

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**Чорноморський національний університет імені Петра Могили**

**Факультет комп'ютерних наук**

**Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій**

**ДОПУЩЕНО ДО ЗАХИСТУ**

Завідувач кафедри АКІТ,

кандидат технічних наук, доцент

\_\_\_\_\_ М. І. Сіделев

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА**

**АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА МІКРОКЛІМАТУ В**

**ОФІСНОМУ ПРИМІЩЕННІ**

Спеціальність «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

151 – КРБ.1 – 471.21817102

**Студент**

\_\_\_\_\_ Калевич Д.К.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 р.

**Керівник** кандидат технічних наук, доцент

\_\_\_\_\_ Щесюк О.В.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 р.

**Миколаїв – 2022**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Чорноморський національний університет ім. Петра Могили  
( повне найменування вищого навчального закладу )

Інститут, факультет, відділення: Комп'ютерних наук  
Кафедра, циклова комісія: Автоматизація та КІТ  
Освітньо-кваліфікаційний рівень: рівень вищої освіти перший (бакалавр)

Напрямок підготовки 151 «Автоматизація та приладобудування»  
(шифр і назва)

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

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри, голова циклової комісії**

**Сідєєв М. І.** \_\_\_\_\_

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2022 року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Калевич Денис Костянтинович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи)

Автоматизована система мікроклімату в офісному приміщенні

керівник проекту (роботи) канд. техн. наук, доцент Щєсюк Олег Володимирович, затверджені наказом вищого навчального закладу від “ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021 року № \_\_\_\_

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 17.06. 2022

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Вимірювання температури в діапазоні 0 ... +65 °С, вимірювання відносної вологості 20 ... 90 RH, вимірювання тиску 300 ... 1100 hPa, виявлення газів 10-1000 ppm, максимальна відстань передачі Wi-Fi сигналу, автоматизація керування на основі вимірних параметрів.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Анотація; вступ; огляд науково-технічної літератури по схемо-технічним принципам побудови та функціонування системи контролю параметрами мікроклімату; розробка функціональної та електричної принципової схем; розробка алгоритму автоматизованої системи мікроклімату в офісних приміщеннях; розгляд охорони праці оператора системи контролю мікроклімату; висновки; перелік джерел посилання.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) функціональна та електрична принципова схеми, плакат з алгоритмом роботи автоматизованої системи мікроклімату в офісних приміщеннях.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Щєсюк О.В., доцент кафедри АКІТ	01.12.2021	
2	Щєсюк О.В., доцент кафедри АКІТ	01.03.2022	
3	Щєсюк О.В., доцент кафедри АКІТ	01.04.2022	
4	Алексеева А.О., доцент кафедри екології	19.04. 2022	

7. Дата видачі завдання «15» жовтня 2021 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Затвердження пропозицій теми від керівника	20.09.2021	
2	Обговорення із студентом затвердженої теми	01.10.2021	
3	Формування завдання	15.10.2021	
4	Визначення актуальності, об'єкту, предмету	01.11.2021	
5	Пошук літератури, патентний пошук, уточнення задач дослідження	15.11.2021	
6	Виконання першої частини	01.12.2021	
7	Аналіз керівником записки першої частини (ЕВ*), формування зауважень та пропозицій	29.12.2021	
8	Опрацювання другої частини	01.03.2022	
9	Робота над третьою частиною	01.04. 2022	
10	Робота над розділом з охорони праці	19.04. 2022	
11	Передзахисти	19.05. 2022	
12	Передача автореферату кваліфікаційної роботи в електронному вигляді	10.06. 2022	
13	Передача (ДВ) кваліфікаційної роботи	17.06. 2022	

\*ЕВ – електронний варіант, ДВ – друкований варіант.

Студент \_\_\_\_\_ Калевич Д. К.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

**Керівник проекту (роботи)**

\_\_\_\_\_ Щєсюк О. В.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

**Калевич Д.К. Автоматизована система мікроклімату в офісному приміщенні. Бакалаврська кваліфікаційна робота із спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно - інтегровані технології. – Миколаїв, ЧНУ ім. Петра Могили, 2022. – 77 сторінок, 35 рисунків, 18 таблиць.**

Бакалаврська робота присвячена розробці автоматизованої системи моніторингу мікрокліматом в офісних приміщеннях. В ході роботи виготовлено робочу модель системи на базі платформи Arduino Nano.

Створено функціональну та принципову електричну схеми, пророблено алгоритм роботи, вибрані елементи системи, написано програмний код автоматизованої системи мікроклімату офісних приміщень.

Оптимізація якості повітря в офісних приміщеннях (Air quality index, AQI) необхідна для забезпечення самопочуття та продуктивності персоналу. Офісний робітник працює в середньому 40 годин на тиждень, і тепер COVID-19 нагадав наскільки важливим є впровадження якісної системи вентиляції та систем контролю мікрокліматом, щоб забезпечували здорове та продуктивне робоче середовище.

У сформованій епідеміологічній обстановці мікроклімат займає особливе місце. За результатами останніх досліджень, контроль та регуляція показників температури та вологості повітря здатні значно скоротити масштаби поширення COVID-19.

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

## ANNOTATION

**Kalevych D.K. Automated microclimate system in the office. Bachelor work of specialty in 151 Automation and computer-integrated technologies. - Mykolaiv, Petro Mohyla Black Sea National University, 2022. - 77 pages, 35 images, 18 tables.**

The bachelor's thesis is devoted to the development of an automated microclimate monitoring system in office premises. During the work, a working model of the system was made on the basis of the Arduino Nano platform.

The functional and basic electric scheme is created, the algorithm of work is worked out, elements of system are chosen, the program code of the automated system of microclimate of office premises is written.

Optimization of air quality in office premises (Air quality index, AQI) is necessary to ensure the well-being and productivity of staff. The office worker works an average of 40 hours a week, and now COVID-19 is reminded of the importance of implementing a quality ventilation system and microclimate control systems to ensure a healthy and productive work environment.

In the current epidemiological situation, the microclimate occupies a special place. According to recent studies, the control and regulation of temperature and humidity can significantly reduce the spread of COVID-19. Microclimate monitoring not only affects the comfort and safety of people, but also ensures the proper flow of technological processes, uninterrupted operation of equipment, preservation of raw materials and finished products.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП.....</b>	<b>3</b>
<b>1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА ПАТЕНТНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ .....</b>	<b>4</b>
1.1 Теоретичні відомості про моніторинг і регулювання мікроклімату.....	4
1.2 Класифікація приладів.....	10
1.3 Приклади систем моніторингу .....	17
Висновки до розділу 1.....	27
<b>2 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ МІКРОКЛІМАТУ .....</b>	<b>29</b>
2.1 Особливості побудови системи мікроклімату .....	29
2.2 Функціональна схема системи моніторингу мікроклімату .....	31
2.3 Вибір засобів для реалізації функціональних блоків системи.....	32
2.4 Вибір системи вентиляції .....	46
2.5 Принципова електрична схема .....	48
2.6 Алгоритм роботи .....	49
Висновки до розділу 2.....	55
<b>3 ОХОРОНА ПРАЦІ В ОФІСНИХ ПРИМІЩЕННЯХ.....</b>	<b>57</b>
Вступ .....	57
3.1 Основні санітарно-гігієнічні вимоги до умов праці в офісних приміщеннях.....	57
3.2 Шкідливі фактори проектованого виробничого середовища .....	60
3.3 Організація цивільного захисту на об'єктах промисловості та виконання заходів щодо запобігання виникненню надзвичайних ситуацій техногенного походження .....	68
3.4 Безпека у надзвичайних ситуаціях .....	71
Висновки до розділу 3.....	72
<b>ВИСНОВКИ .....</b>	<b>74</b>
<b>ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....</b>	<b>75</b>

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Оптимізація якості повітря в офісних приміщеннях (Air quality index, AQI) необхідна для забезпечення самопочуття та продуктивності персоналу. Офісний робітник працює в середньому 40 годин на тиждень, і тепер COVID-19 нагадав наскільки важливим є впровадження якісної системи вентиляції та систем контролю мікрокліматом, щоб забезпечували здорове та продуктивне робоче середовище.

У сформованій епідеміологічній обстановці мікроклімат займає особливе місце. За результатами останніх досліджень, контроль та регуляція показників температури та вологості повітря здатні значно скоротити масштаби поширення COVID-19.

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.

**Мета:** розробка автоматизованої системи мікроклімату офісних приміщень для забезпечення комфорту і безпеки людей, підвищення продуктивності праці.

**Об'єкт:** системи моніторингу та вентиляції офісних приміщень

**Предмет:** будова системи моніторингу і вентиляції офісних приміщень, її моделювання, отримання результатів та подальша її розробка.

**Основні задачі:**

1. Проаналізувати існуючі системи моніторингу і вентиляції мікроклімату, конкурентні рішення, патенти.
2. Розробити функціональну схему.
3. Розробити алгоритм роботи на основі функціональної схеми.
4. Розробити електричну принципову схему.
5. Розглянути питання охорони праці.



# 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА ПАТЕНТНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ

## 1.1 Теоретичні відомості про моніторинг і регулювання мікроклімату

### Мікроклімат

Мікроклімат - це кліматичні умови, створені в штучному просторі або обумовлені природними особливостями. Параметри, що характеризують мікроклімат у житлових та громадських приміщеннях:

- Температура повітря;
- Відносна вологість повітря;
- Швидкість руху повітря;

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 спекою, організм виводить сіль із організму. Така ситуація також може призвести до зниження імунітету, порушення водно-сольового балансу, який регулює роботу багатьох систем в організмі.

Вологість повітря – це фактор, який великою мірою залежить від температури. Якщо в приміщенні немає спеціальних зволожувачів повітря, то чим вища температура, тим сухішим буде повітря. Здорова людина, потрапивши до приміщення із сухим повітрям, відчує дискомфорт вже за 10-15 хвилин. Якщо ж людина вже застуджена, вона почне кашляти.

В міру вологе повітря (міра = 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 - фактор 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].

### **Вентиляція**

Вентиляція – це рух повітря у приміщенні. У будь-який будинок повітря надходить з вулиці. Потрапляючи всередину кімнати або приміщення повітря наповнюється різними речовинами: вуглекислим газом від нашого дихання, пилом, хімічними виділеннями від предметів, вовною тварин і т.п. У цей час до кімнати надходить нова порція свіжого повітря зовні, яка також піде у витяжку. Весь цей процес називається вентиляцією. Кліматичне обладнання, яке забезпечує правильне функціонування описаного процесу, також називається вентиляцією [2].

Вентиляція передбачає процес надходження свіжого повітря зміну забрудненого. Завдяки цьому процесу можна організувати сприятливий мікроклімат у приміщеннях будь-якого призначення. Насамперед приміщення з гарною вентиляцією сприяє здоровому функціонуванню та доброму самопочуттю людини. Також підтримання оптимального мікроклімату – гарантія тривалої безпеки різних предметів, матеріалів, продуктів, а також уповільнення руйнування будівельних конструкцій. Вентиляція дозволяє

впоратися із: зайвим теплом, пилом, брудом, надмірною вологою, шкідливими речовинами, парами і газами.

Потік повітря в системі вентиляції можна створити двома способами:

– Природно, що через різницю температур повітря змінюється тиск залежно від висоти, тиску вітру. Відповідно, таку вентиляцію називають природною;

– Штучно за допомогою віяла. Це штучна або механічна вентиляція.

### **Історія розвитку систем вентиляції**

Історія вентиляції це доволі довгий шлях, що йде з давніх часів. Розвиток систем вентиляції пройшов великий шлях протягом тисячі років – починаючи від простого провітрювання, закінчуючи автоматизованою системою контролю мікроклімату. Питання циркуляції повітря на приміщеннях було актуальним ще за часів Давнього Єгипту і раніше під час спорудження палаців, замків і т.д. Але відсутність належних знань та досвіду не дозволяло спроектувати повноцінну робочу вентиляційну систему, яка могла ефективно виконувати вентиляцію приміщення. Але часом траплялися і успішні приклади.

Одним з найяскравіших прикладів можна назвати – піраміда Хеопса (рисунок 1.1.1). Будівельники того часу напрочуд змогли сконструювати добре функціонуючу вентиляційну систему - розташування повітроводів було чітким і продуманим. З камер «Царя» та «Цариці» були спрямовані шахти у північному та південних напрямках, ширина цих камер була – в межах 20-25 см. Канали-повітропроводи з камери «Царя» мали вихід назовні на схилах внизу та вгорі всієї конструкції. З камери «Цариці» навпаки шахти не знаходили вихід на вулицю, до того ж вони мали спеціальні перекриття у вигляді дверей з ручками. За однією з камер, яка була розташована південній стороні піраміди, дослідники виявили незначне вільне місце і ще одну кам'яні двері. На звороті якої були виявлені петлі і нерозшифровані донині позначення. Ці відкриття були зроблені досить недавно і деякі починають

сумніватися, що описані "шляхи" є повітропроводами. З'явилася протилежна версія, що двері - відкривають дорогу душам померлих, а символи допомагають їм потрапити в царство Анубіс.

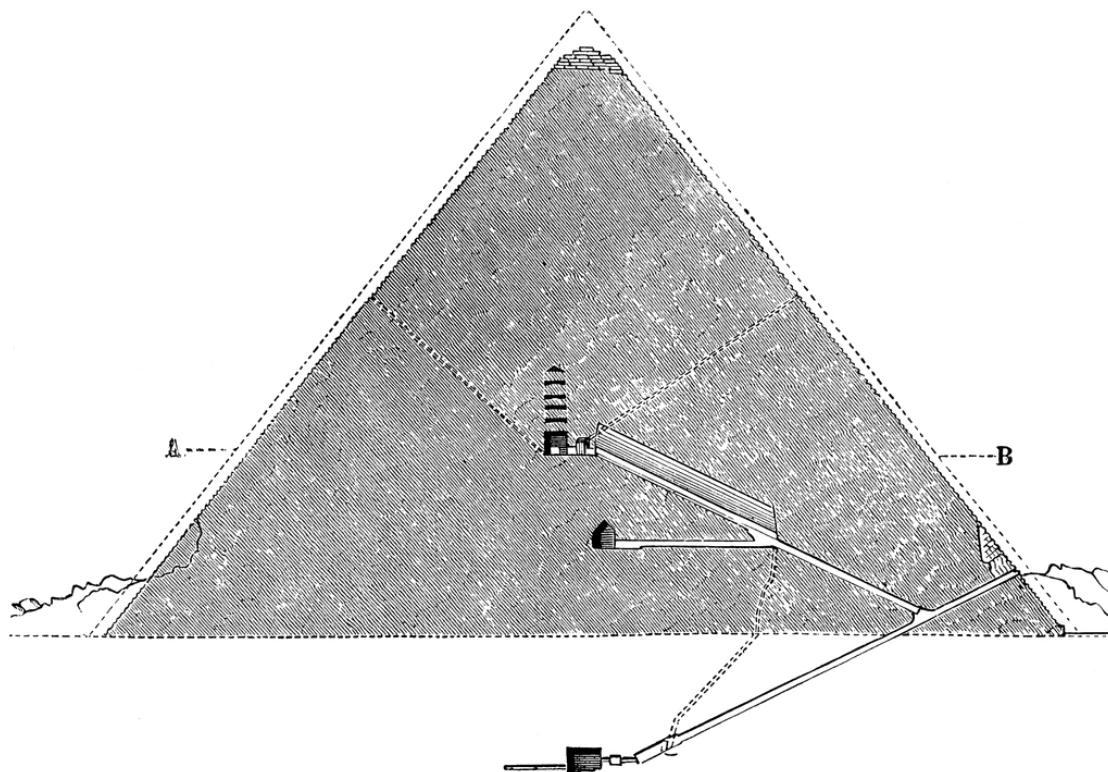


Рисунок 1.1.1 – Піраміда Хеопса у розрізі

Навіть, якщо враховувати всі ці протиріччя, були зроблені певні висновки. Адже при такому розташуванні повітроводів забезпечити добре функціонуючу вентиляцію, досить важко. З урахуванням того, що вентиляція піраміди тепер потрібна не древнім жрицям та царям, а туристам. Одним з найважливіших моментів було якомога довше зберегти конструкцію та запобігти передчасному руйнуванню. У зв'язку з цим на зараз у піраміді Хеопса використовується додаткове обладнання таке, що дозволило б нормалізувати мікроклімат усередині, усунути зайву вологу. Але система не була ідеальною, що іноді приводило до неприємних випадків. Наприклад, ті ж працівники, які безпосередньо займаються обробкою каменю, помічали різницю між роботою в курному приміщенні та на вулиці. Курне приміщення

не тільки було некомфортним, але й небезпечним, адже після праці там, у людей виявлялися серйозні захворювання дихальних шляхів. Ці події стали поштовхом до того, щоб можна було відводити кам'яний пил з робочого місця, для треба було передбачити вільний рух повітря.

В часи Стародавнього Риму було прагнення керувати повітряними потоками і газами в приміщеннях. Яскравими прикладами стали будинки знатних осіб, які були першими, хто почав будувати вогнища у житлах. Під підлогою були продумані кам'яні канали для диму, що походить від головного джерела обігріву.

Тоді саме за допомогою нього вирішувалося питання опалення – лише пройшовши свій «підпільний» шлях, дим виводився через димар назовні. За таким принципом облаштовувалися римські лазні. Такий підхід може вважатися справжнім технологічним проривом того часу. Адже вдавалося не лише якісно обігрівати приміщення, а й залишати повітря свіжим [3].

Але справжній розвиток систем вентиляції розпочався в Англії 17-го століття. Серйозна проблема забруднення повітря, погане здоров'я мешканців та численні пожежі переконали короля Карла I запровадити нові будівельні вказівки в 1631 році. Відтоді стелі в англійських будинках мали бути 10 футів заввишки, вікна значно більші, а димарі – вище. Нові правила мали запобігти частим пожежам і забезпечити ефективну вентиляцію. Це поклало початок сучасній вентиляції, про яку ви дізнаєтеся більше в наступному номері нашої газети. У тому ж 17-му столітті почалися експерименти над тваринами, які були пов'язані з питанням вентилування. Піддослідних тварин накривали ковпаками зі скла, запалювали там свічку і потім гасили. В результаті цих експериментів тварини гинули. Результати експериментів привели вчених до висновку, що в середовищі, в якому присутній якийсь газ, згубно і отруйно впливає на живий організм. Через століття Антуан Лоран Лавуазьє дав назву газу «вуглекислий» і прописав його формулу. Він зробив висновки, що ядуха настає не через відсутність у приміщенні кисню, а надлишку вуглекислого газу[4].

У Буффало, штат Нью-Йорк, 17 липня 1902, у відповідь на проблему з якістю повітря, Вілліс Керрієр представив креслення того, що було визнано першим у світі сучасною системою кондиціонування (рисунок 1.1.2).

Установка 1902 року ознаменувала народження кондиціонування повітря через додавання контролю вологості, що призвело до визнання владою в цій галузі того, що кондиціонер повинен виконувати чотири основні функції: контроль температури, контроль вологості, контроль циркуляції повітря та вентиляція та очистити повітря.

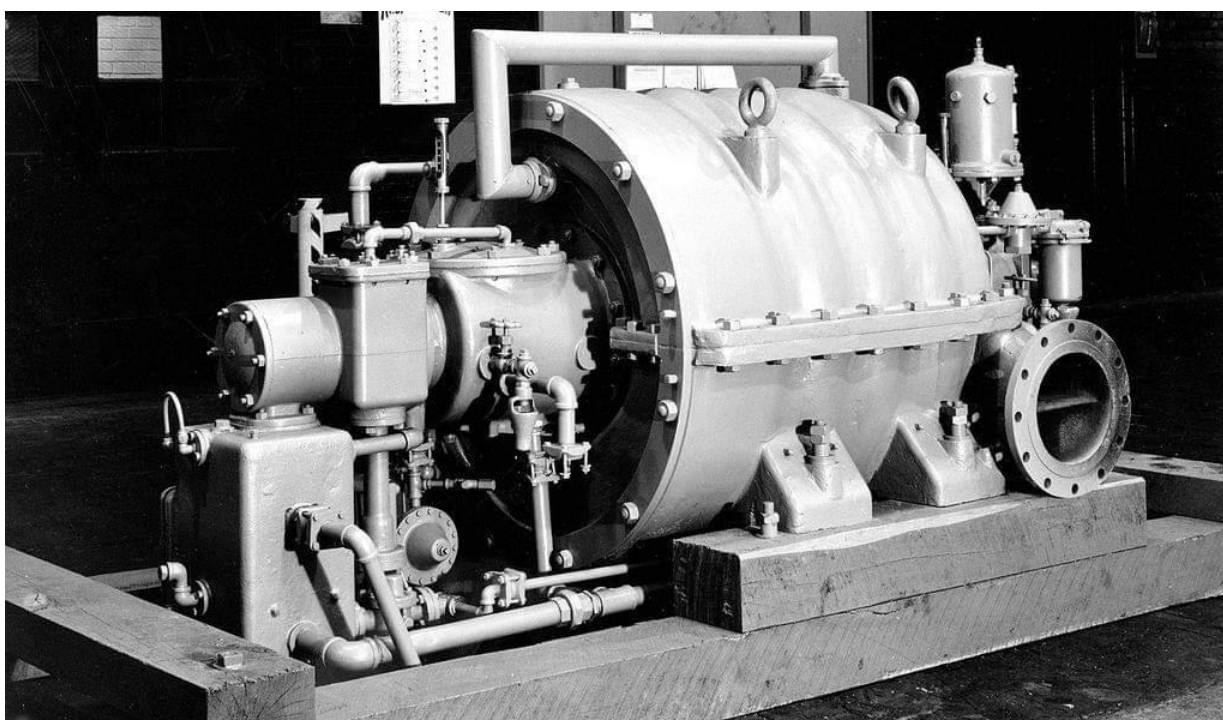


Рисунок 1.1.2 – Кондиціонер повітря розроблений В. Х. Керрієром

Після ще кількох років доробок та польових випробувань 2 січня 1906 року компанія Carrier отримала патент US808897A на пристрій для обробки повітря, перше у світі обладнання для кондиціонування повітря розпилювального типу. Він був розроблений для зволоження або осушення повітря, нагріваючи воду для першої функції та охолоджуючи її для другої.

У 1906 році Керрієр виявив, що "постійне зниження точки роси забезпечує практично постійну відносну вологість", що пізніше стало відомо

серед інженерів з кондиціонування повітря як "закон постійного зниження точки роси". На цьому відкритті він заснував конструкцію системи автоматичного управління, на яку він подав заявку на патент 17 травня 1907 року. Патент US1085971 був виданий 3 лютого 1914 року [5].

Також слід відзначити відкриття в 1928 році Томасом Мідглі-молодшим фреона, більш безпечного для людини хладагента в порівнянні з токсичними і легкозаймистими газами, такими як аміак, пропан і хлористий метил. Це призвело до винаходу систем кондиціонування повітря для житлових, промислових і комерційних [6].

Фреон та інші ХФУ (Хлорфторвуглеці) незабаром значною мірою замінили інші хладагенти, а пізніше з'явилися і в інших сферах застосування, таких як пропеленти в аерозольних балончиках та інгаляторах від астми.

## **1.2 Класифікація приладів**

### **Особливості вентиляції офісних 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, необхідним є передбачити автономний повітропровід, через який буде видалятися відпрацьоване повітря. Інакше дим від цигарок потрапить у загальний повітропровід, що може спровокувати спрацювання системи пожежної сигналізації та пожежогасіння;

– Для великих міст, як Київ, Харків і т.д. дуже важливо встановлювати в систему вентиляції повітряні фільтри, оскільки більшість офісних будівель розташовуються у місцях з великою кількістю шкідливих викидів від автомобілів, пилу тощо;

– При проектуванні дуже важливо використовувати відповідні вентиляційні решітки, аби забезпечити рівномірне розподілення повітря по зонах і не створювати сильних потоків, що потрапляють на людей. Існують решітки з можливістю регулювання та напрямки повітряного потоку. Вони бувають алюмінієві чи пластикові.

Не слід забувати про обслуговування системи вентиляції. Часто за відсутності експлуатаційної служби елементарно просто нема кому пам'ятати про такі речі, тому системи працюють багато років без діагностики, чищення фільтрів і т.д., що призводить до зниження продуктивності та терміну служби обладнання.

Розрахунок вентиляції офісу повинен бути проведений на етапі проектування, щоб можна було підібрати потрібну техніку та спланувати її розташування щодо робочих місць, вікон та дверей. Не вимагає великої кількості інформації, значну роль грають два параметри:

- кількість осіб, які постійно перебувають у приміщенні;
- норма повітрообміну, яка залежить від типу та призначення приміщення.

### **Різновиди офісних систем вентиляції**

В офісах можна побачити такі системи вентиляцій [2]:

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



### **Побутові кондиціонери**

Побутові кондиціонери для офісів (рисунок 1.2.1) 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. Але невелика площа покриття побутовим кондиціонером змушує робити покупку та встановлення відразу кількох кондиціонерів у велике приміщення офісу.



Рисунок 1.2.1 – 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 (рисунок 1.2.2) виходячи з назви є з'єднанням припливної і витяжної системи, яка поєднує в собі функціональність обох систем, а також їх переваги. Така система здібна організувати 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.



### Рисунок 1.2.2 – Припливно-витяжна вентиляція

Принцип роботи припливно-витяжної вентиляції є досить простим (рисунок 1.2.3). Система є невеликим корпусом, в якому розміщені фільтр і система примусового нагнітання. Після урахування розміру та всіх особливостей приміщення, підбирається індивідуальна потужність вентилятора. Система має два канали:

- канал подачі, через який свіже повітря надходить в систему, проходить через повітряний фільтр, очищується, підігрівається і надходить в приміщення;
- канал забору, через який виводиться «відпрацьоване» повітря з приміщення.

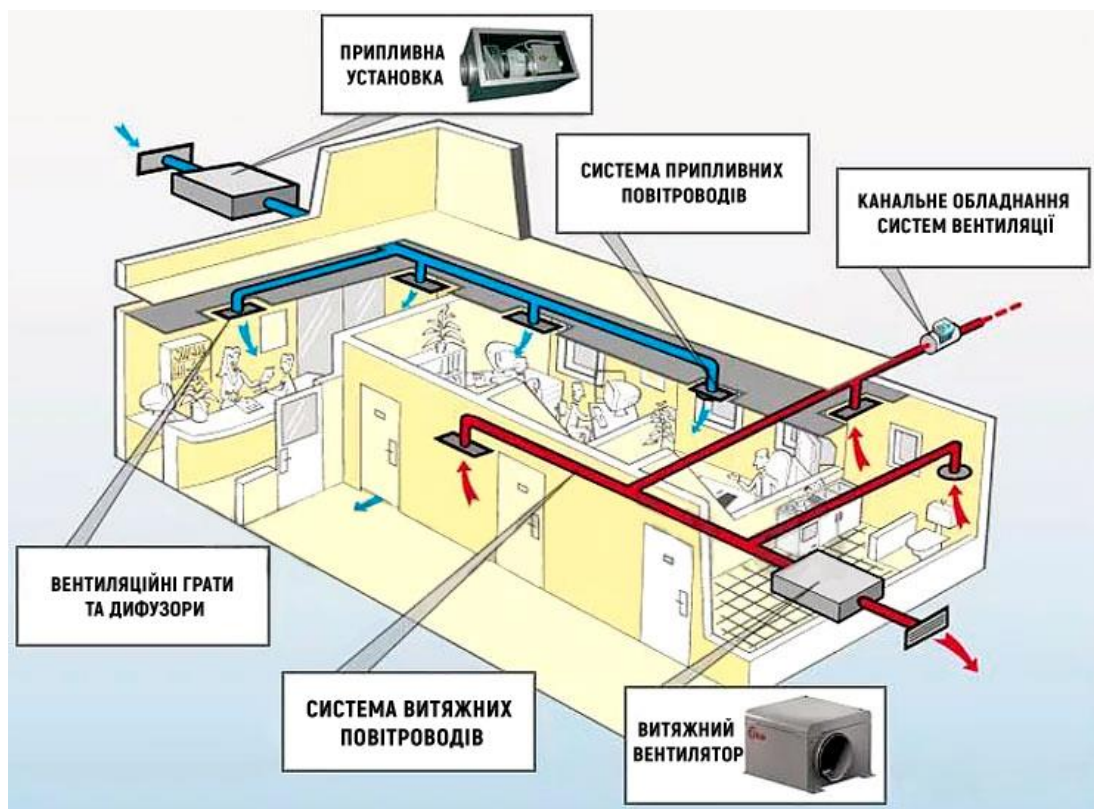


Рисунок 1.2.3 – Приклад роботи припливно-витяжної системи вентиляції

За рахунок застосування утилізації тепла для підігріву припливного повітря, припливно-витяжна вентиляція дає можливість значно зменшити

експлуатаційні витрати. Монтаж обладнання проводиться в приміщеннях і будівлях з площею понад 100 м<sup>2</sup>.

Заощадження температури повітря відбувається за рахунок підігріву витяжного повітря кімнатної температури (а у виробничих приміщеннях, наприклад цехах, температура повітря може бути тепліше). Для цього застосовують спеціальний теплообмінник – рекуператор (рисунок 1.2.4).

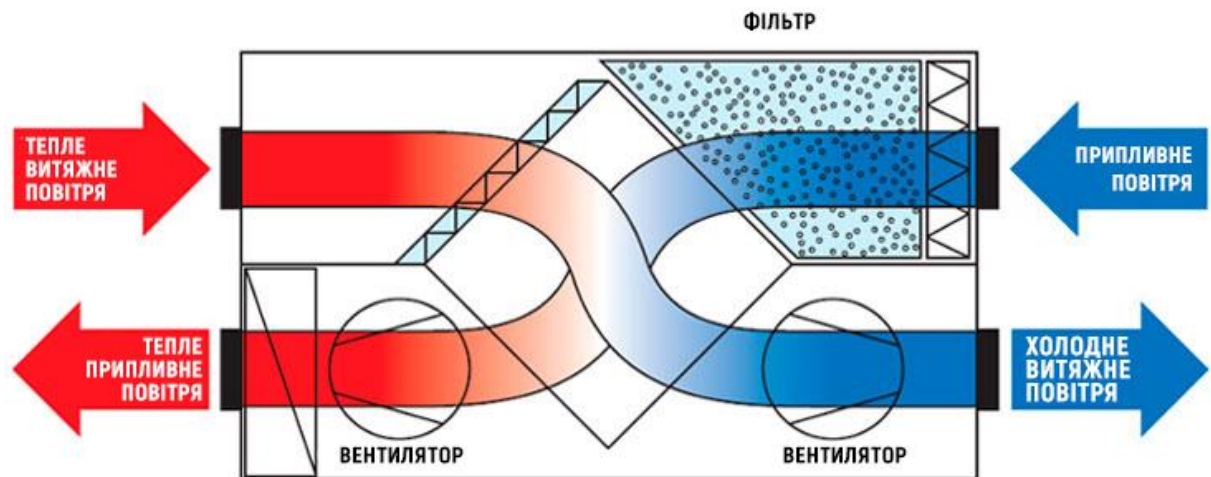


Рисунок 1.2.4 – Принцип роботи рекуператора

Поряд з іншими перевагами припливно-витяжної вентиляції слід згадати і про її можливість створювати контрольований знижений або надлишковий тиск у порівнянні з довкіллям, що стає в нагоді для людей чутливих до змін атмосферного тиску.

Припливно-витяжна вентиляція в основному використовується в офісах, котеджах, готелях, кінотеатрах, басейнах, кафе, ресторанах та у виробничих приміщеннях.

Переваги припливно-витяжної системи вентиляції:

- очищує і підігріває повітря в приміщенні, якщо це необхідно;
- може забезпечити додаткове зволоження за рахунок випаровування конденсату;
- забезпечує безперервний повітрообмін;

- регулює теплообмін, використовуючи нагріті вихлопні маси для підвищення температури вхідних;

- за наявності рекуператора можливе підвищення температури повітря приміщення, що подається, використовуючи тепло вихідного повітря з економією електроенергії;

- запобігає поширенню неприємних запахів, вологи та пари.

До недоліків системи можна віднести лише створюваний вентиляторами шум, але його майже не чутно на тлі роботи комп'ютерів і друкування на клавіатурі.

### **Центральні кондиціонери**

Робота центрального кондиціонера полягає в підготовці повітря і подачі його в приміщення. В основному центральні кондиціонери забезпечують необхідні параметри повітря для офісних приміщень, де перебуває велика кількість людей. Але це можуть бути не тільки офісні приміщення, а й виробничі, комунальні тощо, в яких потрібно підтримувати певні значення температури, вологості, чистоти, швидкості циркуляції повітря, а також необхідного відсотка кисню. в цьому повітрі. Звідси випливає, що для створення таких параметрів необхідне деяке обладнання, яке повинно забезпечувати необхідні умови для повітряного середовища, а це центральний кондиціонер.

Відповідно, сам центральний кондиціонер найчастіше являє собою прямокутний корпус тунельної форми з декількома секціями (рисунки 1.2.5). Кожна секція виконує своє завдання в частині обробки повітряного середовища. Таких ділянок може бути до 8 і послідовність їх розташування один за одним цілком певна. Кількість секцій може бути менше, це залежить від необхідності виконувати чи не виконувати якусь операцію з повітрям. Практично завжди потрібну секцію можна вставити в корпус центрального кондиціонера або зняти. Для цього центральний кондиціонер має бічні знімні кришки, куди вставляються необхідні секції.

Центральні кондиціонери встановлюють у приміщеннях, бажано в технічних приміщеннях, подалі від присутності людини, оскільки працюючий кондиціонер виробляє багато шуму. Для їх розміщення цілком підходять підвальні, горищні або міжповерхові приміщення. Завдяки спеціальному дизайну корпусу центрального кондиціонера його можна розмістити на даху на відкритому повітрі.



Рисунок 1.2.5 – Центральний кондиціонер

### 1.3 Приклади систем моніторингу

Монітор мікроклімату WALCOM HT-2008 (рисунок 1.3.1)

До особливостей цього монітору можна віднести:

- Світлова панель для виводу інформації параметрів мікроклімату;
- Вимірює: температуру, вологість, концентрацію вуглекислого газу у повітрі.

Основні технічні характеристики WALCOM HT-2008 наведені в таблиці 1.3.1 [7].



Рисунок 1.3.1 – Монітор мікроклімату WALCOM HT-2008

Таблиця 1.3.1 – Технічні характеристики WALCOM HT-2008

Параметр	Значення
Режим відображення	LED (світлодіодний дисплей)
Діапазон визначення температури повітря	-40°C ... +125°C
Точність визначення температури повітря	±0,5 °C(10°C ... +55°C)
Точність визначення концентрації двоокису вуглецю (CO <sub>2</sub> ) у повітрі	70 ppm ±3 %
Роздільна здатність визначення концентрації двоокису вуглецю (CO <sub>2</sub> ) у повітрі	1 ppm
Діапазон визначення відносної вологості повітря	від 0,1 до 99,9% RH
Точність визначення відносної вологості повітря	±3% RH при вологості від 20 до 80% RH та температурі 25 °C
Джерело живлення	адаптер (AC: 220, DC: 9 В)
Умови експлуатації	температура – 5°C ... +30°C вологість – від 0 до 85% RH
Час очікування відгуку	<10 секунд
Повторюваність	±20 ppm, °C, °F
Габаритні розміри	388×288×43 мм
Вага	2420 г
Вартість	5880,00 грн.

Монітор мікроклімату AZ-7729 (рисунок 1.3.2)

До особливостей цього монітору можна віднести:

- Світлова панель для виводу інформації параметрів мікроклімату;
- Наявна сенсорна панель для програмування налаштувань;



– Вимірює: температуру, вологість, концентрацію вуглекислого газу у повітрі.

Основні технічні характеристики AZ-7729 зібрані в таблиці 1.3.2 [8].



Рисунок 1.3.2 – Монітор мікроклімату AZ-7729

Таблиця 1.3.2 – Технічні характеристики AZ-7729

Параметр	Значення
Режим відображення	LED (світлодіодний дисплей)
Діапазон визначення температури повітря	-10°C ... +60°C
Точність визначення температури повітря	±0,6°C
Точність визначення концентрації двоокису вуглецю (CO <sub>2</sub> ) у повітрі	50 ppm ±5 %
Роздільна здатність визначення концентрації двоокису вуглецю (CO <sub>2</sub> ) у повітрі	1 ppm
Діапазон визначення відносної вологості повітря	від 0,1 до 99,9% RH
Точність визначення відносної вологості повітря	±5% RH при вологості від 10 до 90% RH та температурі 25°C
Джерело живлення	Порт USB типу C з 5 В постійного струму
Умови експлуатації	температура - -10°C ... +50°C вологість - від 0 до 95% RH
Час очікування відгуку	<30 секунд
Повторюваність	±20 ppm, °C, °F
Габаритні розміри	226×152×45 мм
Вага	450 г
Вартість	8780,00 грн.

Монітор мікроклімату MIL AM107 (рисунок 1.3.3)

До особливостей цього монітору можна віднести:

- Світлова панель для виводу інформації параметрів мікроклімату;

- Може з'єднуватися з комп'ютерами та мобільними пристроями за допомогою власної хмарної технології «Milesight IoT Cloud»;
- Вимірює: температуру, вологість, концентрацію вуглекислого газу у повітрі.

Основні технічні характеристики MİL AM107 зібрані в таблиці 1.3.3 [9].

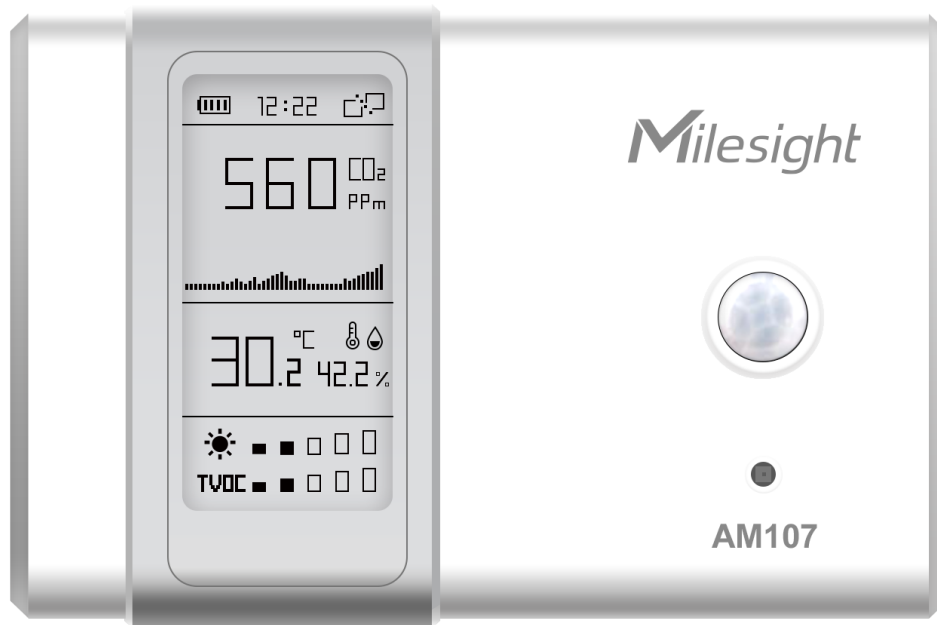


Рисунок 1.3.3 – Монітор мікроклімату MİL AM107

Таблиця 1.3.3 – Технічні характеристики MİL AM107

Параметр	Значення
Режим відображення	LED (світлодіодний дисплей)
Діапазон визначення температури повітря	-20°C ... +70°C
Точність визначення температури повітря	±0,3 °C
Точність визначення концентрації двоокису вуглецю (CO <sub>2</sub> ) у повітрі	30 ppm ±3 %
Роздільна здатність визначення концентрації двоокису вуглецю (CO <sub>2</sub> ) у повітрі	1 ppm
Діапазон визначення відносної вологості повітря	від 0 до 100% RH
Точність визначення відносної вологості повітря	±3% RH при вологості від 10 до 90% RH та температурі 25°C
Час очікування відгуку	<30 секунд
Повторюваність	±20 ppm, °C, °F
Умови експлуатації	температура - -10°C ... +50°C вологість - від 0 до 95% RH
Вартість	11 820 грн.

Монітор мікроклімату TENMARS ST-502 (рисунок 1.3.4)

До особливостей цього монітору можна віднести:

- Світлова панель для виводу інформації параметрів мікроклімату;
- Вимірює: температуру, вологість, швидкість руху повітря, концентрацію вуглекислого газу у повітрі.

Основні технічні характеристики TENMARS ST-502 зібрані в таблиці 1.3.4 [10].



Рисунок 1.3.4 – Монітор мікроклімату TENMARS ST-502

Таблиця 1.3.4 – Технічні характеристики TENMARS ST-502

Параметр	Значення
Режим відображення	LED (світлодіодний дисплей)
Діапазон визначення температури повітря	0°C ... +50°C
Точність визначення температури повітря	±1,0 °C
Точність визначення концентрації двоокису вуглецю (CO <sub>2</sub> ) у повітрі	75 ppm ±5 %
Роздільна здатність визначення концентрації двоокису вуглецю (CO <sub>2</sub> ) у повітрі	1 ppm
Діапазон визначення відносної вологості повітря	від 5 до 95% RH
Точність визначення відносної вологості повітря	±3% RH при вологості від 20 до 80% RH та температурі 25°C
Час очікування відгуку	120 секунд
Повторюваність	±20 ppm, °C, °F
Умови експлуатації	Температура - 0°C ... +50 °C; відносна вологість - 5-95% RH (без конденсації)
Термін служби сенсора	10 років за нормальних умов експлуатації
Габаритні розміри	89x62x128 мм
Вага	190 г
Вартість	10 080 грн

Монітор мікроклімату DELTA OHM HD-4617BDTSR (рисунок 1.3.5)

До особливостей цього монітору можна віднести:

- Світлова панель для виводу інформації параметрів мікроклімату;
- Має дисплей та клавіатуру, три релейні виходи, вихід RS485;
- Може обчислювати точку роси;
- Вимірює: температуру, вологість, швидкість руху повітря, концентрацію вуглекислого газу у повітрі;
- Датчик відносної вологості та температури містяться всередині модуля, що легко замінюється.

Основні технічні характеристики DELTA OHM HD-4617BDTSR зібрані в таблиці 1.3.5 [11].



Рисунок 1.3.5 – Монітор мікроклімату DELTA OHM HD-4617BDTSR

Таблиця 1.3.5 – Технічні характеристики DELTA OHM HD-4617BDTSR

Параметр	Значення
Режим відображення	LED (світлодіодний дисплей)
Діапазон визначення температури повітря	-30°C ... +85 °C
Точність визначення температури повітря	±0,2°C
Точність визначення концентрації двоокису вуглецю (CO <sub>2</sub> ) у повітрі	50 ppm ±3%
Роздільна здатність визначення концентрації двоокису вуглецю (CO <sub>2</sub> ) у повітрі	1 ppm
Повторюваність	±20 ppm, °C
Діапазон визначення відносної вологості повітря	від 5 до 98% RH
Точність визначення відносної вологості повітря	±2% RH при вологості від 10 до 90% RH та температурі 20°C
Джерело живлення	живлення від USB типу C
Умови експлуатації	Температура - -40°C ... +80°C; відносна вологість - 5-95% RH (без конденсації)
Вартість	28 710 грн.

## Висновки до розділу 1

Ознайомившись з системами моніторингу та вентиляції, виявивши переваги та недоліки окремих систем, здійснивши аналіз конкурентних рішень, можна зробити висновок, що:

– Інтернет речей (Internet of Thing) дає можливість контролювати довкілля, не вимагаючи ручної перевірки якості повітря. Всі цінні дані такі як



температура, вологість, тиск, CO<sub>2</sub> і інтенсивність світла будуть відображатися на комп'ютері. Цих параметрів якості повітря досить для забезпечення безпеки робочого середовища;

- побутові кондиціонери мало підходять для використання у навіть невеликих офісах через велику кількість обмежень і невелику площу покриття;
- єдиним оптимальним варіантом вентиляційної системи для офісу є припливно-витяжна вентиляція офісних приміщень. Припливно-витяжна система забезпечує як приплив, і видалення повітря, налагоджуючи хороший повітрообмін. Цей вид можна назвати найпридатнішим для офісних приміщень.

Задачею створення дипломного проекту 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 офісного приміщення.

## **2 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ МІКРОКЛІМАТУ**

### **2.1 Особливості побудови системи мікроклімату**

Перед розробкою схеми пристрою слід визначити наступні параметри[12]:

- Цілі і задачі пристрою;
- Вимоги до функцій, що виконуються системою;
- Вимоги до технічного забезпечення;
- Вимоги до програмного забезпечення.

#### **Цілі і задачі пристрою**

Автоматизована система керування мікроклімату офісного приміщення призначена для:

- контролю стану основного та допоміжного технологічного обладнання;
- управління виконавчими механізмами, як в автоматичному, так і в автоматизованому режимі;
- визначення аварійних ситуацій у роботі датчиків та обладнання;
- підтримання параметрів мікроклімату на заданому рівні, шляхом обігріву або охолодження, зволоження або осушення, а також вентиляції повітря в приміщенні;
- візуального представлення інформації про стан технологічного процесу.

#### **Вимоги до функцій, що виконуються системою**

Автоматизована система керування мікроклімату офісного приміщення має відповідати наступним вимогам:

Вимірювання:

- температури повітря в офісному приміщенні;
- вологості повітря в офісному приміщенні;
- атмосферного тиску в офісі;

- інтенсивність світла в офісі;
- концентрації вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>) у повітрі офісного приміщення.

#### Управління:

- клапаном запірно-регулюючого системи обігріву;
- клапаном запірно-регулюючого системи охолодження;
- пристроєм зволоження;
- пристроєм осушення;
- влаштуванням вентиляції.

#### Індикацію:

- вимірюваних параметрів на дисплеї автоматизованого робочого місця (АРМ);
- аварійних ситуацій на екрані АРМ.

#### Сигналізацію:

- підвищення рівня води у резервуарі системи осушення вище критичного рівня;
- Порушення роботи датчиків.

### **Вимоги до технічного забезпечення**

#### Технічне забезпечення має:

- Обладнання на об'єкті має бути стійким до дії температур в неробочий час (0-50)°С та перепади вологості (40-90)%;
- Електричні ланцюги мають бути екрановані;
- Використовувані електротехнічні елементи мають бути уніфікованими, та легко замінними;
- Має бути передбачена можливість модернізації пристрою для збільшення його функціоналу, у зв'язку з цим необхідні резервні порти мікроконтролера, не менше ніж 3 одиниці.

### **Вимоги до програмного забезпечення**

Програмне забезпечення та бібліотеки, що використовується при розробці програмних кодів повинні мати широке поширення, бути

загальнодоступними. Базовою програмною платформою має бути ОС Windows. Програмне забезпечення має:

- Забезпечувати управління виконавчими механізмами;
- мати можливість створювати та вести базу даних за параметрами системи;
- забезпечити реалізацію необхідних алгоритмів контролю, регулювання, та відображення інформації.

## 2.2 Функціональна схема системи моніторингу мікроклімату

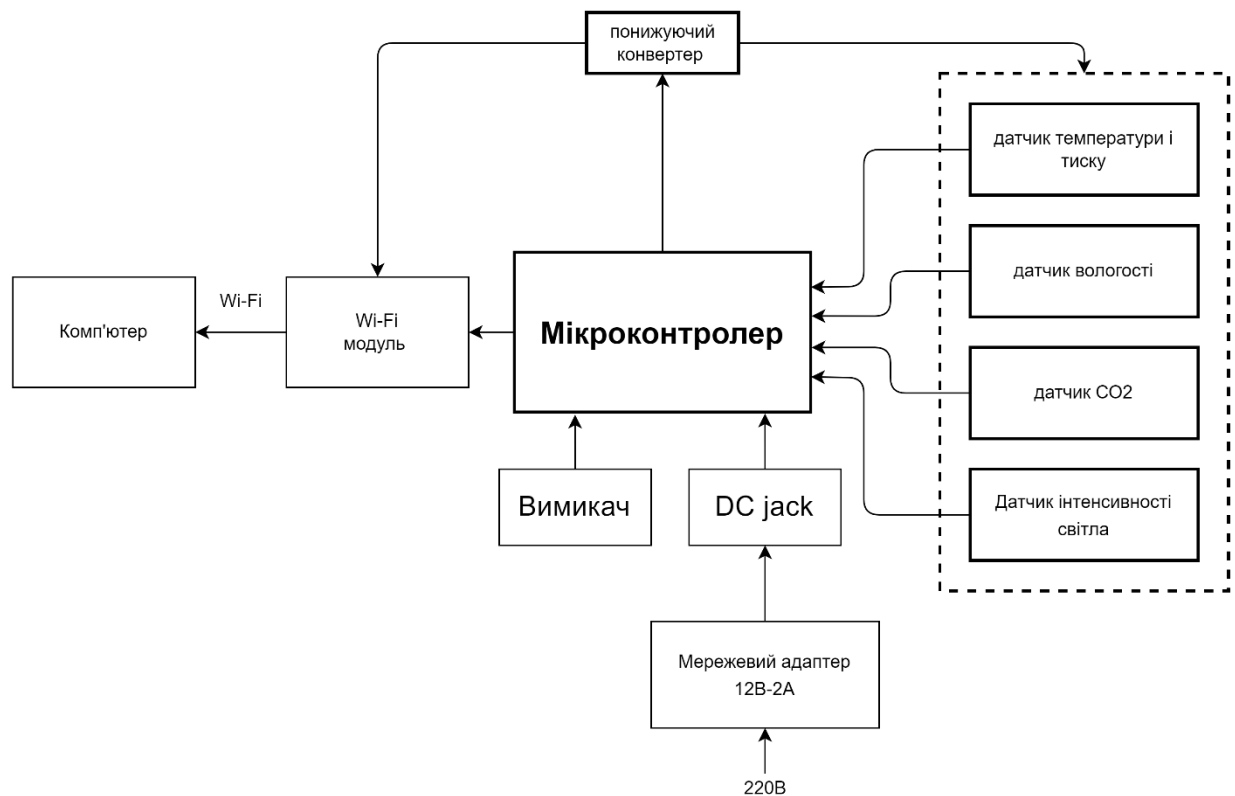


Рисунок 2.2.1 – Функціональна схема системи моніторингу мікроклімату

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.
- Мережевий адаптер 12В-2А подає енергію та стабілізує напругу у системі.
- DC jack - роз'єм живлення постійного струму. Підключається до мікроконтролеру, 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 Ст.
- Вимикач.

## **2.3 Вибір засобів для реалізації 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.

Основні технічні характеристики Arduino Nano наведені в таблиці 2.3.1 [13].

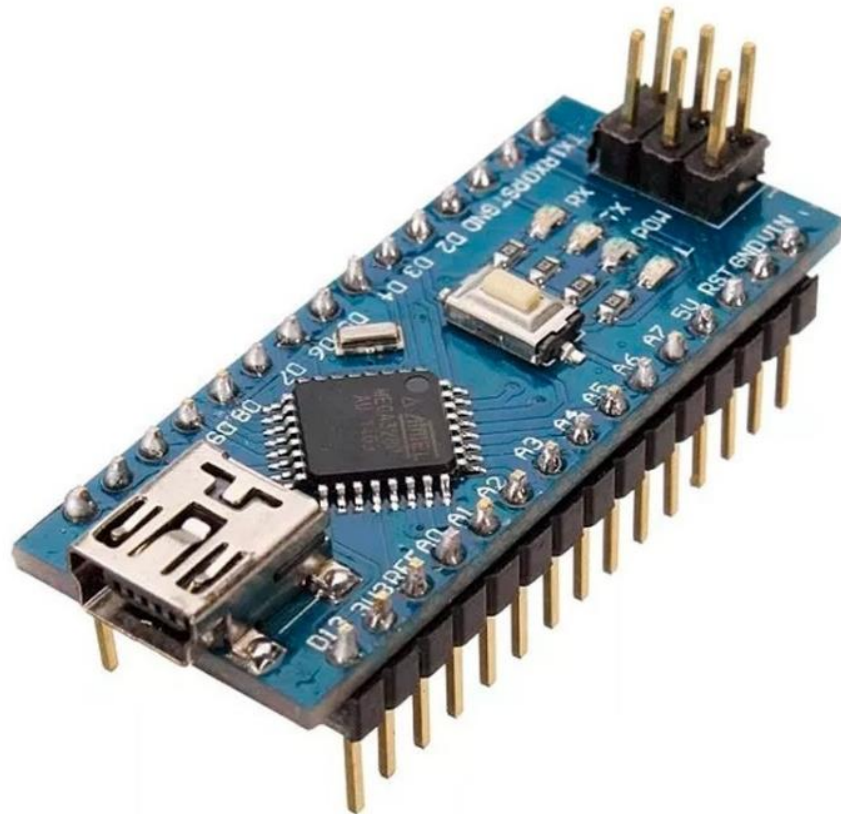


Рисунок 2.3.1 – Мікроконтролер Arduino Nano

Таблиця 2.3.1 – Технічні характеристики Arduino Nano

Мікроконтролер	ATmega328P
Частота	16 МГц
FLASH Пам'ять	32 кБ з яких 2кб використовується бутлоадер
SRAM	2 кБ
EEPROM	1 кБ
Робоча напруга	5В
Вхідна напруга	7-12В
Цифрових входів / виходів	14 (з яких 6 можуть бути використані як ШІМ)
Аналогових входів	8
Сила струму на входах / виходах	40 мА
Сила струму для 3.3В виходу	50 мА

Тип корпусу	TQFP-32
Розміри (Д x Ш x В)	45 x 18 x 37мм
Вартість	292 грн.

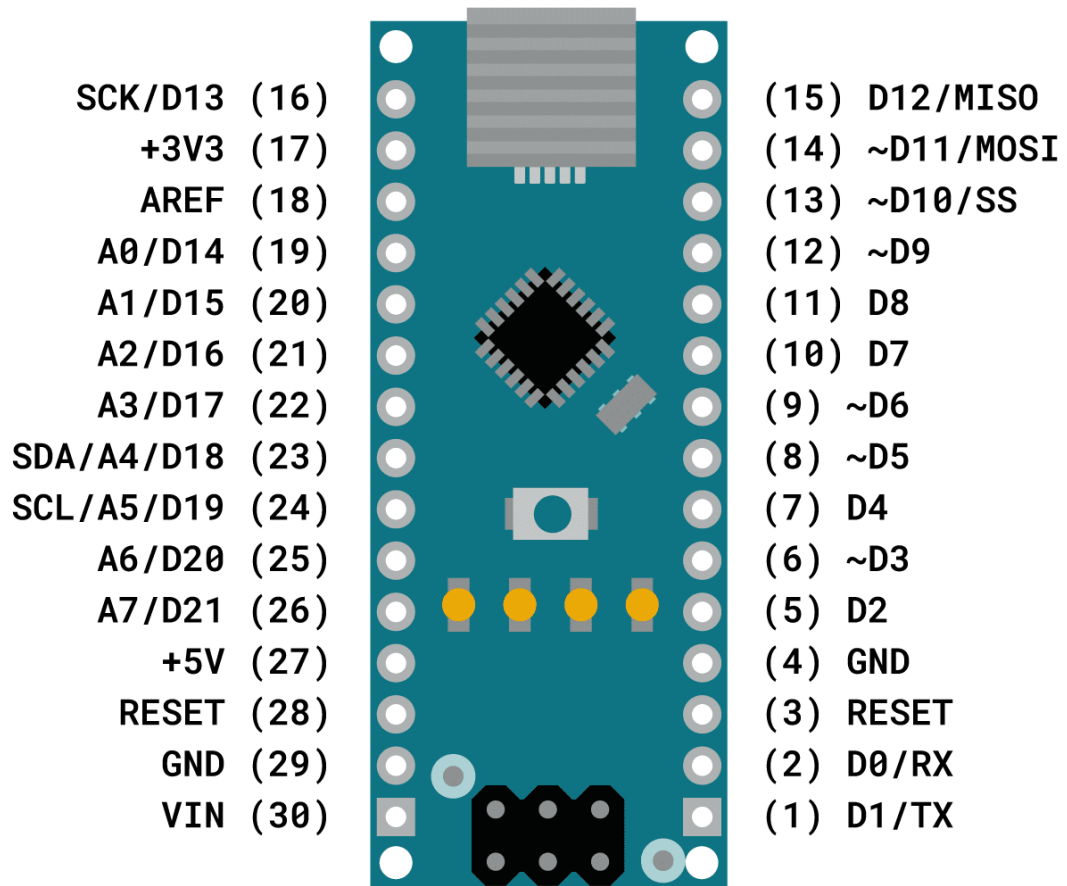


Рисунок 2.3.2 – Призначення портів мікроконтролера Arduino Nano

### 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.

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.

Невеликі розміри, низьке споживання та велика відстань передачі (20 м) дозволяють DHT11 бути відповідним у будь-яких важких випадках застосування. Однорядна упаковка з чотирма шпильками, що робить дуже зручне підключення.

Основні технічні характеристики DHT11 наведені в таблиці 2.3.2 [14].

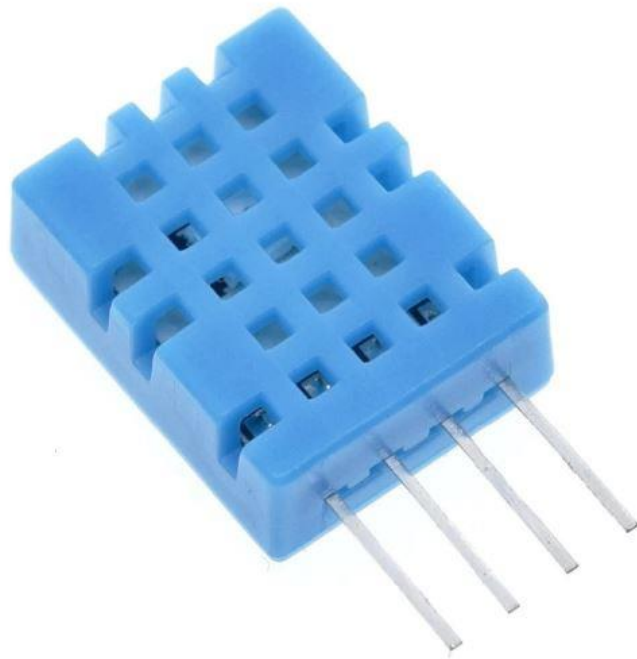


Рисунок 2.3.3 – Датчик вимірювання вологості DHT11



Таблиця 2.3.2 – Технічні характеристики DHT11

Модель	DHT11
Блок живлення	3-5,5 В постійного струму
Вихідний	цифровий сигнал по одній шині
Чутливий елемент	Полімерний резистор
Діапазон вимірювання вологості	20-90% RH;
Точність вологості	±4% RH (Max ±5% RH);
Чутливість	1% RH
Повторюваність вологості	±1% RH
Гістерезис вологості	±1% RH
Довгострокова стабільність	±0,5% RH/рік
Розміри	12*15,5*5,5 мм
Вартість	49 грн.

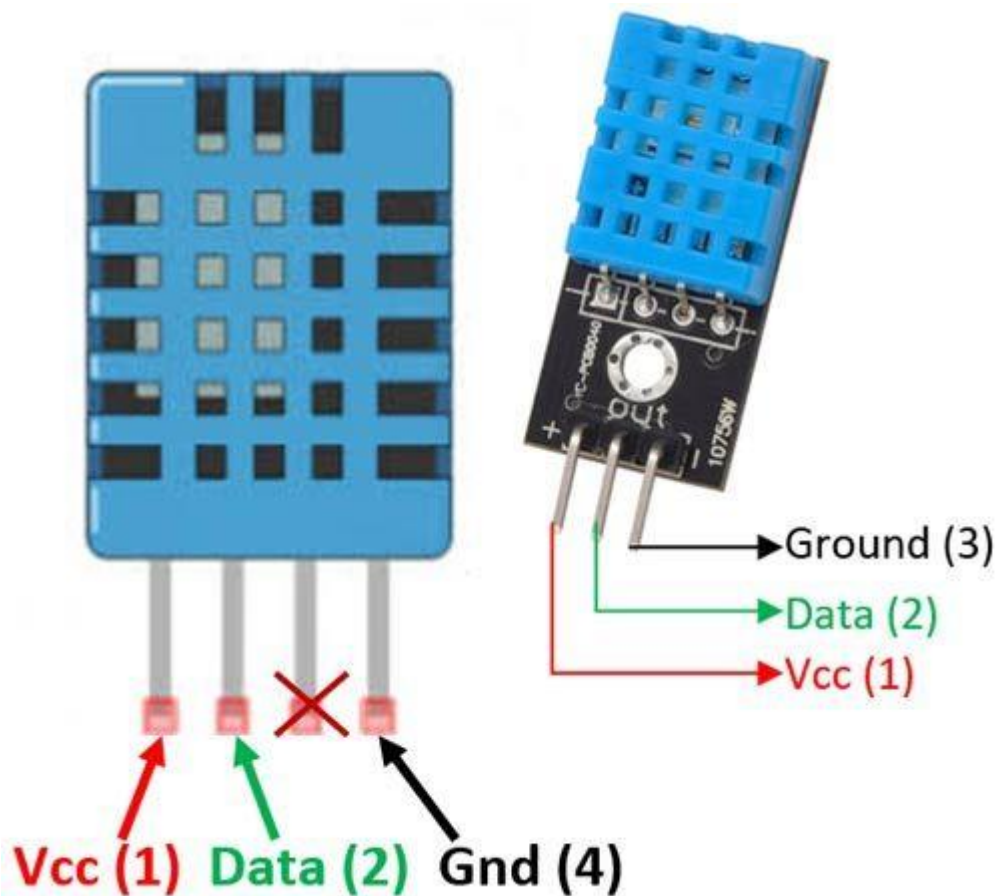


Рисунок 2.3.4 – Призначення портів датчика вимірювання вологості DHT11

## 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.

Основні технічні характеристики BMP280 наведені в таблиці 2.3.3 [15].

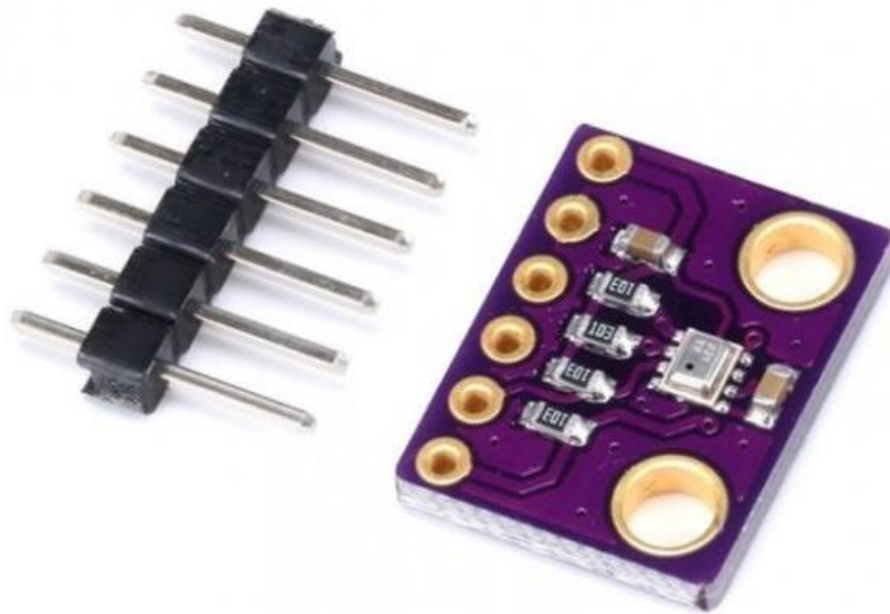


Рисунок 2.3.5 – Датчик вимірювання тиску і температури BMP280

Таблиця 2.3.3 – Технічні характеристики BMP280

Модель	BMP280
Напруга живлення	3,3 або 5 В постійного струму
Макс швидкість I2C інтерфейсу	3.4 МГц
Струм	до 2 мА під час вимірювань
Потужність струму	до 0,2 мА в режимі очікування
Вимірюваний тиск	від 300hPa до 1100hPa
Вимірювана температура	0°C ... +65 °C ( $\pm 0,01$ °C)
Робоча температура	-40°C ... +85°C
Точність (тиск)	1hPa
Точність вимірювання температури	$\pm 1,0$ °C
Розмір	21 мм x 18 мм
Вартість	46 грн.

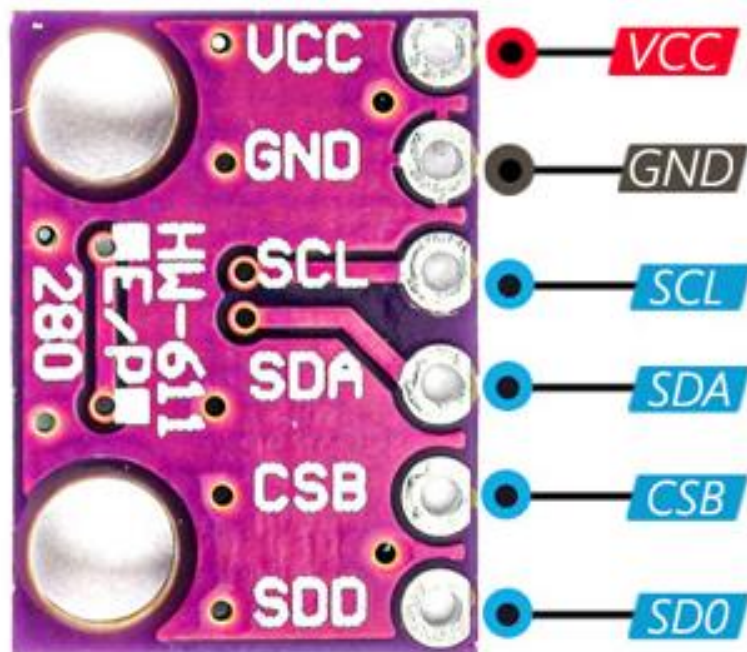


Рисунок 2.3.6 – Призначення портів датчик вимірювання тиску і температури BMP280

**LDR Датчик 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.

Основні технічні характеристики LDR наведені в таблиці 2.3.4 [16].



Рисунок 2.3.7 – LDR Датчик інтенсивності світла

Таблиця 2.3.4 – Технічні характеристики датчика світла

Модель	GL5516
Світловий опір (10 люкс)	5-10 КОм
Темновий опір (0 люкс)	0.5 МОм
Спектральний пік	540 нм
Час відгуку	30 мс
Максимальна напруга	150 В
Максимальна потужність	90 мВт
Робоча температура	-30°C ... +70°C
Вартість	3 грн.

### Датчик якості повітря MQ135

Чутливим матеріалом газового датчика MQ135 є SnO<sub>2</sub>, 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.

Він має хорошу чутливість до токсичних газів у широкому діапазоні та має такі переваги, як довгий термін служби, низька вартість та проста схема приводу тощо.

Він широко використовується в побутовій газовій сигналізації, промисловій газовій сигналізації та портативному детекторі газу.

В даному проекті цей датчик буде використовуватися для вимірювання концентрації вуглекислого газу в приміщенні.

Основні технічні характеристики MQ135 наведені в таблиці 2.3.5 [17].



Рисунок 2.3.8 – Датчик якості повітря MQ135

Таблиця 2.3.5 – Технічні характеристики MQ135

Модель	MQ135
Тип датчика	Напівпровідниковий
Радіус виявлення газу	10-1000 ppm
Напруга живлення нагрівача	5 В
Напруга живлення датчика	3,3-5 В
Споживаний струм	150 мА
діапазон робочих температур	-10°C ... +45°C
Габарити	25,4×25,4 мм
Вартість	60 грн.

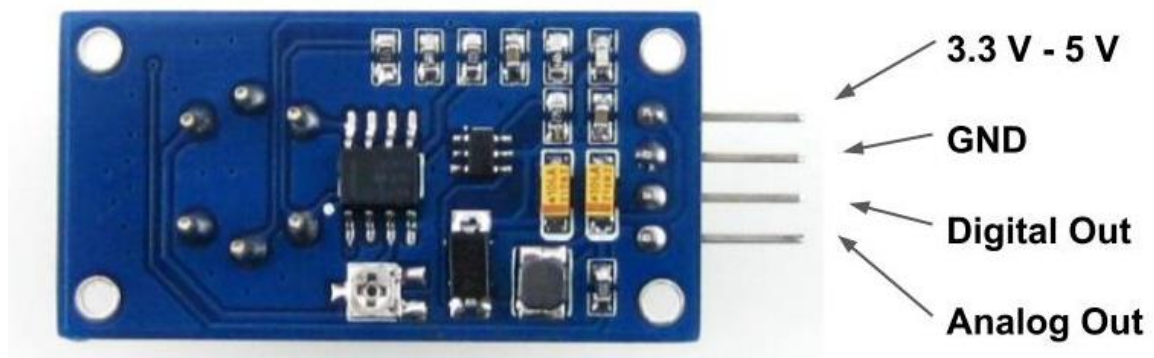


Рисунок 2.3.9 – Призначення портів датчика якості повітря MQ135

### Wi-Fi модуль ESP8266

ESP-01 – плата-модуль WiFi на базі популярного чіпсету ESP8266EX. На борту плати 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.

В даному проекті цей модуль необхідний для бездротової передачі даних з датчиків до комп'ютера. Спілкування з комп'ютером або мікроконтролером здійснюється через UART за допомогою набору AT-команд.

Основні технічні характеристики ESP8266 наведені в таблиці 2.3.6 [18].

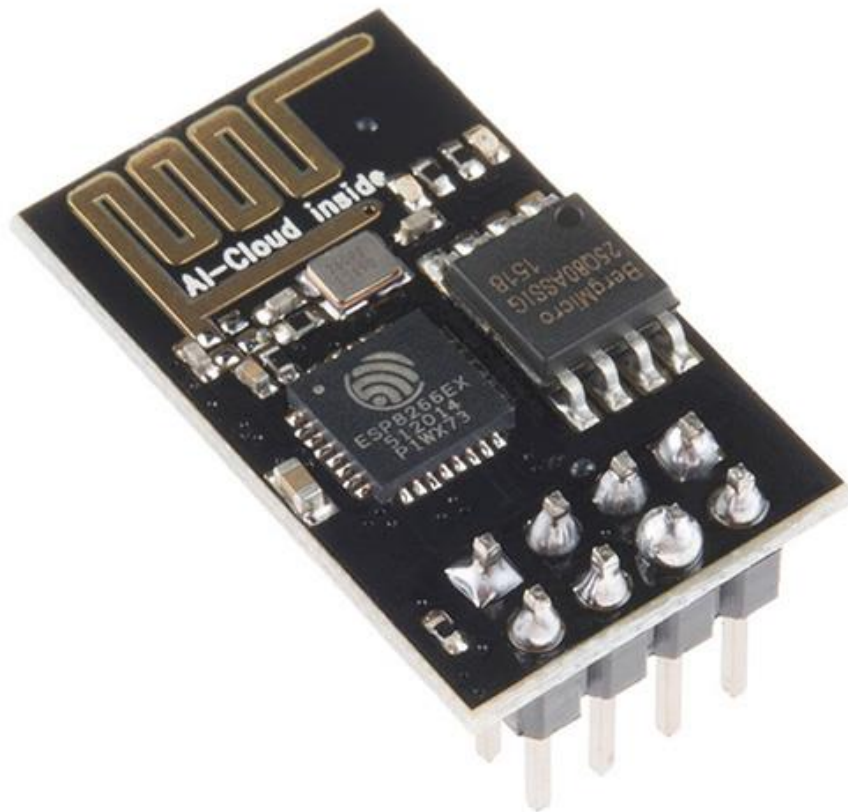


Рисунок 2.3.10 – Wi-Fi модуль ESP8266

Таблиця 2.3.6 – Технічні характеристики ESP8266

Модель	ESP8266 версії ESP-01S
Протоколи	802.11 b/g/n (HT20)
Діапазон частот	2,4 ГГц – 2,5 ГГц (2400 МГц – 2483,5 МГц)
Робоча напруга	2,5 В – 3,6 В
Робочий струм Середнє значення	80 мА
Максимальний струм	215 мА
Діапазон робочих температур	–40°C ... +125°C
Вихідна потужність	+20 дБм
Чутливість	–91 дБм (11 Мбіт/с)
Мережні протоколи	IPv4, TCP/UDP/HTTP
Спосіб керування	AT-команди
Максимальна відстань	100 м
Розміри	24.5x14 мм
Вартість	69 грн.



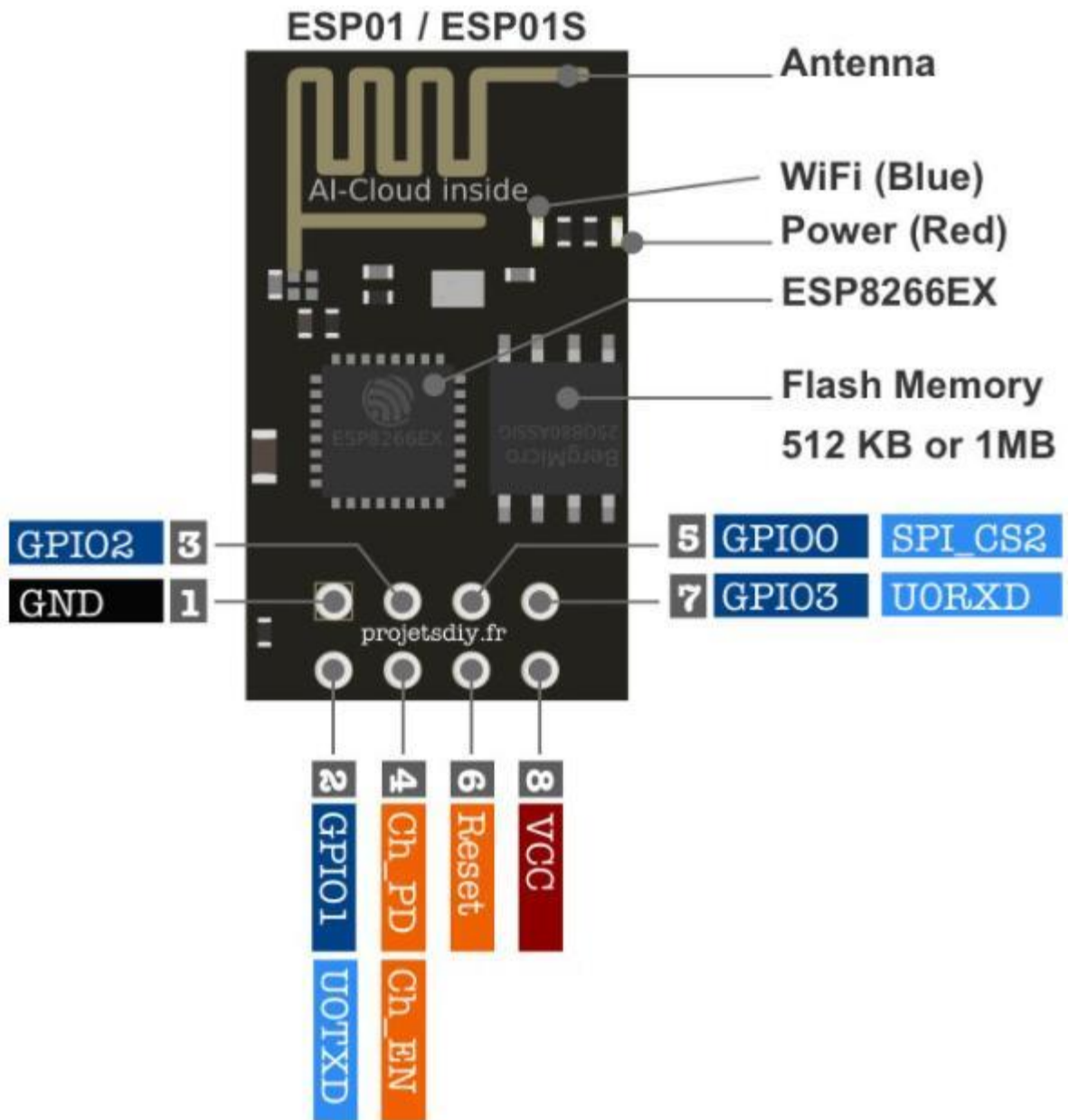


Рисунок 2.3.11 – Призначення портів Wi-Fi модуля ESP8266

### 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.

Основні технічні характеристики LM2596 наведені в таблиці 2.3.7 [19].



Рисунок 2.3.12 – понижуючий конвертер LM2596

Таблиця 2.3.7 – Технічні характеристики LM2596

Модель	LM2596
Ефективність перетворення (ККД)	до 92%
Частота перемикання	150 кГц
Робоча температура	-40°C ... +85°C
Регулювання навантаження	±0.5%
Регулювання напруги	±2.5%
Вхідна напруга	3-40 В
Вихідна напруга	1.5-35 В (регульована)
Номінальний вихідний струм	2 А
Максимальний вихідний струм	3 А
Розмір	45x20x14 мм
Вартість	31 грн.

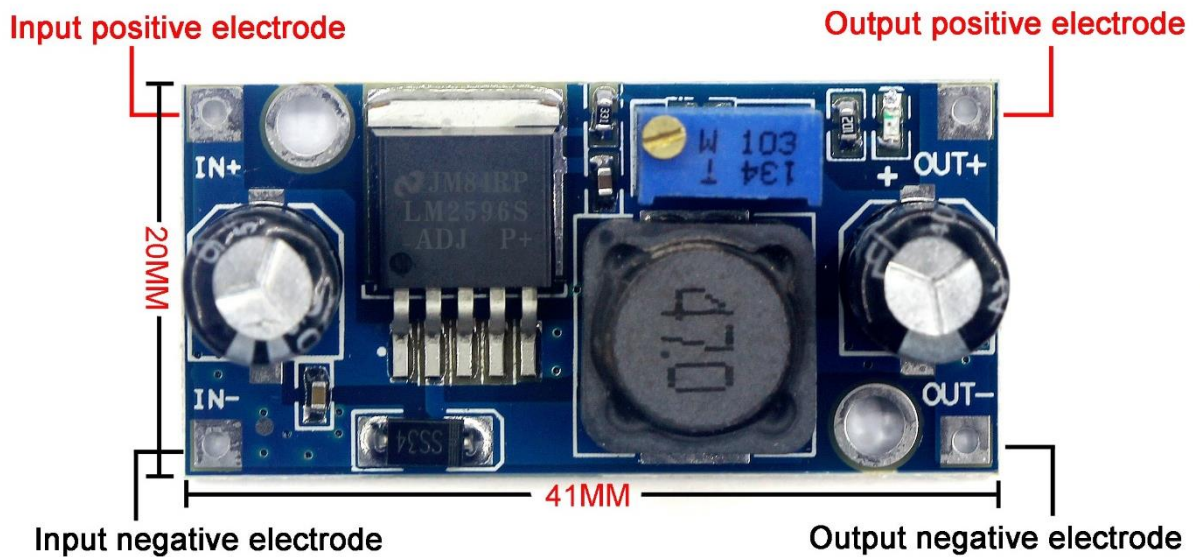


Рисунок 2.3.13 – Призначення портів понижуючого конвертеру LM2596

## 2.4 Вибір системи вентиляції

Проаналізувавши всі вентиляційні системи, було зроблено висновок, що побутові кондиціонери не підходять для реалізації даного проекту, оскільки їх зона охоплення дуже обмежена (до 100м<sup>2</sup>). Найбільш оптимальним рішенням для офісних приміщень буде припливно-витяжна 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. 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 (Рисунок 2.4.1). Технічні характеристики представлені в таблиці 2.4.1 [20].

Таблиця 2.4.1 – Технічні характеристики ВЕНТС ВУТ2 200 П

Характеристики	Значення
Максимальна витрата повітря	80-220 м <sup>3</sup> /год.
Споживана потужність	67-142 Вт
Напруга живлення	220 В
ККД рекуператора	89%
Рівень шуму на дистанції 3 м.	20-36
Температура переміщуваного повітря	-25°C ... +40°C
Ціна	20500 грн.



Рисунок 2.4.1 – ВЕНТС ВУТ2 200 П

Основними перевагами цієї системи вентиляції є:

- Високий ККД рекуператора;

- Невисока вартість в порівнянні з конкурентами;
- Можливість роботи в одному з трьох режимів праці;
- Вбудована система активного захисту, запобігає замерзанню рекуператорів холодні пори року, що спрощує обслуговування.

## **2.5 Принципова електрична схема**

На основі розробленої функціональної схеми та обраних компонентів пристрою була створена наступна принципова електрична схема, наведена на рисунку 2.5.1.

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

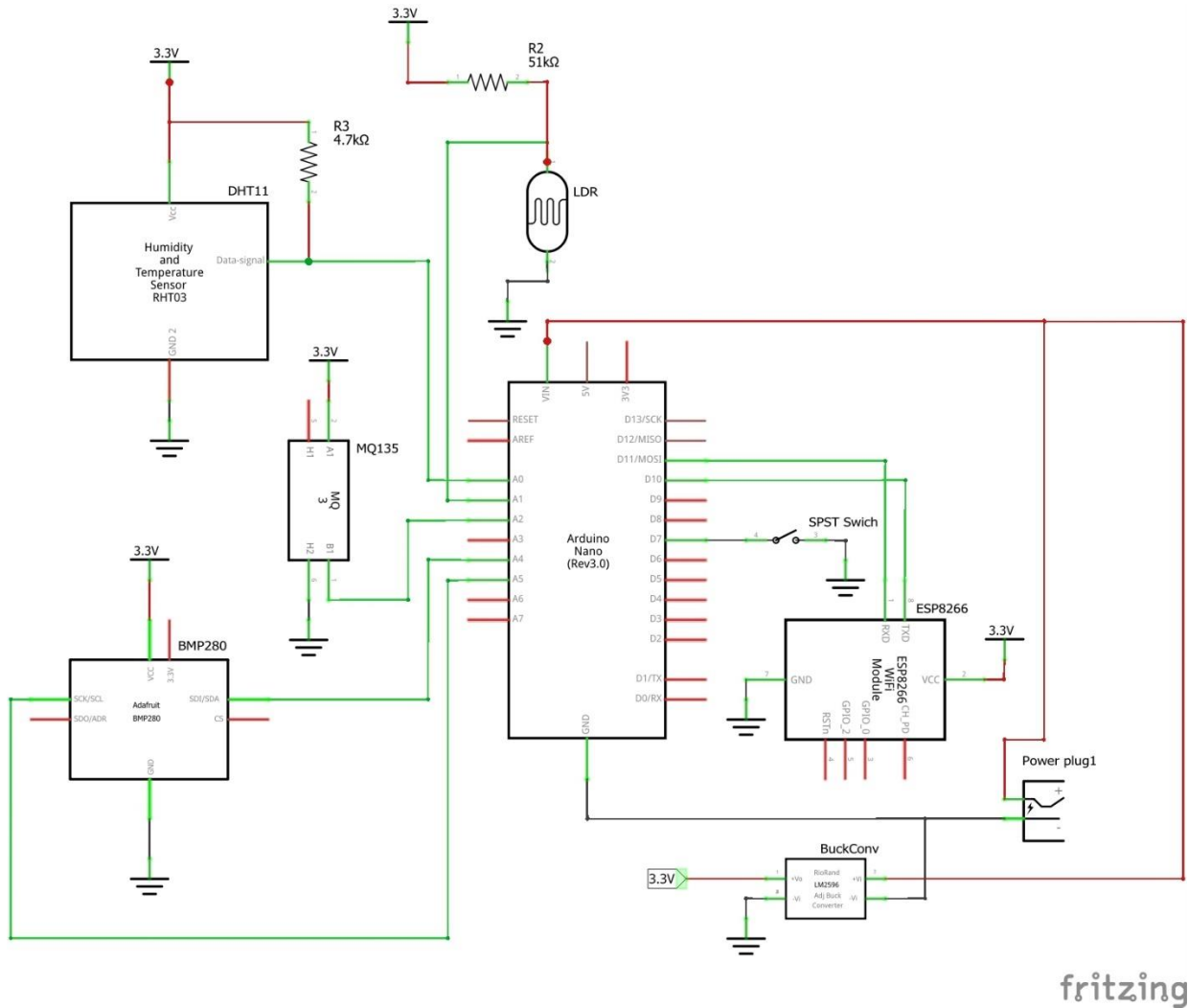


Рисунок 2.5.1 – Принципова електрична схема пристрою

## 2.6 Алгоритм роботи

На основі розробленої функціональної схеми був створений наступний алгоритм роботи системи, наведений на рисунку 2.5.2.

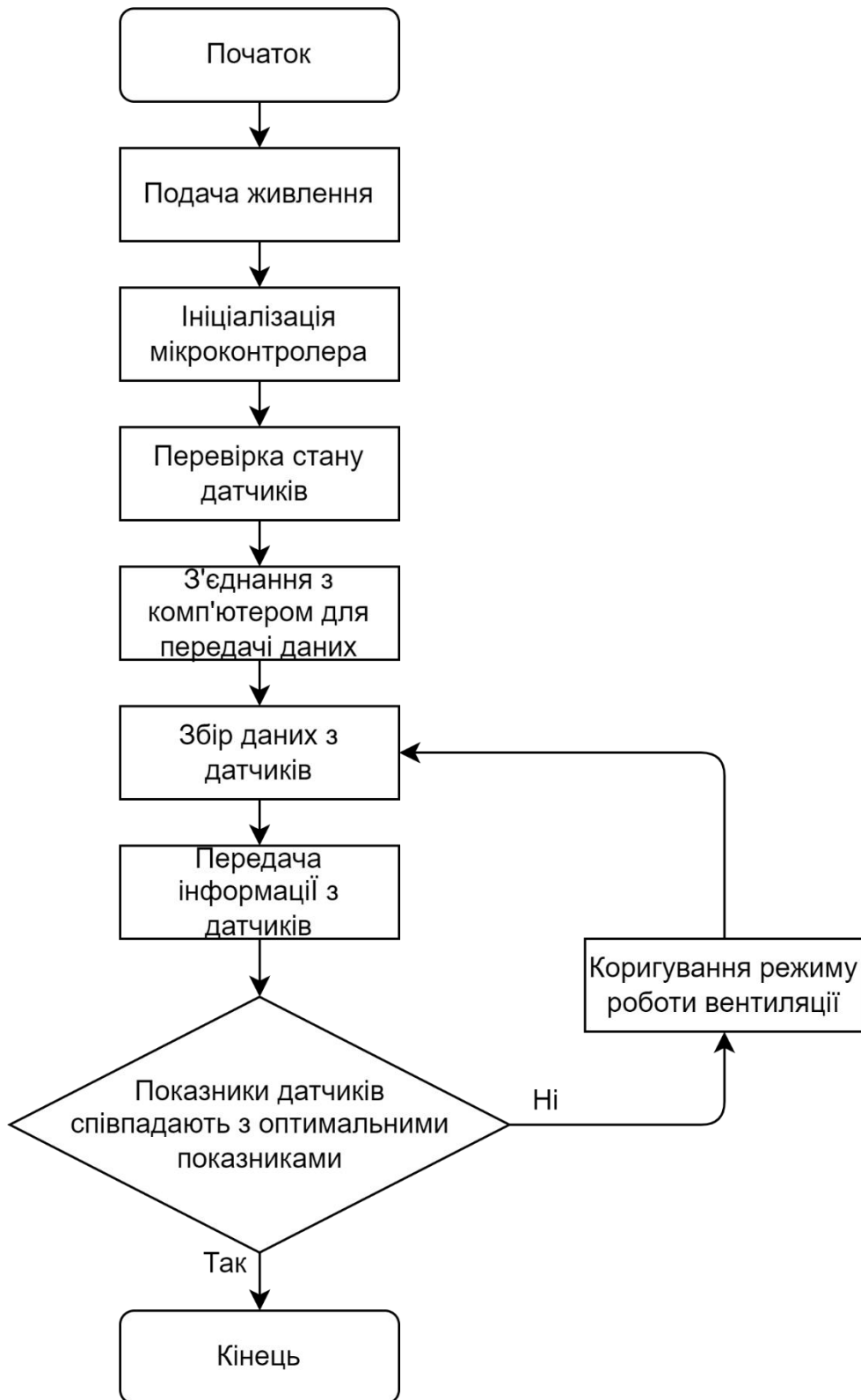


Рисунок 2.6.1 – Алгоритм роботи системи

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

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.





## Рисунок 2.6.2 – Інтерфейс і відображення даних на ThingSpeak

Програмний код для мікроконтролера було написано в програмі Arduino IDE. Скріншоти програмного коду наведені нижче на рисунках 2.6.3-2.6.7.

```
#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()
```

## Рисунок 2.6.3 – Програмний код мікроконтролера (частина 1)

```

{
  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");
    }
  }
}

```

Рисунок 2.6.4 – Програмний код мікроконтролера (частина 2)

```

}
}

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;
}

```

Рисунок 2.6.5 – Програмний код мікроконтролера (частина 3)

```

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";
}

```

Рисунок 2.6.6 – Програмний код мікроконтролера (частина 4)

```

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");
  }
}
}
}

```

Рисунок 2.6.7 – Програмний код мікроконтролера (частина 5)

## **Висновки до розділу 2**

Під час виконання даного розділу були виконані наступні задачі:

1. Розроблено функціональну схему системи моніторингу мікроклімату, що в подальшому дало змогу розробити алгоритм роботи системи, а також обрати всі необхідні датчики та модулі системи;
2. На основі функціональної схеми були обрані всі елементи системи необхідні для її праці;
3. Обрано найбільш оптимальну систему для вентиляції повітря офісного приміщення;
4. Розроблено принципову електричну схему, з урахуванням вибору елементної бази системи;
5. Розроблено алгоритм роботи системи моніторингу мікроклімату на основі функціональної схеми.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Чорноморський національний університет імені Петра Могили**  
Факультет комп'ютерних наук  
Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА**  
**АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА МІКРОКЛІМАТУ В**  
**ОФІСНОМУ ПРИМІЩЕННІ**  
**СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА З ОХОРОНИ ПРАЦІ**  
**ОХОРОНА ПРАЦІ В ОФІСНИХ ПРИМІЩЕННЯХ**  
Спеціальність «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

151 – КРБ.1 – 471.21817102

Студент \_\_\_\_\_ Калевич Д.К.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 р.

Консультант кандидат наук, доцент (б. в. з.) \_\_\_\_\_ Алексєєва А.О.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 р.

**Миколаїв – 2022**

## **3 ОХОРОНА ПРАЦІ В ОФІСНИХ ПРИМІЩЕННЯХ**

### **Вступ**

В цій роботі розглядається проектування і розробка автоматизованої системи мікроклімату офісних приміщень, до складу якої входять датчики та панель управління. Автоматизація виробництва дозволяє здійснювати технологічні процеси без безпосередньої участі обслуговуючого персоналу.

У цьому розділі випускної кваліфікаційної роботи розглядаються питання виявлення та аналізу шкідливих і небезпечних факторів праці, розроблення заходів захисту від них робочого місця оператора.

Мікроклімат приміщень впливає на стан здоров'я людини та її працездатність, а також на стан обладнання та матеріалів. Для забезпечення необхідних показників необхідна якісна обробка даних про стан мікроклімату та вжиття заходів щодо підтримки параметрів. Об'єктом дослідження виступатиме робоче місце співробітника відділу автоматизації технологічних процесів.

### **3.1 Основні санітарно-гігієнічні вимоги до умов праці в офісних приміщеннях**

Охорона праці базується на законодавчих, директивних та нормативно-технічних документах. При управлінні охороною праці не повинні прийматись рішення та здійснюватися заходи, що суперечать діючому законодавству, державним нормативним актам про охорону праці, стандартам безпеки праці, правилам та нормам охорони праці. До основних функцій управління охороною праці належать:

- прогнозування і планування робіт, їх фінансування;
- організація та координація робіт;

- облік показників, аналіз та оцінка стану умов і безпеки праці;
- контроль за станом охорони праці та функціонуванням СУОП;
- стимулювання діяльності з охорони праці.

У процесі провадження трудової діяльності на оператора можуть впливати на виробничі фактори, такі як: шум, вологість повітря, температура повітря, електромагнітне випромінювання, недостатня освітленість. Для збереження здоров'я працівника передбачено низку заходів, що забезпечують безпеку трудової діяльності.

Робоче місце має бути організовано за Конституцією України (ч. 4 ст. 43), ст. 153 Кодексу законів про працю України, ст. 6 та ч. 1 ст. 13 Закону України “Про охорону праці”.

Робоче місце оператора – це закрите, опалюване, вентилязоване приміщення площею 6 м<sup>2</sup>, в якому встановлено персональний комп'ютер. Робочі місця повинні розташовуватися на відстані не менше 1 м від стіни з вікном і 1,4 м від звичайної стіни; відстань між бічними поверхнями комп'ютерів має бути не менше 1,2 м; відстань між задньою частиною одного комп'ютера та екраном іншого не повинна бути менше 2,5 м.

Робочі місця з персональними комп'ютерами по відношенню до світлових прорізів повинні розташовуватися так, щоб природне світло падало збоку, бажано зліва. Стіл може бути будь-якої конструкції, що відповідає сучасним вимогам ергономіки. Доцільно застосування столів, мають окрему від основної стільниці спеціальну робочу поверхню для розміщення клавіатури. Використовуються робочі столи з регульованої та нерегульованої висотою робочої поверхні. При відсутності регулювання висота столу має бути в межах (680-800) мм. Глибина робочої поверхні столу має становити 800 мм. (допустима не менше 600 мм), ширина - відповідно 1600 мм і 1200 мм.

Робоча поверхня столу не повинна мати гострих кутів та країв, мати матовий або напівматовий фактор. Робочий стіл повинен мати простір для ніг висотою не менше 600 мм, шириною – не менше 500 мм, глибиною на рівні колін – не менше 450 мм та на рівні витягнутих ніг – не менше 650 мм.

Клавіатура повинна розташовуватись на поверхні столу на відстані 100-300 мм від краю, зверненого до користувача.

Екран відеомонітора повинен знаходитися від очей користувача відстані (600-700 мм), але не ближче 500 мм.

Для забезпечення фізіологічно раціональної робочої пози, створення умов для її зміни протягом робочого дня застосовуються підйомноповоротні робочі стільці з сидінням та спинкою, що регулюються по висоті та кутам нахилу, а також відстані спинки від переднього краю сидіння. конструкція стільця повинна забезпечувати:

- ширину та глибину поверхні сидіння не менше 400 мм;
- поверхня сидіння із закругленим переднім краєм;
- регулювання висоти поверхні сидіння в межах (400-550) мм та кутом нахилу вперед до 15° та назад до 5°;
- висоту опорної поверхні спинки (300±20) мм, ширину – не менше 380 мм та радіус кривизни горизонтальної площини 400 мм;
- кут нахилу спинки у вертикальній площині в межах (0±30)°;
- регулювання відстані спинки від переднього краю сидіння в межах (260-400) мм;
- стаціонарні або знімні підлокітники завдовжки не менше 250 мм та шириною (50-70) мм;
- регулювання підлокітників по висоті над сидінням у межах (230±30) мм та внутрішньої відстані між підлокітниками в межах (350-500) мм;
- поверхня сидіння, спинки та підлокітників повинна бути напівм'якою, з ковзанням, що не електризується, повітронепроникним покриттям, легко очищається від забруднення.

Робоче місце має бути обладнане підставкою для ніг, що має ширину не менше 300 мм, глибину не менше 400 мм, регулювання по висоті межах до 150 мм та по куту нахилу опорної поверхні підставки до 20 градусів. Поверхня



підставки повинна бути рифленою та мати по передньому краю бортик заввишки 10 мм [21].

### **3.2 Шкідливі фактори проектованого виробничого середовища**

У цьому розділі будуть розглянуті питання аналізу шкідливих та небезпечних факторів праці, розробляються заходи захисту від шкідливих та небезпечних виробничих факторів для робочого місця відповідно до вимог нормативно-технічної документації, а також даються рекомендації щодо створення оптимальних умов праці та охорони навколишнього середовища офісних приміщень.

Мікроклімат виробничих приміщень. Істотний вплив на стан організму працівника та його працездатність має мікроклімат (метеорологічні умови) у виробничих приміщеннях, під яким розуміють клімат внутрішнього середовища цих приміщень. Це середовище визначається дією на організм людини сукупністю наступних факторів: температури, вологості, руху повітря та теплового випромінювання нагрітої поверхні, у тому числі монітора, системного блоку комп'ютера та інших пристроїв, пов'язаних з обробкою інформації.

Параметри мікроклімату безпосередньо впливають на самопочуття людини та її працездатність. Зниження температури за всіх інших однакових умов призводить до зростання тепловіддачі шляхом конвекції та випромінювання і може зумовити переохолодження або перегрів організму.

Підвищення швидкості руху повітря погіршує самопочуття, оскільки сприяє посиленню конвективного теплообміну та процесу тепловіддачі при випаровуванні поту. Недостатня вологість призводить до інтенсивного випаровування вологи зі слизових оболонок, їх пересихання та розтріскування, забруднення хвороботворними мікробами.

Робота персоналу в офісних приміщеннях відноситься до категорії робіт Іа, з інтенсивністю енерговитрат до 140 Вт. Робота виконується сидячи і не потребує значного фізичного напруження.

Під час роботи персонал може бути схильний до впливу наступних факторів: мікроклімат, освітлення, рівень шуму.

### Мікроклімат

Нормативним документом з цього приводу є ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень», ухвалені ще в грудні 1999 року. Призначений для запобігання несприятливому впливу мікроклімату робочих місць, виробничих приміщень на самопочуття, функціональний стан, працездатність та здоров'я людини. Цей документ характеризує мікроклімат за такими показниками: температура повітря, температура поверхонь, відносна вологість повітря, швидкість руху повітря. Оптимальні параметри мікроклімату наведено у таблиці 3.2.1 [22].

Таблиця 3.2.1 – Оптимальні параметри мікроклімату

Тип приміщення	Розрахункова площа $S_n$ , м <sup>2</sup> /люд.	Результуюча температура, °С		Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря	
		Діапазон в опалювальний період	Діапазон в охолоджувальний період	Діапазон в опалювальний період	Діапазон в охолоджувальний період	Діапазон в опалювальний період	Діапазон в охолоджувальний період
Звичайний (окремий) офіс	10	20-24	23-26	60-40	60-40	0,1	0,1
Просторий офіс	15	20-24	23-26	60-40	60-40	0,1	0,1

Рівні позитивних і негативних іонів у повітрі мають відповідати санітарно-гігієнічним нормам № 2152-80.

Іонізація повітря – це процес перетворення нейтральних атомів і молекул повітря в електрично заряджені частинки (іони). Іони в повітрі

виробничих приміщень можуть утворюватися за рахунок природної, технологічної та штучної іонізації.

Природна іонізація виникає в результаті впливу на повітряне середовище космічного випромінювання та частинок, що виділяються радіоактивними речовинами при їх розпаді. Природне утворення іонів відбувається скрізь і постійно в часі. Технологічна іонізація виникає при дії на повітряне середовище радіоактивного, рентгенівського та ультрафіолетового випромінювання, теплового випромінювання, фотоефекту та інших іонізуючих факторів, спричинених технологічними процесами. Іони, що утворюються в цьому процесі, поширюються переважно в безпосередній близькості від технологічної установки. Оптимальні параметри рівню іонізації наведено у таблиці 3.2.2 [23].

Таблиця 3.2.2 – Розрахунок оптимальних параметрів рівню іонізації

Рівні	Кількість іонів в 1 см <sup>3</sup> повітря	
	n+	n-
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500-3000	3000-5000
Максимально допустимі	50000	50000

Для підтримки допустимих значень мікроклімату та концентрації позитивних і негативних іонів необхідно передбачити установки або пристрої для зволоження та штучної іонізації, кондиціонування повітря.

Штучна іонізація здійснюється спеціальними пристроями - іонізаторами. Іонізатори забезпечують в обмеженому обсязі повітряного середовища задану концентрацію іонів певної полярності.

За наказом Мінпраці України від 26.09.2003р. №269 [27] були встановлені гранично допустимі значення атмосферного тиску та запиленості повітря:

- атмосферний тиск – від 84 до 104 кПа (630-800 мм. рт. ст.);
- максимальна запиленість повітря у приміщеннях при розмірі частинок не більше 3 мкм - 0,75 мг/м<sup>3</sup>

Параметри мікроклімату в приміщеннях забезпечуються природною або механічною припливно-витяжною вентиляцією. Кондиціонування повітря проектується згідно із завданням на проектування або на основі техніко-економічного обґрунтування.

Вентиляційна система повинна не тільки забезпечувати необхідну кількість повітря, що надходить, причому на одну людину та з урахуванням коефіцієнтів повітрообміну для приміщення в цілому, але й мати достатні енергозберігаючі можливості, відповідно до останніх будівельних вимог.

Мінімальні питомі витрати зовнішнього повітря розраховують за формулою, яка залежить від кількості людей працюючих в приміщенні:

$$q_{tot,s} = n * q_p + S * q_B$$

Де  $n$  – проектна кількість людей у приміщенні;

$q_p$  – питома витрата зовнішнього повітря на одну особу, Дм<sup>3</sup>/(с\*людина);

$S$  – загальна площа приміщення, м<sup>2</sup>;

$q_B$  – питома витрата зовнішнього повітря на розбавлення будівельних забруднень.

Розрахунок також може проводитися із загальної площі офісного приміщення, приклад якого наведено в таблиці 3.2.3.

Таблиця 3.2.3 – Розрахунок мінімальних питомих витрат зовнішнього повітря для офісних приміщень

Тип будівлі/приміщення	Умови мікроклімату	Розрахункова площа $S_n$ , м <sup>2</sup> /люд.	Загальна питома витрата вентиляційного повітря, дм <sup>3</sup> /(с * м <sup>2</sup> )			
			$q_{tot,s}$	$q_{tot,s}$	$q_{tot,s}$	$q_{sm}$
			При дуже низькому рівні забруднення повітря будівлі	При низькому рівні забруднення повітря будівлі	При високому рівні забруднення повітря будівлі	Додається при курінні
Звичайний офіс	Підвищені оптимальні	10	1,5	2,0	3,0	0,7
	<b>Оптимальні умови</b>	<b>10</b>	<b>1,0</b>	<b>1,4</b>	<b>2,1</b>	<b>0,5</b>
	Допустимі	10	0,6	0,8	1,2	0,3
Просторий офіс	Підвищені оптимальні	15	1,2	1,7	2,7	0,7
	<b>Оптимальні умови</b>	<b>15</b>	<b>0,8</b>	<b>1,2</b>	<b>1,9</b>	<b>0,5</b>
	Допустимі	15	0,5	0,7	1,1	0,3
Конференц-зала	Підвищені оптимальні	2	5,5	6,0	7,0	5,0
	<b>Оптимальні умови</b>	<b>2</b>	<b>3,8</b>	<b>4,2</b>	<b>4,9</b>	<b>3,6</b>
	Допустимі	2	2,2	2,4	2,8	2,0

## Освітлення

Серед чинників довкілля, які впливають на організм людини у процесі праці, світло займає одне з перших місць. Адже відомо, що майже 90% всієї інформації про довкілля людина отримує через органи зору. Під час здійснення будь-якої трудової діяльності стомлюваність очей в основному залежить від напруженості процесів, що супроводжують зорове сприйняття. До таких процесів відносяться адаптація, акомодация та конвергенція.

Адаптація – пристосування ока до зміни умов освітлення (рівня освітленості).

Акомодація – пристосування ока до зрозумілого баченню предметів, що знаходяться від нього на неоднаковій відстані за рахунок зміни кривизни кришталика.

Конвергенція – здатність ока при розгляді близьких предметів займати становище, у якому зорова вісь обох очей перетинається предметі.

Світло впливає як на функцію органів зору, а й у діяльність організму загалом. При поганому освітленні людина швидко втомлюється, працює менш продуктивно, зростає потенційна небезпека помилкових дій та нещасних випадків. Згідно зі статистичними даними, до 5% травм можна пояснити недостатнім або нераціональним освітленням, а у 20% воно сприяло виникненню травми. Зрештою, погане освітлення може призвести до професійних захворювань, наприклад, таких як робоча монотенія (короткозорість), спазм акомодациї.

Приміщення, в яких встановлені персональні комп'ютери, повинні мати природне та штучне освітлення відповідно до ДБН В.2.5-28-2006 [24].

Рівень освітленості у звичайних окремих офісах, у яких використовуються комп'ютери, – не менше 300 Лк. Приміщення великої площі з вільним плануванням, наприклад опенспейс, повинен мати освітленість не нижче 400 Лк. Якщо приміщенні виконуються креслярські роботи, мінімальний рівень освітленості збільшується до 500 Лк.

Природне освітлення має здійснюватися через світлові прорізи, орієнтовані переважно північ чи північний схід і забезпечувати коефіцієнт природної освітленості (КЕО) не нижче 1,5%. Розраховується КПО за методикою, викладеною в ДБН В.2.5-28-2006.

Ефективність освітлення у службових приміщеннях підвищується при раціональному фарбуванні стін та стель. На ефективність роботи істотно впливає колір приміщення. Найбільш сприятливими є білий, зелено-блакитний, світло-зелений, бежевий. Ці кольори не тільки заспокійливо діють на нервову систему людини, а й значно покращують освітленість у приміщеннях.

Для кращого розсіювання та відображення світла рекомендується фарбувати стелю у білий колір (він відображає до 90% світлового потоку). Стіни повинні відображати менше світла і бути темнішими за стелю. Якщо вікна в приміщенні виходять на сонячну сторону, то стіни краще фарбувати в холодні тони: блакитний, зелений, салатовий. Для приміщень з вікнами, що виходять на північ, північний захід, північний схід, найбільше підходять кольори теплої гами: жовтуватий, світло-оранжевий, піщаний. Підлоги незалежно від матеріалу, з якого вони зроблені, повинні мати темніший колір, ніж стіни.

### **Електромагнітні випромінювання**

Вплив електромагнітних полів (ЕМП) та випромінювань на живі організми. Під впливом ЕМП та випромінювань спостерігається загальна слабкість, підвищена втома, пітливість, сонливість, а також розлад сну, головний біль, а також біль у серці. З'являється роздратування, втрата уваги, зростає тривалість мовної та зорової реакції, підвищується межа чутливості нюху. Виникає ряд симптомів, що є свідченням порушення роботи окремих органів – шлунка, печінки, селезінки, підшлункової залози. Пригнічуються харчовий та статевий рефлексі. Реєструються зміни артеріального тиску, частота серцевого ритму, форма електрокардіограми. Це свідчить про порушення діяльності серцево-судинної системи. Фіксуються зміни показників білкового та вуглеводного обміну, збільшується вміст азоту в крові та сечі, знижується концентрація альбуміну та зростає вміст глобуліну, збільшується кількість лейкоцитів, тромбоцитів, виникають та інші зміни складу крові. Кількість скарг на здоров'я біля радіостанції значно (майже вдвічі) вище, ніж поза її меж. Загальна захворюваність у селищі з радіоцентром переважно зумовлена порушенням діяльності нервової та серцево-судинної системи.

Електротравматизм та дія електричного струму на організм людини. Широке використання електроенергії у всіх галузях народного господарства

зумовлює розширення кола осіб, що експлуатують електрообладнання. Тому проблема електробезпеки при експлуатації електрообладнання набуває особливого значення.

У нашому випадку основне джерело електромагнітного випромінювання це дисплей комп'ютера. Норми магнітного і електричні поля згідно СанПіН 2.2.4.1191-03 будуть розглянуті у таблиці 3.2.4 [25].

Таблиця 3.2.4 – Розрахунок оптимального рівню іонізації

Час впливу за робітник день, хв	Умови впливу			
	Загальне		Локальне	
	ПДК напруженості, кА/м	ПДУ магнітного індукції, мТл	ПДК напруженості, кА/м	ПДУ магнітного індукції, мТл
0-10	24	30	40	50
11-60	16	20	24	30
61-480	8	10	12	15

Аналіз нещасних випадків, що супроводжуються тимчасовою втратою працездатності потерпілих, свідчить про те, що кількість травм, спричинених дією електрики, порівняно невелика і становить 0,5-1% від загальної кількості нещасних випадків, що трапляються.

### Шумове забруднення

На робочому місці оператор може бути підданий шкідливому виробничому фактору шуму. Джерелами шуму є: освітлювальні прилади, кондиціонер, вентиляція та ПК. Шум впливає на органи слуху, і на всю нервову систему, що послаблює увагу працівника. Граничні рівні звукового тиску та звуку згідно з СН 2.2.4/2.1.8.562-96 наведені у таблиці 3.2.5.



Таблиця 3.2.5 – Граничні рівні звукового тиску та звуку

Вид трудової діяльності, робоче місце	Рівні звукового тиску, дБ, в октавних смугах із середньгеометричними частотами, Гц									Рівні звуку та еквівалентні рівні звуку (в дБА)
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Робочі місця у приміщеннях дирекції, проектно-конструкторських бюро, розрахунків, програмістів.	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Як засоби колективного захисту можна застосовувати: звукопоглинальні матеріали, звукоізоляцію, акустичні екрани. Як засоби індивідуального захисту працівник може використовувати спеціальні протишумові навушники. Одним з найпростіших і дієвих способів полегшення роботи є відпочинок, тому доцільно влаштовувати короткочасні перерви протягом робочого дня за відсутності джерел шуму.

### **3.3 Організація цивільного захисту на об'єктах промисловості та виконання заходів щодо запобігання виникненню надзвичайних ситуацій техногенного походження**

Виходячи з принципів побудови цивільного захисту в Україні слід підкреслити, що територіально - виробничий принцип знайшов втілення в 99 організації цивільного захисту на об'єктах народного господарства, а також на територіях областей, міст і районів, в тому числі міських та сільських. Відповідно до статті 16 Кодексу цивільного захисту України та з метою запобігання виникненню надзвичайних ситуацій техногенного характеру (далі - надзвичайні ситуації), забезпечення стійкого функціонування об'єктів в умовах особливого періоду Кабінет Міністрів України.

Поставляє установити, що дія цієї постанови поширюється на органи управління цивільного захисту, а саме на центральні органи виконавчої влади, Раду міністрів Автономної Республіки Крим, обласні, Київську та Севастопольську міські, районні, районні у м. Києві та Севастополі державні адміністрації, військово-цивільні адміністрації, органи місцевого самоврядування та об'єкти незалежно від форми власності, порушення функціонування яких може завдати шкоди життєво важливим національним інтересам та які провадять діяльність та надають послуги в галузях енергетики, хімічної промисловості, підлягають охороні та обороні в умовах надзвичайного стану і особливого періоду, є об'єктами підвищеної небезпеки.

Для керівництва поточної роботи з цивільного захисту на об'єкті економіки створюється основний орган управління - штаб цивільного захисту. До складу штабу цивільного захисту входять: начальник штабу і його заступники (помічники) з оперативно-розвідувальної частини, бойової підготовки, житлового сектора. Посада начальника штабу цивільного захисту передбачається штатним розкладом об'єкта. Начальник штабу є першим заступником начальника цивільного захисту об'єкта і має право за його ім'ям віддавати накази та розпорядження з цивільного захисту. Він є безпосереднім організатором управління цивільним захистом і сповіщення про загрозу або факт надзвичайної ситуації, розвідки, дозиметричного і хімічного контролю, веде поточне та перспективне планування, підготовку формувань і 100 виробничого персоналу з цивільного захисту та контроль за виконанням всіх заходів з цивільного захисту. Керівникам функціональних та територіальних підсистем єдиної державної системи цивільного захисту та підприємствам, установам, організаціям незалежно від форми власності, на які поширюється дія цієї постанови, забезпечити:

- уточнення планів реагування на надзвичайні ситуації і планів локалізації та ліквідації наслідків аварій, здійснення заходів щодо запобігання їх виникненню;

- готовність до здійснення оповіщення органів управління та сил цивільного захисту, населення про загрозу виникнення або виникнення надзвичайної ситуації та інформування їх про межі поширення, наслідки, способи та методи захисту, а також дії у зоні можливої надзвичайної ситуації;
- спостереження та контроль за ситуацією на об'єктах, на які поширюється дія цієї постанови, територіях цих об'єктів та/або за їх межами, а також здійснення постійного прогнозування можливості виникнення надзвичайних ситуацій, їх масштабів;
- готовність наявних сил і засобів цивільного захисту, можливість залучення додаткових сил і засобів у разі виникнення надзвичайних ситуацій;
- створення і використання матеріальних резервів для запобігання виникненню надзвичайних ситуацій і ліквідації їх наслідків.

Державній службі з надзвичайних ситуацій узагальнювати аналітичні матеріали та подавати їх для розгляду Державній комісії з питань техногенно-екологічної безпеки та надзвичайних ситуацій для забезпечення координації заходів щодо запобігання виникненню надзвичайних ситуацій державного рівня.

Остаточне рішення щодо рівня надзвичайної ситуації з подальшим відображенням її у даних статистики, у тому числі при відсутності достатніх відомостей щодо розвитку надзвичайної ситуації, приймає спеціально уповноважений центральний орган виконавчої влади, до компетенції якого входить вирішення питань захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру, за погодженням у разі потреби із зацікавленими міністерствами та іншими центральними органами виконавчої влади. Обов'язково враховується (за його наявності) експертний висновок регіональної комісії з питань техногенно-екологічної безпеки та надзвичайних ситуацій щодо рівня надзвичайної ситуації.

### 3.4 Безпека у надзвичайних ситуаціях

Надзвичайні ситуації (НС) бувають природного, техногенного, екологічного та біолого-соціального характеру. Природні НС пов'язані із проявом стихійних сил природи: повені, землетруси, бурі, діяльність вулканів тощо.

Техногенні НС виникають внаслідок помилкових дій людей. До таких відносяться: транспортні аварії, пожежі та вибухи, аварії на промислових об'єктах.

Екологічні пов'язані з аномальними змінами біосфери та природного середовища: опустелювання, забруднення середовища, руйнування озонового шару, глобальне потепління тощо.

До біолого-соціальних належать поширення: інфекційних захворювань, тероризм, війни, поразка сільськогосподарських рослин і т.д.

Типовою НС на робочому місці оператора є пожежа. Приміщення по вибухопожежній та пожежній небезпеці поділяються на категорії А, Б, В1 - В4, Г та Д.

Операторна відноситься до категорії "В1-В4". Їх характеризують як «пожежонебезпечні» приміщення, в яких знаходяться тверді горючі і важко спалимі матеріали та речовини.

Причинами спалаху можуть стати коротке замикання та перевантаження електромережі, тому необхідний правильний монтаж електричної мережі, а також дотримання режиму експлуатації електричних приладів. Розглянемо докладніше протипожежні заходи.

Організаційні заходи:

- видання планів евакуації, плакатів, інструкцій;
- навчання персоналу правилам протипожежної безпеки та контроль знань;
- проведення протипожежного інструктажу персоналу.

Експлуатаційні заходи:

- вільний прохід до обладнання;
- підтримка справності ізоляції провідників;
- дотримання експлуатаційних норм.

Технічні заходи:

– у приміщенні встановлено вуглекислотний вогнегасник ОУ-8, на вхідній двері знаходиться план евакуації у разі пожежі, а також на досяжному на відстані знаходиться пожежний щит;

- світлова індикація;
- звукове сповіщення у вигляді гучномовця;
- пасивні датчики задимленості;
- профілактичний огляд, ремонт та випробування обладнання.

У разі виникнення НС – пожежа, необхідно діяти у відповідно до наступного розпорядку:

– переконатися у спрацьовуванні системи пожежогасіння, якщо з якихось причин система не спрацювала і не включила оповіщення, включити вручну;

– якщо система не передала сигнал у службу пожежогасіння, то повідомити по телефону 101, або 112;

– у разі відсутності прямої загрози здоров'ю та життю зробити спробу самостійного гасіння спалаху;

– при втраті контролю над пожежею необхідно евакуюватися з будівлі відповідно до плану евакуації;

- чекати на приїзд спеціалістів.

### **Висновки до розділу 3**

У цьому розділі кваліфікаційної роботи було розглянуто шкідливі та небезпечні виробничі фактори, що впливають на здоров'я офісних працівників та оператора з підтримки параметрів мікроклімату у приміщенні. Крім цього,

були розглянуті нормативні документи, що регулюють вплив даних факторів на оператора.

Були описані обґрунтовані заходи щодо зниження рівня дії шкідливих факторів. Ці заходи дозволять підвищити працездатність персоналу, знизити стомлюваність та заподіяння шкоди здоров'ю.

Також були розглянуті питання безпеки для оператора системи керування мікроклімату у разі надзвичайної ситуації.

## ВИСНОВКИ

Результатом виконання кваліфікаційної роботи стала розробка системи керування мікрокліматом в офісному приміщенні. 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.

Були 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 залишився проміжок 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.

Розглянуті питання охорони праці в офісних приміщеннях.

Результати роботи опробовані на XVI Міжнародній конференції "Ольвійський форум – 2022.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Види мікроклімату і його вплив на здоров'я людини [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: [https://pidruchniki.com/81180/bzhd/vidi\\_mikroklimatu\\_vpliv\\_zdorovya\\_lyudini](https://pidruchniki.com/81180/bzhd/vidi_mikroklimatu_vpliv_zdorovya_lyudini) (дата звернення: 29.03.2022).
2. 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: 22.04.2022).
3. Історія вентиляції та її розвитку від витоків до сучасності : вебсайт. URL: <https://vencon.ua/ua/articles/istoriya-ventilyacii-i-ee-razvitiya-ot-istokov-do-sovremennosti> (дата звернення: 28.04.2022).
4. The beginnings of ventilation – from prehistory to the present : вебсайт. URL: <https://www.smay.pl/en/expert-blog/ventilation-history/> (дата звернення: 28.04.2022).
5. Willis Carrier : вебсайт. URL: <https://www.williscarrier.com/about.php> (дата звернення: 12.05.2022).
6. 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.
7. Монітор мікроклімату Walcom HT-2008 : вебсайт. URL: <https://simvolt.ua/ru/montor-mkroklmatu-walcom-ht-2008.html/> (дата звернення: 03.04.2022).
8. Монітор мікроклімату (CO<sub>2</sub>, RH, Temp) AZ-7729 : вебсайт. URL: <https://simvolt.ua/monitor-mikroklimatu-co2-rh-temp-az-7729/> (дата звернення: 03.04.2022).
9. MIL AM107 Ambience Monitoring Sensor, CO<sub>2</sub>, TVOC LoRaWAN : вебсайт. URL: <https://www.reichelt.com/de/en/ambience-monitoring-sensor-co2-tvoc-lorawan-mil-am107-p305278.html> (дата звернення: 03.04.2022).



10. Монітор мікроклімату (CO<sub>2</sub>, temp., RH) TENMARS ST-502 : вебсайт. URL: <https://simvolt.ua/monitor-mkroklmatu-co2-temp.-rh-tenmars-st-502-ua.html/> (дата звернення: 03.04.2022).
11. DELTA OHM HD-4617BDTSR Трансмітер вологості, температури та CO<sub>2</sub> : вебсайт. URL: <https://simvolt.ua/delta-ohm-hd-46.17bdtsr-transmter-ologost-temperaturi-ta-co2.html/> (дата звернення: 04.04.2022).
12. Система автоматизованої підтримки оптимального мікроклімату виробничого приміщення : навч.пос./ О.В. Строкань // // Системи обробки інформації. - 2014. - Вип. 5. - С. 97-100. - [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/soi\\_2014\\_5\\_25](http://nbuv.gov.ua/UJRN/soi_2014_5_25) (дата звернення: 17.12.2021).
13. Nano | Arduino Documentation : вебсайт. URL: <https://docs.arduino.cc/hardware/nano> (дата звернення: 26.03.2022)
14. Digital-output relative humidity & temperature sensor/module – DHT11 : вебсайт. URL: <https://arduino.ua/docs/DHT11.pdf> (дата звернення: 26.03.2022).
15. Datasheet BMP280 Digital Pressure Sensor : вебсайт. URL: <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/BST-BMP280-DS001-11.pdf> (дата звернення: 29.03.2022).
16. GL55 Series Photoresistor : вебсайт. URL: <https://arduino.ua/docs/GL55Series.pdf> (дата звернення: 29.03.2022).
17. TECHNICAL DATA MQ-135 GAS SENSOR : вебсайт. URL: <https://www.olimex.com/Products/Components/Sensors/Gas/SNS-MQ135/resources/SNS-MQ135.pdf> (дата звернення: 26.03.2022).
18. 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: 29.03.2022).
19. DC-DC понижуючий конвертер LM2596 з 4.5-40В до 3-35В : вебсайт. URL: <https://arduino.ua/prod650-DC-DC-ponijaushhii-konverter-c-4-5-60V-do-3-35V> (дата звернення: 29.03.2022).

20. ВЕНТС ВУТ2 200 П : вебсайт. URL: <https://vents.ua/ua/product/vut2-200-p#characteristic> (дата звернення: 04.04.2022).

21. Охорона праці в офісі. Вимоги до робочого місця офісного працівника : вебсайт. URL: <https://gs.ua/uk/oxorona-praci-v-ofisi-vimogi-do-robocшого-miscya-ofisnogo-pracivnika/> (дата звернення: 14.05.2022).

22. Якою має бути температура в офісі взимку: норми і правила : вебсайт. URL: <https://moe-pravo.com.ua/publications/yakoju-maye-buty-temperatura-v-ofisi-vzymku-normy-i-pravyla/> (дата звернення: 14.05.2022).

23. Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на вДТ та пЕОМ (відповідно до СН 2152-80) : вебсайт. URL: <https://studfile.net/preview/2430066/page:6/> (дата звернення: 15.05.2022).

24. ДБН В.2.5-28-2006 : URL: <http://kbu.org.ua/assets/app/documents/dbn2/95.1.%20%D0%94%D0%91%D0%9D%20%D0%92.2.5-28-2006.%20%D0%9F%D1%80%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B5%20%D1%96%20%D1%88%D1%82%D1%83%D1%87%D0%BD%D0%B5%20%D0%BE%D1%81%D0%B2%D1%96%D1%82%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F.pdf> (дата звернення: 15.05.2022).

25. СанПиН 2.2.4.1191-03. Электромагнитные поля в производственных условиях (57225) : URL: [https://dnaop.com/html/57225/doc-%D0%A1%D0%B0%D0%BD%D0%9F%D0%B8%D0%9D\\_2.2.4.1191-03](https://dnaop.com/html/57225/doc-%D0%A1%D0%B0%D0%BD%D0%9F%D0%B8%D0%9D_2.2.4.1191-03) (дата звернення: 17.05.2022).