп'ютері.

Задачею створення кваліфікаційної роботи є консолідація та оптимізація існуючих рішень для автоматизації керування мікрокліматом в офісних приміщеннях на базі єдиного мікроконтролерного комплексу, що забезпечить здорове та продуктивне робоче середовище, а також звільнить людину від ручного контролю вентиляцією приміщення адмінбудівлі.

Виконано розрахунок теплового режиму будівлі з урахуванням теплообміну із зовнішнім середовищем, що дозволило визначити загальний

термічний опір огорожувальних конструкцій та коефіцієнти теплопередачі для зовнішніх стін і вікон.

Застосовано стандартні методики для розрахунку повітрообміну в приміщеннях, а також проведено розрахунок і підбір повітророзподільних пристроїв і повітропроводів вентиляційної системи адміністративної будівлі.

У процесі розробки апаратної частини роботи виконано вибір датчиків та мікропроцесорного контролера, проведено аналіз їх доцільності застосування. Розроблено програмне забезпечення для управління та реалізації системи, а також створено алгоритм керуючої програми автоматизованої системи створення мікрокліматичних умов в приміщеннях адмінбудівлі.

Техніко-економічне оцінення розробок у кваліфікаційній роботі дало змогу встановити балансову вартість обладнання, річні приведені витрати на роботу установки, річні витрати коштів на функціонування автоматизованої системи, а також термін окупності капіталовкладень, який для заданих умов експлуатації становитиме – 4 роки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Види мікроклімату і його вплив на здоров'я людини. URL: https://pidruchniki.com/81180/bzhd/vidi_mikroklimatu_vpliv_zdorovya_lyudini (дата звернення 30.05.2025).
2. ДСТУ 2388-94 Системи вентиляційні. Терміни та визначення URL: http://ksv.do.am/GOST/DSTY_ALL/DSTY3/dsty_2388-94.pdf (дата звернення: 22.04.2022).
3. 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.
4. Загальні заходи та засоби нормалізації параметрів. URL: <http://oppb.com.ua/news/zagalni-zahody-ta-zasoby-normalizaciyi-parametriv-mikroklimatu> (дата звернення 30.05.2025).
5. Закон України про оплату праці. URL: https://taxlink.ua/ua/normative_acts/zakon-ukraini-pro-oplaty-praci/ (дата звернення: 22.04.2022).
6. Класифікація давачів. URL: https://stud.com.ua/28685/bzhd/klasifikatsiya_datchikiv (дата звернення 16.05.2025).
7. Класифікація промислових контролерів. URL: <https://www.rbc.ua/ukr/digests/promyshlennyye-kontrollery-i-ih-klassifikatsiya-07102013154200> (дата звернення 28.04.2025).
8. Монітор мікроклімату (CO₂, RH, Temp) AZ-7729 : вебсайт. URL: <https://simvolt.ua/monitor-mikroklimatu-co2-rh-temp-az-7729/> (дата звернення: 03.04.2022).
9. Національний стандарт України. Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового

комфорту, освітлення та акустики (EN 15251:2007, IDT) / ДСТУ Б EN 15251:2011. Київ, 2012. 71 с.

10.Обґрунтування економічної ефективності. URL: https://pidruchniki.com/12590605/menedzhment/obgruntuvannya_ekonomichnoyi_efektivnosti_innovatsiynogo_proektu (дата звернення: 22.04.2022).

11.Пристрої – ATAGO. URL: <https://www.atago.net/ххх> (дата звернення 28.04.2025).

12.Платформа Rasbery Pi. URL: <https://www.securitylab.ru/analytics/491458.php> (дата звернення 28.04.2025).

13.Система автоматизованої підтримки оптимального мікроклімату виробничого приміщення [Текст] : навч.пос./ О.В. Строкань // Системи обробки інформації. 2014. Вип. 5. С. 97-100.

14.Структура експертної системи інтелектуального регулювання мікроклімату житлових приміщень [Текст]: навч.пос./ А. І. Купін, І. О. Музика, Д. І. Кузнецов. Запоріжжя, 2017. 177 с.

15.Цивільний захист [Текст]: навч.пос./ К. О. Левчук, Р. Я. Романюк, А. О. Толок. Дніпродзержинськ, 2016. 315 с.

16.Arduino. URL: <http://isearch.kiev.ua/uk/searchpractice/science/1752-arduino-a-simple-but-not-too-simple> (дата звернення 30.05.2025).

17.Energy Saving Ordinance EnEV 2019 (Постанова з економії енергії EnEV 2019).

18.Mac OS, Linux и Windows. URL: http://suhorukov.com/news_akademy/sravnenie-operacionnyh-sistem-mac-os-linux-i-windows (дата звернення 28.04.2025).

19.Overview of temperatur sensors. URL: <https://www.ni.com/ru-ru/innovations/white-papers/06/overview-of-temperature-sensors.html> (дата звернення 28.04.2025)

Додатки

Додаток А.

Таблиця А.1. Оптимальні величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря робочої зони виробничих приміщень

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху, м/с
Холодний	легка Іа	22-24	60-40	0,1
	легка Іб	21-23	60-40	0,1
	середньої важкості Іа	19-21	60-40	0,2
	середньої важкості Іб	17-19	60-40	0,2
	важка ІІІ	16-18	60-40	0,3
Теплий	легка Іа	23-25	60-40	0,1
	легка Іб	22-24	60-40	0,2
	середньої важкості Іа	21-23	60-40	0,3
	середньої важкості Іб	20-22	60-40	0,3
	важка ІІІ	18-20	60-40	0,4