

Хмельницький національний університет  
Факультет інженерії, транспорту та архітектури  
Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

### Розробка електропобутового пристрою для підтримання мікроклімату приміщень

Назва теми

Галузь знань 14 «Електрична інженерія»

Шифр, назва

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Шифр, назва

Освітня програма «Електропобутова техніка»

Шифр МРМА 23.00.00.000 ПЗ

Виконав студент 2 курсу  
група ЕТм-22-1



Підпис

Хоманець Ю.В.

Ініціали, прізвище

Керівник



Підпис, дата

проф. Поліщук О.С.

Ініціали, прізвище

Нормоконтролер



Підпис, дата

Поліщук О.С.

Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:

Зав. кафедри МАЕЕС



Підпис, дата

проф. Поліщук О.С.

Ініціали, прізвище

24 12 2022 р.

Хмельницький 2023

# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту і архітектури  
Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем  
Освітній рівень магістр  
Галузь знань 14 «Електрична інженерія»  
Шифр і назва  
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»  
Шифр і назва  
Освітня програма «Електропобутова техніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри МАЕЕС  
д.т.н., проф. Поліщук О.С.  
\_\_\_\_\_ .2023р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Хоманець Юрій Володимирович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема роботи Розробка електропобутового пристрою для підтримання мікроклімату приміщень

керівник роботи д.т.н., проф. Поліщук О.С.

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом ректора університету від 18 08 2023 р. № 30

2. Строк подання студентом роботи на кафедру \_\_\_\_\_  
3. Вихідні дані до роботи Технологічні та технічні рішення систем кондиціонування повітря приміщень

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)  
Вступ. 1. 1 Огляд та аналіз сучасних технологій та технічних рішень для кондиціонування повітря приміщень 2. Аналіз конструкції та принципу роботи основних секцій та окремих агрегатів центрального кондиціонера системи створення мікроклімату приміщень 3. Аналіз конструкцій окремих агрегатів центрального кондиціонера системи повітря. 4 Розробка автоматичної системи створення мікроклімату приміщень. Висновки. Перелік джерел посилання.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень) Аркуш 1. Пристрої для кондиціонування повітря. Документ оглядовий (A1). Аркуш 2. Схеми циркуляції холодоагента кондиціонера. Документ технологічний (A2). Аркуш 3. Схема центрального кондиціонера Документ ілюстраційний (A2). Аркуш 4. Центральний кондиціонер. Документ ілюстраційний (A2). Аркуш 5. Система створення мікроклімату приміщень. Схема комбінована (A1). Аркуш 6. Схема керування пристрою

для створення мікроклімату приміщень. Документ ілюстраційний.  
 Аркуш 7. Система створення мікроклімату приміщень. Документ ілюстраційний (A2). Аркуш 8. Пристрій для створення мікроклімату приміщень. Складальне креслення (A1).

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1 Огляд та аналіз технологічних процесів та обладнання для створення мікроклімату приміщень	до 15.10.22р.	
2 Аналіз конструкції та принципу роботи основних секцій та окремих агрегатів центрального кондиціонера системи створення мікроклімату приміщень	до 30.10.22р.	
3 Аналіз кондиціонованої будівлі та розрахунок тепловологого балансу приміщення	до 5.11.22р.	
4 Розробка автоматизованої системи створення мікроклімату приміщень	до 20.11.22р.	
5. Оформлення пояснювальної записки і графічного матеріалу	до 12.12.22р.	

Студент

  
 Підпис

**Ю.В. Хоманець**  
 Ініціали, прізвище

Керівник роботи

  
 Підпис

**О.С. Поліщук**  
 Ініціали, прізвище

## АНОТАЦІЯ

до магістерської роботи студента  
спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

1. Прізвище, ім'я та по батькові Хоманець Юрій Володимирович
2. Тема магістерської роботи Розробка електропобутового пристрою для підтримання мікроклімату приміщень
3. Прізвище, ініціали, вчена ступінь та звання опонента \_\_\_\_\_  
К.Т.Н. доцент Вороний Б.Ф
4. Об'єм магістерської роботи: креслень 8 арк., сторінок записки 100

5. Ця робота присвячена розробці системи автоматичного регулювання мікроклімату приміщень з метою забезпечення оптимальних умов для зручності користувачів і ефективності енергоспоживання. Розглядаються основні аспекти, пов'язані з визначенням параметрів мікроклімату, таких як температура, вологість, освітленість та інші.

Запропоновано використання датчиків, зв'язку між пристроями та алгоритмів роботи пристрою для оптимального керування параметрами мікроклімату.

У роботі описується розробка та реалізація прототипу системи автоматичного регулювання мікроклімату.

В розрахунково-пояснювальній записці наведено всі необхідні розробки, а також розділи, що відповідають встановленим вимогам. В першому розділі проведено огляд та аналіз сучасних технологій та технічних рішень для створення мікроклімату приміщень. Зокрема, показано технологічну схему роботи кондиціонера, різні режими роботи кондиціонера. Приведено конструкції систем створення мікроклімату приміщень. В другому здійснюється опис прототипу конструкції установки для створення мікроклімату приміщень.

В третьому розділі проведено аналіз приміщення, з метою розрахунку теплового балансу. Здійснено вибір базового обладнання для створення мікроклімату.

В четвертому розділі здійснено розробку автоматизованої системи для створення мікроклімату приміщень. Розроблено систему керування та побудовано модель у програмі Solid Works. Дано узагальнену характеристику практичного застосування та можливі шляхи удосконалення системи.

Підпис студента Ю.Хоманець  
«23» 12 2023 р.

### РІШЕННЯ ЕК

Протокол 54 від «30» 12 2023 р.

Оцінка проекту ЕК Відмінно

Рекомендації ЕК \_\_\_\_\_





Особливі відмітки \_\_\_\_\_

Технічний секретар Б.

«30» 12 2023 р.

## Зміст

Вступ		7
1 Огляд та аналіз технологічних процесів та обладнання для створення мікроклімату приміщень		8
1.1 Принцип роботи холодильного агрегату для створення мікроклімату приміщень		8
1.2 Класифікація систем створення мікроклімату приміщень		15
1.3 Аналіз конструкцій систем створення мікроклімату приміщень		20
1.4 Характеристика параметрів повітряного середовища побутових приміщень		30
2 Аналіз конструкції та принципу роботи основних секцій та окремих агрегатів електропобутового пристрою для створення мікроклімату приміщень		33
2.1 Загальні відомості про центральні кондиціонери системи підтримання мікроклімату приміщення		33
2.2 Аналіз конструкцій окремих агрегатів центрального кондиціонера системи кондиціонування повітря		36
3 Розрахунок теплового балансу приміщення		47
3.1 Аналіз будівельних характеристик та характеру виконуваних робіт кондиціонованого приміщення		47
3.2 Розрахунок теплового балансу приміщення		50
3.3 Вибір обладнання для створення мікроклімату приміщення		62

<b>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</b>				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Хоманець		
Перевір.		Поліщук		
Н. контр.				
Затверд.		Поліщук		
<b>Розробка електропобутового пристрою для підтримання мікроклімату приміщень</b>				
		<i>Лім</i>	Аркуш	Аркушів
<b>ХНУ ЕТМ-22</b>				

4 Розробка пристрою для автоматичного створення мікроклімату приміщень	81
4.1 Принцип роботи автоматичного пристрою створення мікроклімату приміщень	81
4.2 Розробка системи керування пристрою створення мікроклімату приміщень	84
4.3 Розробка конструкції пристрою для створення мікроклімату приміщень	89
Висновки	97
Перелік посилань	98
Додатки	99

## ВСТУП

Умови мікроклімату можуть значно впливати на здоров'я, працездатність та самопочуття людини. Мікроклімат визначається параметрами оточуючого середовища в конкретному просторі, такими як температура, вологість, швидкість руху повітря, тиск та інші фактори.

Багатофакторний підхід та врахування індивідуальних особливостей також важливі при створенні оптимальних умов мікроклімату. Для створення оптимальних умов використовується процеси кондиціонування.

Кондиціонування повітря - це процес обробки повітря з метою контролю його температури, вологості, чистоти та інших параметрів для забезпечення комфортних умов проживання чи роботи.

Комплекс технічних засобів для кондиціонування повітря включає в себе різноманітні системи та пристрої. Елементи системи кондиціонування повітря включають в себе кондиціонер, вентиляційні системи, фільтри для очищення повітря від забруднень, системи регулювання вологості, а також термостати для контролю температури. Процес кондиціонування може включати охолодження, обігрів, вентиляцію та інші операції з метою забезпечення оптимальних параметрів повітря для користувачів.

Створення та підтримування комфортних умов мікроклімату в приміщеннях або на робочому місці може покращити загальний стан здоров'я, збільшити працездатність та сприяти самопочуттю людини.

Ця робота присвячена розробці системи автоматичного регулювання мікроклімату приміщень з метою забезпечення оптимальних умов для зручності користувачів і ефективності енергоспоживання. Розглядаються основні аспекти, пов'язані з визначенням параметрів мікроклімату, таких як температура, вологість, освітленість тощо.

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		7

# 1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ СТВОРЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ ПРИМІЩЕНЬ

## 1.1 Принцип роботи устаткування для створення мікроклімату приміщень

Холодильний агрегат є замкнутим герметичним контуром, який включає в себе компресор, конденсатор, експанзійний клапан і евапоратор. Цей контур заповнений холодоагентом (наприклад, фреоном або аміаком), який циркулює в системі, забезпечуючи процеси компресії, конденсації, розширення і евапорації, що в результаті дозволяє відбуватися відведенню тепла з холодильного приміщення чи приміщення для замороження.

Основний принцип роботи полягає в тому, що холодоагент забирає тепло в евапораторі (де відбувається випаровування) і виводить його за межі приміщення через конденсатор. Компресор забезпечує стискання газу, після чого тиск і температура зростають, і газ перетворюється в рідкий стан у конденсаторі. Потім рідкий холодоагент проходить через експанзійний клапан, де тиск відпускається, і газ знову стає низькотисковим. Цей цикл повторюється, забезпечуючи постійне охолодження або заморожування внутрішнього простору.

Замкнута конструкція контуру дозволяє ефективно використовувати холодоагент і забезпечує надійну роботу холодильного агрегата.

На рисунку 1.1 представлена технічна схема холодильної установки. Він показує структурні зв'язки основних компонентів, стан агломерації холодоагенту в різних зонах кондиціонера, а також рух і напрямок теплообміну між холодоагентом і навколишнім середовищем.

Блок охолодження оснащений компресором, який забезпечує циркуляцію холодоагенту. Частина контуру у внутрішньому блоці чинить негативний тиск на холодоагент, оскільки він обмежений капілярною трубкою перед виходом із зовнішнього блоку. Після дроселювання температура становить від 5 до 10 °С, і холодоагент закипає, перетворюючись у пару. Необхідна для цього енергія отриму-

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		8

ється з теплого повітря в приміщенні, а частина його тепла передається холодоагенту в теплообміннику випарника внутрішнього блоку. Охолоджене повітря повертається в приміщення за допомогою тангенціального вентилятора внутрішнього блоку.

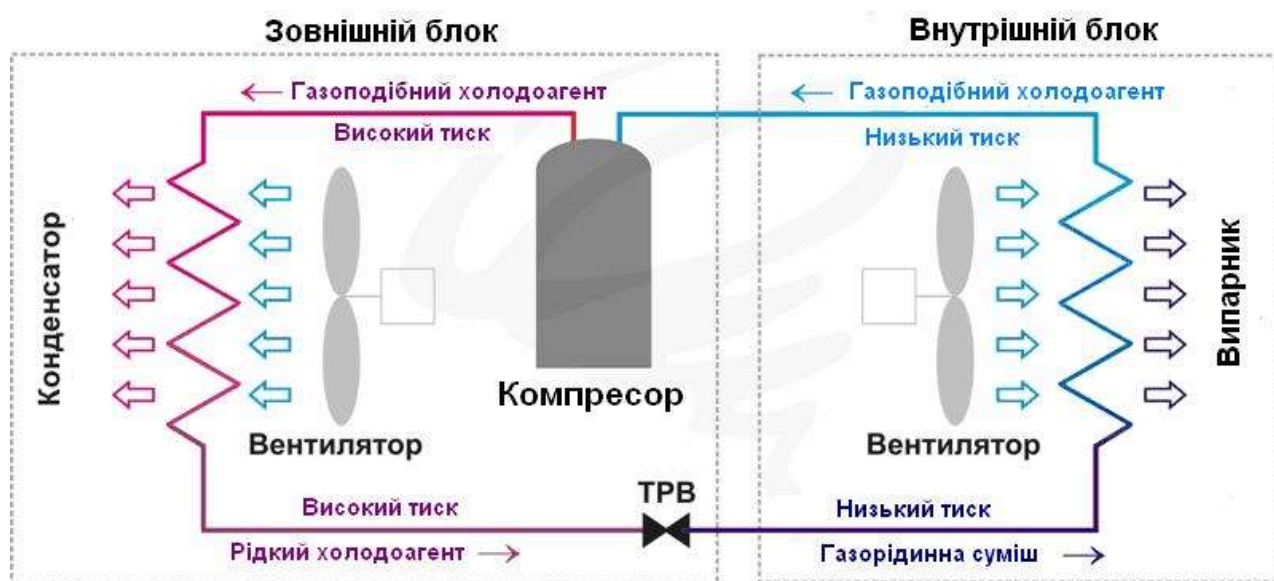


Рисунок 1.1 – Технологічна схема роботи кондиціонера

При цьому за рахунок роботи компресора пароподібний холодоагент, що проходить через компресор зовнішнього блоку, стискається, тиск підвищується, а температура підвищується до  $50-60^{\circ}$ . Гаряча пара охолоджується у зовнішньому блоці, знову розріджується та віддає тепло навколишньому повітря в конденсаторі теплообмінника зовнішнього блоку. Крім того, навіть якщо температура навколишнього середовища досягає  $40-45^{\circ}\text{C}$ , вона буде нижчою за температуру холодоагенту.

Після конденсатора рідкий холодоагент проходить через капіляр (стискається), тиск різко падає і температура холодоагенту знову знижується до  $5..10^{\circ}\text{C}$ , в результаті чого рідина знову починає кипіти. Випарник теплообмінника внутрішнього блоку забирає тепло від повітря всередині кімнати.

Розглянемо контур циркуляції холодоагента (рефрижеранта) у спліт-системах для режимів охолодження та охолодження та нагрівання (рис. 1.2 та 1.3

відповідно). Спліт-система - це тип кондиціонування повітря, який складається з двох основних частин: внутрішнього блоку (фанкойла або евапоратора) та зовнішнього блоку (компресора та конденсатора). Цей тип системи часто використовується для кондиціонування повітря в окремих кімнатах або зон.

**Охолодження: Евапоратор (внутрішній блок):** У режимі охолодження, гарячий повітря з кімнати вводиться в евапоратор, де холодоагент (наприклад, фреон) поглибає тепло з повітря, переходячи з рідкого стану в газоподібний. Це призводить до охолодження повітря.

**Компресор (зовнішній блок):** Газоподібний холодоагент потім подається в компресор, де він стискається, підвищуючи тиск та температуру.

**Конденсатор (зовнішній блок):** Стиснений і нагрітий холодоагент подається в конденсатор, де відбувається віддача тепла навколишньому повітря, і холодоагент знову переходить у рідкий стан.

**Охолодження та нагрівання:** В режимі охолодження процес аналогічний описаному вище.

**Реверсивний клапан:** У режимі нагрівання, реверсивний клапан переключає потік холодоагента, дозволяючи гарячому холодоагенту з конденсатора пройти через евапоратор. Тепло віддається в середовище внутрішньої кімнати, що забезпечує обігрів.

**Компресор і конденсатор:** Компресор і конденсатор виконують ті ж функції, але тепер вони працюють у режимі обігріву.

Цикл роботи спліт-систем для охолодження та нагрівання базується на принципах термодинаміки та роботі холодильного циклу. Такі системи називаються «теплові насоси», оскільки вони можуть переміщувати тепло від одного місця до іншого, забезпечуючи охолодження чи обігрів залежно від потреб користувача.

При переключенні режиму роботи зовнішній і внутрішній блоки кондиціонера міняються місцями (внутрішній теплообмінник стає конденсатором, а зовнішній - випарником), а в схемі з'являється чотириходовий клапан. При ро-

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		10

боті в режимі «охолодження», високотемпературний газ під високим тиском надходить у зовнішній теплообмінник через чотириходовий клапан.

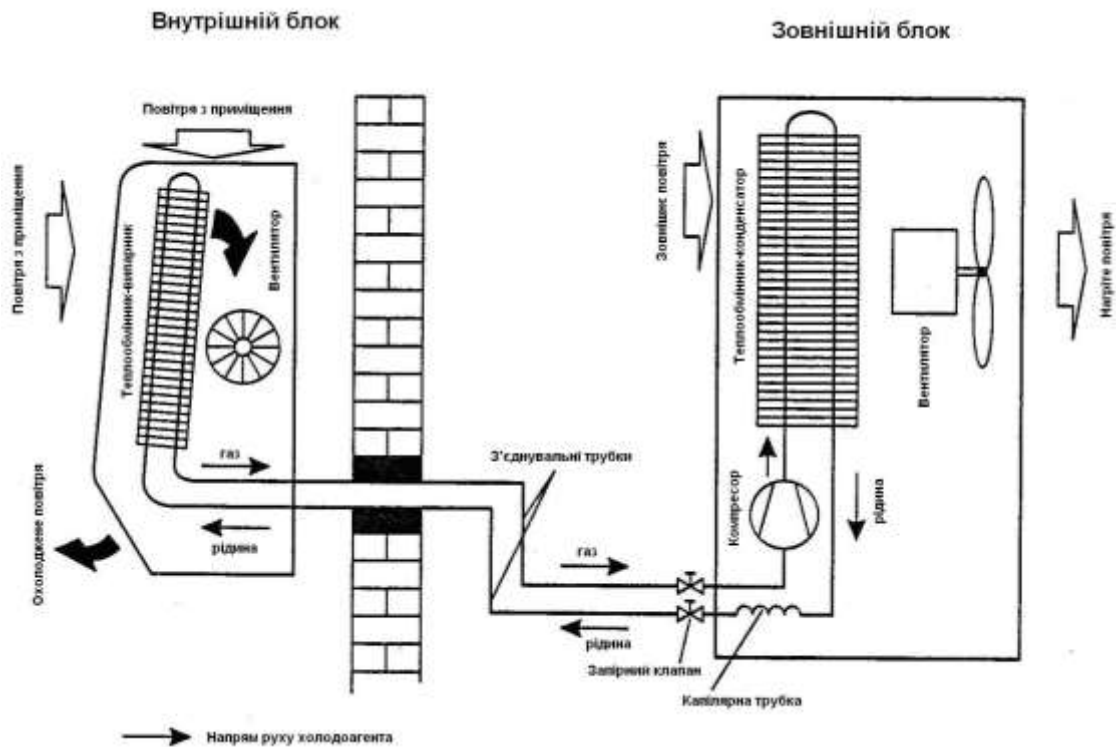


Рисунок 1.2 – Схема циркуляції холодоагента у кондиціонері, що працює в режимі «охолодження»

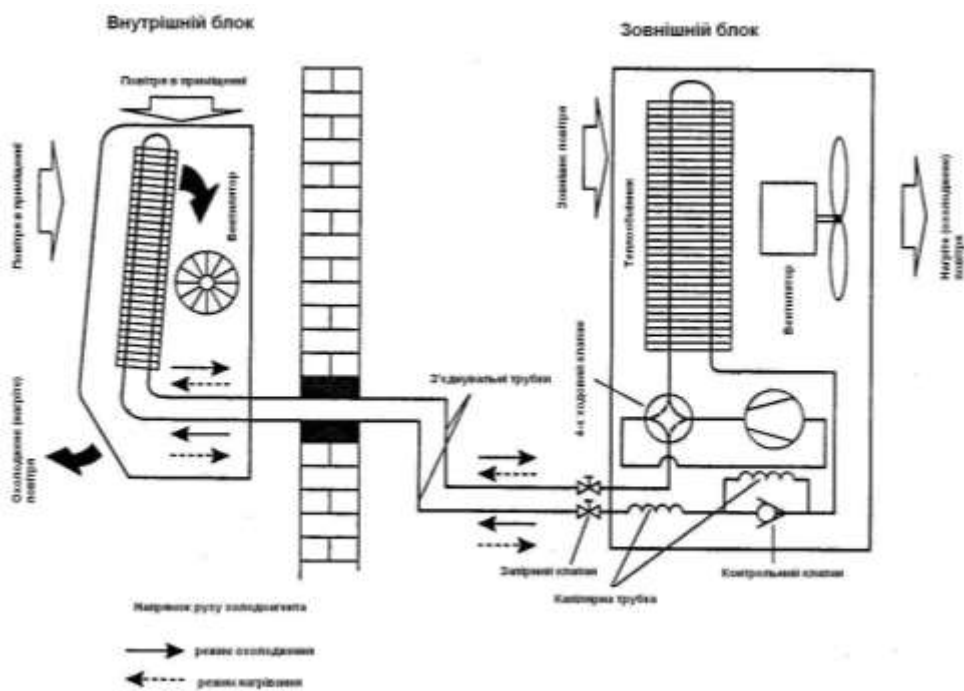


Рисунок 1.3 – Схема циркуляції холодоагента в кондиціонері, що працює в режимі «охолодження і нагрівання»

При роботі в режимі «обігрів» клапан направляє гарячий газ високого тиску у внутрішній теплообмінник.

Коли кондиціонер перемикається в режим опалення, а чотириходовий клапан змінює напрямок потоку холодоагенту в контурі, компресор забирає холодоагент із зовнішнього блоку та починає закачувати холодоагент у контур.

Високотемпературний газ під високим тиском потрапляє у внутрішній теплообмінник, де конденсується в рідину та виділяє тепло в приміщення. Зріджена суміш стискається на виході з капіляра і стає газом у зовнішньому блоці.

Цей газ поглинається компресором, і новий цикл починається знову. Це підвищує температуру кондиціонованого приміщення.

Кондиціонери, які працюють в режимі опалення, називають тепловими насосами. Це означає, що повітря всередині приміщення нагрівається за рахунок тепла, отриманого від зовнішнього повітря. Однак, коли зовнішня температура стає нижчою, стає важко поглинати тепло зовнішнього повітря. Це означає, що потужність обігріву зменшується зі зниженням зовнішньої температури. З цієї причини не рекомендується використовувати кондиціонер для обігріву, коли зовнішня температура нижче  $-5^{\circ}\text{C}$ . При цьому зростає енергоспоживання, знижується холодопродуктивність і збільшується знос компресора.

Якщо температура середовища 1 (гаряче середовище) (рисунок 1.4) дорівнює  $T_1$ , а температура середовища 0 (холодне середовище) дорівнює  $T_0$  ( $T_1 > T_0$ ), у прямому циклі виробництва теплової енергії відбувається високотемпературне перетворення  $Q_1$ .

При перетворенні теплоти в роботу частина теплоти передається на нижчий температурний рівень  $T_0$  (теплота відбирається від нагрівника  $Q_1$  при температурі  $T_1$ , а теплота виділяється від холодильника  $Q_0$  при температурі  $T_0$ ).

Згідно закону збереження енергії:

$$Q_1 = A + Q_0 \quad (1.1)$$

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		12



Чим ближче один до одного значення температур  $T_1$  і  $T_0$ , тим вище ККД контуру теплового насоса.

Тому при зниженні температури зовнішнього повітря ( $T_0$ ) знижується ефективність кондиціонування при обігріві.

Практично досяжне значення коефіцієнта корисної дії через втрату енергії знаходиться в діапазоні від 0,55 до 0,7 теоретичного значення, заданого рівнянням 1.4.

Оскільки при зниженні зовнішньої температури продуктивність теплових насосів значно знижується, у деяких кондиціонерах для обігріву приміщення крім теплових насосів використовуються термоелектричні нагрівальні елементи (ТЕН) потужністю від 1,5 до 3 кВт.

Обігрівач буде працювати, якщо різниця між кімнатною температурою та заданою температурою перевищує  $3^{\circ}\text{C}$ .

Як правило, якщо потужність кондиціонера підібрана правильно і задана температура знаходиться в межах відповідного діапазону, час роботи ТЕН становить кілька хвилин.

Однак, якщо зовнішня температура опускається нижче  $-10^{\circ}\text{C}$  і продуктивність теплового насоса знижується на 30-50%, нагрівальний елемент компенсує це зниження продуктивності і значно прискорює нагрівання приміщення.

Більшість сучасних кондиціонерів крім основного режиму охолодження або обігріву також мають режими осушення, вентиляції та автоматичний режим. Осушення повітря – це процес, який відбувається, коли кондиціонер працює в режимі охолодження. Коли повітря з кімнати обтікає холодний випарник, на його поверхні утворюється конденсат.

У режимі сушіння посилюється процес конденсації вологи з повітря, знижуючи вологість у приміщенні, але при цьому температура залишається практично незмінною. Це досягається нагріванням сухого охолодженого повітря, що пройшло через випарник, за допомогою спеціального термоелектричного нагрівального елемента (ТЕН).

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Режим вентиляції не забезпечує опалення чи охолодження, але повітря в приміщенні циркулює та очищується (за наявності відповідних фільтрів). При цьому компресор і вентилятор зовнішнього блоку зупиняться, а вентилятор внутрішнього блоку обертається із заданою швидкістю. В автоматичному режимі кондиціонер порівнює поточну температуру повітря в кімнаті з заданою температурою, визначає, чи потрібен обігрів або охолодження, і підтримує задане значення температури.

## 1.2 Класифікація систем створення мікроклімату приміщень

Системи створення мікроклімату в приміщеннях можна класифікувати за різними критеріями, такими як принцип роботи, застосування, джерела енергії та інші. Ось кілька основних класифікацій:

### 1) За принципом роботи:

а) вентиляційні системи: природна вентиляція - базується на використанні природних вітрів та теплових конвекцій для обміну повітрям в приміщенні; механічна вентиляція - використовує вентилятори для активного подавання та відведення повітря.

б) кондиціонування повітря: спліт-системи – для забезпечення охолодження та обігріву повітря і створення комфортних умов містять внутрішні та зовнішні блоки; централізовані системи - забезпечують кондиціонування повітря для великих будівель чи комплексів.

### 2) За застосуванням:

а) житлові системи - зорієнтовані на покращення мікроклімату в житлових будівлях.

б) комерційні та офісні системи - спроектовані для використання в комерційних та офісних приміщеннях.

в) промислові системи - призначені для забезпечення оптимальних умов виробництва.

### 3) За джерелами енергії:

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		15

а) електричні системи - використовують електроенергію для роботи вентиляторів, кондиціонерів і т.д.

б) теплові системи – принцип роботи заснований на використанні теплової енергії, наприклад, газу чи палива.

4) За системою керування:

а) автоматизовані системи - використовують сучасні технології автоматизації для оптимізації керування мікрокліматом.

б) традиційні системи - базуються на ручному управлінні і можуть включати елементи, такі як термостати та вентиляційні клапани.

Крім наведених класифікацій, існують різноманітні системи кондиціонування, обслуговуючі спеціальні технологічні процеси, включаючи системи з змінюються в часі (за певною програмою) метеорологічними параметрами.

Системи кондиціонування повітря «Комфорт» призначені для автоматичного створення та підтримки температури, відносної вологості, чистоти та швидкості руху повітря для забезпечення оптимальних гігієнічних вимог житлових, громадських та адміністративних будівель і споруд.

Технологічні СКП розроблено для забезпечення найкращих можливих параметрів повітря та задоволення виробничих вимог. Технічне налагодження приміщень, в яких перебувають люди, проводиться з урахуванням санітарно-гігієнічних вимог до стану повітряного середовища.

Центральний СКП ззовні забезпечується холодною водою (через охолоджену воду або холодоагент), теплом (через гарячу воду, пару або електрику) та електричною енергією для приводу електродвигунів, таких як вентилятори та насоси. Центральний СКП розташований за межами обслуговуваних приміщень і керує великими приміщеннями, кількома зонами всередині цих приміщень або багатьма окремими приміщеннями.

У деяких випадках кілька центральних систем кондиціонування обслуговують великі приміщення (виробничі цехи, театральні зали, криті стадіони, катки). Центральна СКП обладнана центральною неавтономною системою кондиціонування повітря, виготовленою за базовою (типовою) компоновальною схемою

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		16

обладнання та його модифікацій.

Центральний СКП має такі переваги:

1) Здатність ефективно підтримувати задану температуру та відносну вологість у приміщенні.

2) Концентрація обладнання, яке зазвичай вимагає систематичного обслуговування та ремонту, в одному місці (підсобне приміщення, технічний поверх тощо).

3) Варіанти ефективного гасіння шуму та вібрації.

За допомогою централізованої системи управління та відповідної акустичної обробки повітроводів, глушників і вібропоглиначів можна досягти найнижчого рівня шуму в приміщеннях і обслуговувати такі об'єкти, як радіо- і телестудії.

Автономні кондиціонери живляться електроенергією тільки ззовні. Наприклад, кондиціонери спліт-системи, шафні кондиціонери тощо. Такі кондиціонери зазвичай мають вбудований компресійний холодильник, який працює на фреоні.

Автономна система охолоджує та осушує повітря за допомогою вентиляторів, направляючи циркулююче повітря до поверхневих охолоджувачів повітря та випарника холодильника, за допомогою електронагрівачів, а також реверсуючи роботу холодильника в перехідні періоди, працюючи в системі теплового насоса.

Використання спліт-системи кондиціонера можна вважати найпростішим способом забезпечення розподіленого температурного режиму в приміщенні.

Неавтономні СКП класифікуються: повітряні, при умові, коли до обслуговуваного об'єкта доставляється тільки повітря;

- водно-повітряні системи (чиллерна система фанкойлів, з локальними ближчими системами центрального кондиціонування тощо).

Однозонні центральні СКП використовуються для забезпечення великих об'єктів із відносно рівномірним розподілом тепла та вологості, таких як великі аудиторії, такі як кінотеатри та аудиторії.

Для використання в рециркуляційних камерах такі СКП зазвичай оснащені

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		17

пристроями для рекуперації тепла (рекуператорами тепла) або камерами змішування.

Централізовані багатозонні системи управління використовуються для обслуговування великих об'єктів з нерівномірно розміщеним обладнанням або для обслуговування великої кількості відносно невеликих об'єктів. Така система більш економічна, ніж окремі системи для кожної зони або кімнати. Однак навіть з їх допомогою не можна досягти такої ж точності підтримки одного-двох заданих параметрів (вологості і температури), як автономних кондиціонерів (наприклад, кондиціонерів спліт-системи).

Прямоточні кондиціонери працюють, використовуючи лише зовнішнє повітря, яке обробляється всередині кондиціонера та подається в приміщення.

З іншого боку, блок рециркуляційного повітря працює з рециркуляційним повітрям (60-100%) або без надходження свіжого зовнішнього повітря, або з частковою подачею (до 40%), або забирається з приміщення та обробляється в приміщенні. Система кондиціонування повітря активується і повертається в ту саму кімнату.

Класифікація кондиціонування повітря за ефективним принципом на постійне повітря або рециркуляційне повітря в основному визначається вимогами комфорту, технічними умовами виробничого процесу або техніко-економічними міркуваннями.

Системи центрального кондиціонування з якісним контролем метеорологічних параметрів представляють широкий спектр найпоширеніших так званих одноканальних систем.

У цій системі все оброблене повітря виходить з кондиціонера через один повітропровід і за певних умов надходить в один повітропровід.

При цьому керуючий сигнал термостата, встановленого в службовій кімнаті, надходить безпосередньо в центральну систему кондиціонування. СКП з регулюванням об'єму подають холодне і гаряче повітря в одну або кілька кімнат через два паралельних канали. Температуру в кожній кімнаті контролює кімнатний термостат, який діє на місцевий змішувач (повітряний клапан), який змінює

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		18

співвідношення споживання холодного повітря до гарячого в суміші, що подається.

Двоканальні системи використовуються рідко через нормативну складність.

Крім інших переваг, у закладі відсутні теплообмінники та труби охолодження. Можливість співпраці з опалювальними системами. Це особливо важливо для існуючих будинків, де систему опалення можна підтримувати за рахунок встановлення двоканальної системи.

Недоліком такої системи є підвищена вартість ізоляції паралельних каналів, що ведуть до кожного службового приміщення. Постійний струм і рециркуляція можливі як в 2-канальних, так і в 1-канальних системах.

Відповідно до СНиП кондиціонери поділяються на три класи в залежності від ступеня забезпечення погодних умов.

1 клас – забезпечує необхідні параметри технічного процесу згідно нормативних документів.

Другий клас – забезпечує оптимальні гігієнічні та санітарні стандарти або необхідні технічні стандарти.

Клас 3 - забезпечує прийнятні стандарти, коли вони не можуть бути забезпечені вентиляцією без використання штучного охолодження повітря протягом теплої пори року.

Залежно від тиску, який створюють вентилятори центральних систем кондиціонування повітря, системи кондиціонування поділяються на низького тиску (до 100 кг/м<sup>2</sup>), середнього тиску (100-300 кг/м<sup>2</sup>) і високого тиску (понад 300 кг/м<sup>2</sup>).

Типи кондиціонерів: спліт-системи (настінні, підлогово-стельові, колонні, касетні, багатозонні кондиціонери зі змінною витратою холодоагенту); кондиціонер спліт-системи з припливним кондиціонером; система з чиллером і фанкойлом; даховий кондиціонер; шафа кондиціонер; прецизійний кондиціонер; центральний кондиціонер.

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		19

### 1.3 Аналіз конструкцій систем кондиціонування та вентиляції повітря побутових приміщень

Відомий пристрій для кондиціонування повітря [3], який містить камеру підігріву 1 відпрацьованого повітря з підігрівачем 2 (рис.1.5), регенераційний бак 3 і 4 із заслінкою 5 та механізм їх синхронізації, оснащений Пристрій приводу та керування (не показано), витяжний канал 6 сполучається з камерою 1 нагріву вихідного повітря та витяжним вентилятором 7, встановленим таким чином, щоб його можна було з'єднати послідовно з одним із резервуарів регенерації, напірним каналом 8.

Хоча будь-яке джерело тепла, наприклад газовий пальник, може бути використано як матеріал для нагрівача 2, найкраще використовувати каталітичний нагрівач з міркувань безпеки, щоб забезпечити повне згоряння палива та чистоту навколишнього середовища.

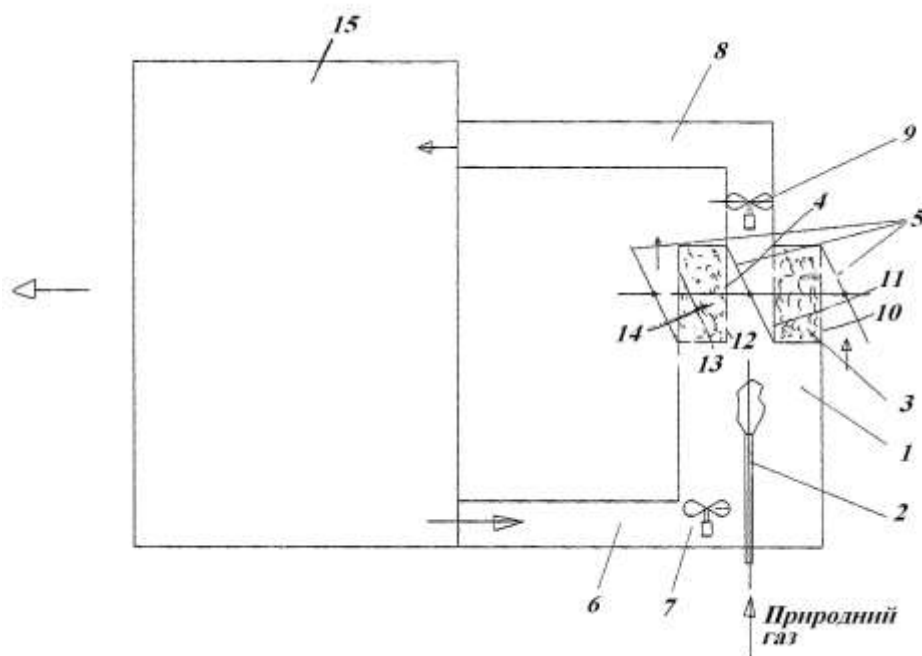


Рисунок 1.5 – Пристрій для кондиціонування повітря

Кожна регенераційна ємність складається з двох перфорованих стінок, а саме регенераційної ємності 3 з перфорованими стінками 10 і 11 і регенераційної ємності 4 з перфорованими стінками 12 і 13, наприклад, для переробки гравію або

металевої стружки. Важливий варіант втілення контейнерів 3 і 4 для холодного зберігання полягає в тому, що контейнери 3 і 4 для холодного зберігання заповнені сумішшю чавунної або сталевий стружки та вугілля в якості начинки 14 для холодного зберігання і що контейнери 3 і 4 для холодного зберігання оснащені шейкером, наприклад, оснащений електромагнітом для використання. При цьому кожен регенератор утворює гальванічний отвердитель, який хімічно очищає повітря від важких металів і багатьох інших сполук, а також виробляє продукти затвердіння, придатні для легування сталі.

Ось як працює кондиціонер. Тепле вологе повітря з приміщення 15 направляється витяжним вентилятором 7 через витяжний канал 6 у витяжну камеру опалення 1, де нагрівається калорифером 2 (при цьому з приміщення виходять леткі органічні домішки).

Коли тепле повітря проходить через регенераційний об'єм 4, температура всього об'єму регенераційного наповнювача 14 у регенераційному об'ємі підвищується 4, і вихідне повітря охолоджується майже до атмосферної температури, тоді як конденсат падає, а перероблений наповнювач 4 змочує поверхню 14 і випаровується, коли атмосфера висихає.

Температура наповнення теплоаккумулятора 14 розподіляється за лінійним законом під час виходу гарячого повітря, а температура наповнення теплоаккумулятора 14 з боку перфорованої стінки 12 розподіляється за лінійним законом під час виходу гарячого повітря.

У той же час, коли забруднене повітря викидається в атмосферу через регенераційний об'єм 4, сухе холодне повітря забирається з атмосфери через перфоровану стінку 10 в регенераційний об'єм 3 під дією пневматичного нагнітача 9. Для кожного циклу температура пакета 4 для холодного зберігання розподіляється в контейнері 3 для холодного зберігання за лінійним законом, і температура пакета для холодного зберігання 14 на стороні перфорованої стінки 11 близька (нижча) до температури повітря, що виходить з нагрівальної камери. Температура на стороні перфорованої стінки 10 холодильної упаковки 14 наближається до температури атмосфери (вгорі).

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Атмосферне повітря, що проходить через вологий і нагрітий холодильний пакет 14, нагрівається, зволожується і очищається, а потім подається в приміщення 15 через напірний канал 8 за допомогою напірного вентилятора 9. Параметри вологості кімнати 15 регулюються коефіцієнтом продуктивності витяжного вентилятора 7 і напірного вентилятора 9 .

Пристрій може працювати в режимі повітряного охолодження шляхом зволоження регенераційної заливки 14 в регенераційних ємностях 3 і 4 оборотною водою (оборотною водою). Адіабатичне охолодження) або вода із зовнішнього холодного джерела.

Відомо, що втрати тепла за рахунок припливного повітря дуже великі і в деяких випадках перевищують втрати тепла за рахунок закритих конструкцій.

Запропонований пристрій може рециркулювати та використовувати більше 90% низькопотенційного видимого та прихованого тепла для опалення, з низькою металоємністю та низькою вартістю пристрою.

Найкращі результати очікуються при поєднанні даного пристрою з автономною системою опалення будівель і споруд.

Існують пристрої для кондиціонування повітря в приміщенні [4] (рисунок 1.6), які підвищують ефективність і надійність процесу кондиціонування. Це досягається способом кондиціонування повітря, який поєднує в собі непряме охолодження, яке полягає в тому, що в кондиціонері здійснюється обробка тепла і вологості повітря, яке подається в приміщення в камері змішування.

У кондиціонерах наступні потоки повітря змішуються і використовуються для обробки в теплообміннику і камері зрошувальних форсунок: Зовнішнє повітря подається через систему впуску та клапани для забезпечення циркуляції повітря. Тепло з приміщення подається по витяжному каналу, після чого очищається від пилу повітряним фільтром, проходить через теплообмінник і посилюється процес тепломасообміну в камері зрошувальної форсунки з насадкою, за допомогою припливний вентилятор, через нього проходить тепло.

У приміщеннях з кондиціонером встановлюють не менше двох датчиків. Датчик контролює вологість зареєстрованого приміщення, а датчик реєструє тем-

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		22

пературу і температуру приміщення. Приміщення регулюється датчиком, який діє на виконавчий механізм клапана, встановленого в трубі подачі холодоагенту в теплообмінник, а вологість регулюється за імпульсом датчика, який діє на виконавчий механізм повітряного клапана. Змінить витрату повітря, що обробляється в камері зрошення форсунки і проходить через обвідний канал, з'єднайте один кінець перепускного каналу з порожниною кондиціонера з камерою зрошення, а інший кінець згодом видалить повітря. Повітря видаляється з приміщення через повітророзподільний пристрій і витяжний канал з витяжним екраном, а частина рециркуляційного повітря повертається в камеру змішування.

Кондиціонер для виконання способу кондиціонування повітря з непрямим охолодженням складається з камери змішування 2, повітряного фільтра 3, теплообмінника 4, соплової зрошувальної камери 5 з форсунками 18, які посилюють процес тепломасообміну.

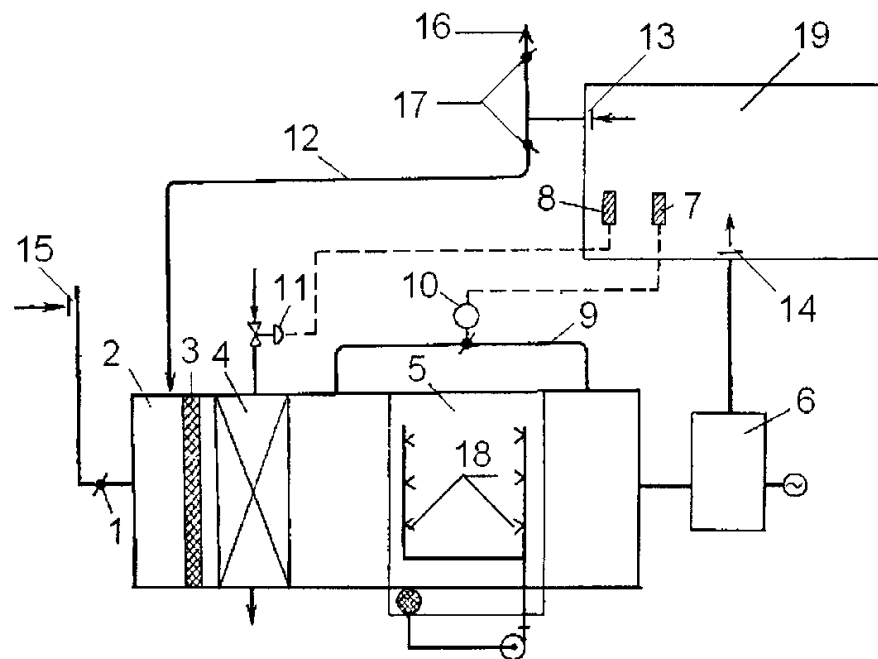


Рисунок 1.6 - Схема способу кондиціонування з використанням системи двоступеневого випарного охолодження

Припливний вентилятор 6 подає повітря в приміщення 19 через повітророзподільний пристрій 14. У кондиціонованому приміщенні 19 встановлено не менше двох датчиків: датчик 7, який реєструє вологість у приміщенні, і датчик температури 8, який реєструє вологість і температуру. Для регулювання температури

приміщення 19 датчик 8 впливає на виконання клапана 11, встановленого в лінії подачі холодоагенту до теплообмінника 4.

Вологість регулюється імпульсами датчика 7, який впливає на механізм виконання повітряної заслінки 10 і дозволяє змінювати частку повітряного потоку, що обробляється в камері і проходить через перепускний (перепускний) канал 9. Повітря з приміщення 19 видаляється повітророзподільним пристроєм 13, але частина повітря повертається у вигляді рециркуляційного повітря в камеру змішування 2, де змішується з вищезгаданим зовнішнім повітрям, що надходить у впускний пристрій 15 і клапан 1.

Метод кондиціонування повітря в поєднанні з непрямим охолодженням здійснюється наступним чином. У камері змішування 2 кондиціонер готує повітря для тепловологісної обробки в теплообміннику 4 і камері зрошення форсунок 5 шляхом змішування наступних потоків повітря: Відкрийте вентиль 1 і подайте циркулююче повітря з чистого приміщення 19 через витяжний канал 12, змішуючись із зовнішнім повітрям для отримання нових параметрів тепловологісного режиму. Потім це повітря очищається від пилу в повітряному фільтрі 3 і проходить через теплообмінник 4, камеру зрошувальної форсунки 5 з форсунками 18, тим самим інтенсифікуючи процес тепломасообміну і живлячи повітря вентилятором 6. Для допомоги використовуються два датчики, встановлені в приміщенні, обладнаному кондиціонером 19: датчиком 7, який реєструє вологість у приміщенні, і датчиком 8, який реєструє температуру.

Контроль температури в приміщенні 19 здійснюється за допомогою датчика 8, який діє на механізм активації клапана 11, встановленого в лінії подачі холодоагенту в теплообмінник 4. Контроль вологості здійснюється імпульсами датчика 7, що діють на виконавчий механізм повітряного клапана 10, що дозволяє змінювати витрату повітря, що обробляється в камері зрошувальної форсунки 5 і проходить через байпас (байпас) каналу 9, а один кінець перепускного каналу 9 підключається до кондиціонера з камерою поливу 5, після чого підключається другий кінець. Повітря з приміщення 19 видаляється через витяжний канал 12 з повітро-

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		24

розподільником 13 і витяжним екраном 16, а частина циркулюючого повітря повертається в камеру змішування 2.

Особливістю цієї системи є добре оребрена поверхня поверхневого теплообмінника, який в теплий період виконує роль основного повітроохолоджувача. Це пояснюється тим, що різниця температур між технологічним повітрям і охолоджувальною водою відносно мала. У холодну пору року перепад температур збільшується, що забезпечує високу теплопродуктивність. При цьому на цей теплообмінник має сенс покласти не тільки функції обігріву I і II ступенів, а й нагріву повітря.

Цей пристрій використовується для подачі повітря в приміщення і може використовуватися як припливний повітропровід. Пристрій складається з вертикального сопла 1, на нижньому торці якого розташований регулятор витрати повітря, що складається з двох поворотних клапанів 2 з криволінійними відбивачами 3, які направляють повітря, що надходить у сопло, до трубки з гнучкого матеріалу. Є можливість регулювати радіус кривизни і змінювати величину зазору клапана.

Є пристрій подачі повітря [5] (рис.1.7). Пристрій складається з прямокутної вертикальної труби 1, встановленої на підлозі приміщення, на нижньому кінці якої розташований пристрій регулювання потоку повітря, що складається з клапана 2 і зігнутого відбивача 3, який розділяє повітря, що надходить, вбудований в труба, яку можна використовувати. Вигнуті відбивачі виготовлені з гнучких матеріалів, які дозволяють змінювати радіус кривизни. Крізь відбивач 3 вставлений гвинт 5, який закріплений у вигнутому відбивачі 3 і закріплений одним кінцем на стінці вертикальної труби 1.

Пристрій працює наступним чином: Повітря з між покрівель надходить у трубу 1, встановлену на стелі, проходить через порожнину патрубку 1, а потім розділяється на кілька потоків і потрапляє в зазор між вільним кінцем клапана 2 і криволінійною поверхнею 3, минаючи її. Вітровий потік визначається розміром і швидкістю щілини, яка, в свою чергу, визначається різницею тиску між дахом і приміщенням. Зазор регулюється за допомогою гвинта 5 і визначає максимальну витрату повітря, а отже, і діапазон регулювання. Залежно від швидкості і перепа-

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		25

ду тиску повітряний потік діє на клапан 2, змушуючи його обертатися навколо своєї осі, тим самим змінюючи розмір зазору між вільним кінцем клапана 2 і поверхнею 3.

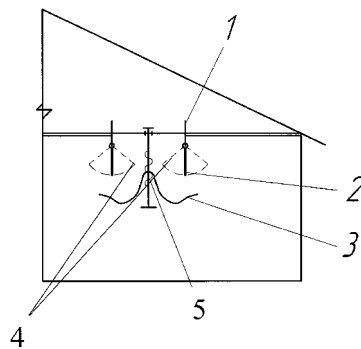


Рисунок 1.7 – Схема пристрою для подачі повітря.

При виникненні ситуації «перевороту» режиму роботи, тобто відбувається «переворот» режиму роботи припливного пристрою, який забезпечує необхідну задану температуру в приміщенні в автоматичному режимі. Є також два типи кондиціонерів з підгрівом повітря. Один, який має електричний нагрівач, а інший дорожча реверсивна модель, яка змінює напрямок холодоагенту в системі. Системи кондиціонування повітря можуть працювати виключно на зовнішньому повітрі або на суміші зовнішнього повітря та рециркуляційного повітря з кондиціонованого приміщення.

Виготовляють кондиціонери в автономному та неавтономному варіантах. Автономні кондиціонери мають джерело тепла і джерело холодного повітря, які регулюють повітря до заданих параметрів. Зазвичай такі кондиціонери оснащені обігрівачем для нагріву повітря та чиллером для його охолодження. Автоматична система кондиціонування повітря працює від електроенергії, що подається від зовнішнього джерела.

Неавтономні кондиціонери ззовні живляться як електроенергією, так і холодоагентом для нагріву та охолодження повітря.

Однозонний кондиціонер призначений для великих приміщень, а багатозонна – для групових приміщень. Локальна система кондиціонування – це систе-

ма, в якій система кондиціонування встановлена всередині приміщення. Вони можуть мати центральну систему охолодження або забирати холодне повітря з чиллера, вбудованого в систему кондиціонування.

Такі системи забезпечують задані параметри повітряного середовища для деяких, але не для всього об'єму приміщення.

В даний час локальні системи кондиціонування з автономними установками кондиціонування використовуються в ресторанах у двох принципово різних варіантах: моноблочні системи і спліт-системи (рис.1.8).

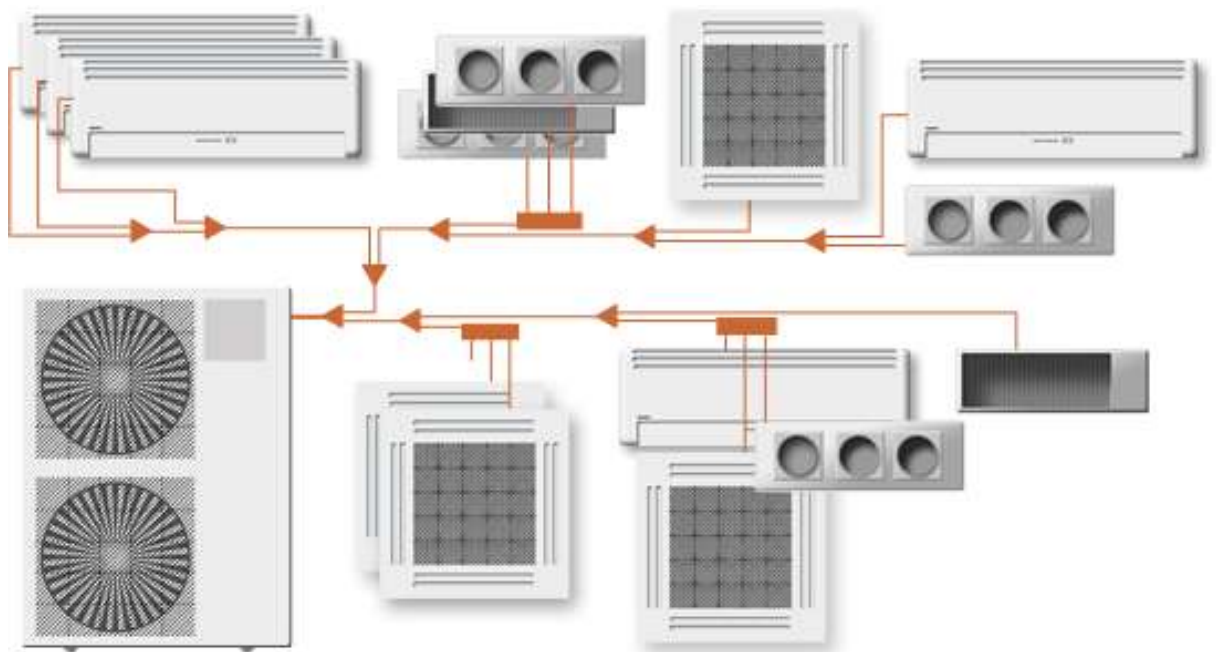


Рисунок 1.8 – Мультизональна спліт-система

Існують системи для створення мікроклімату приміщень, типу чиллер-фанкойл.

Робоча речовина тут вода або спеціальна незамерзаюча рідина, наприклад, етилен-гліколь.

Приточно-витяжна вентиляційна установка з рекуперацією тепла і холоду

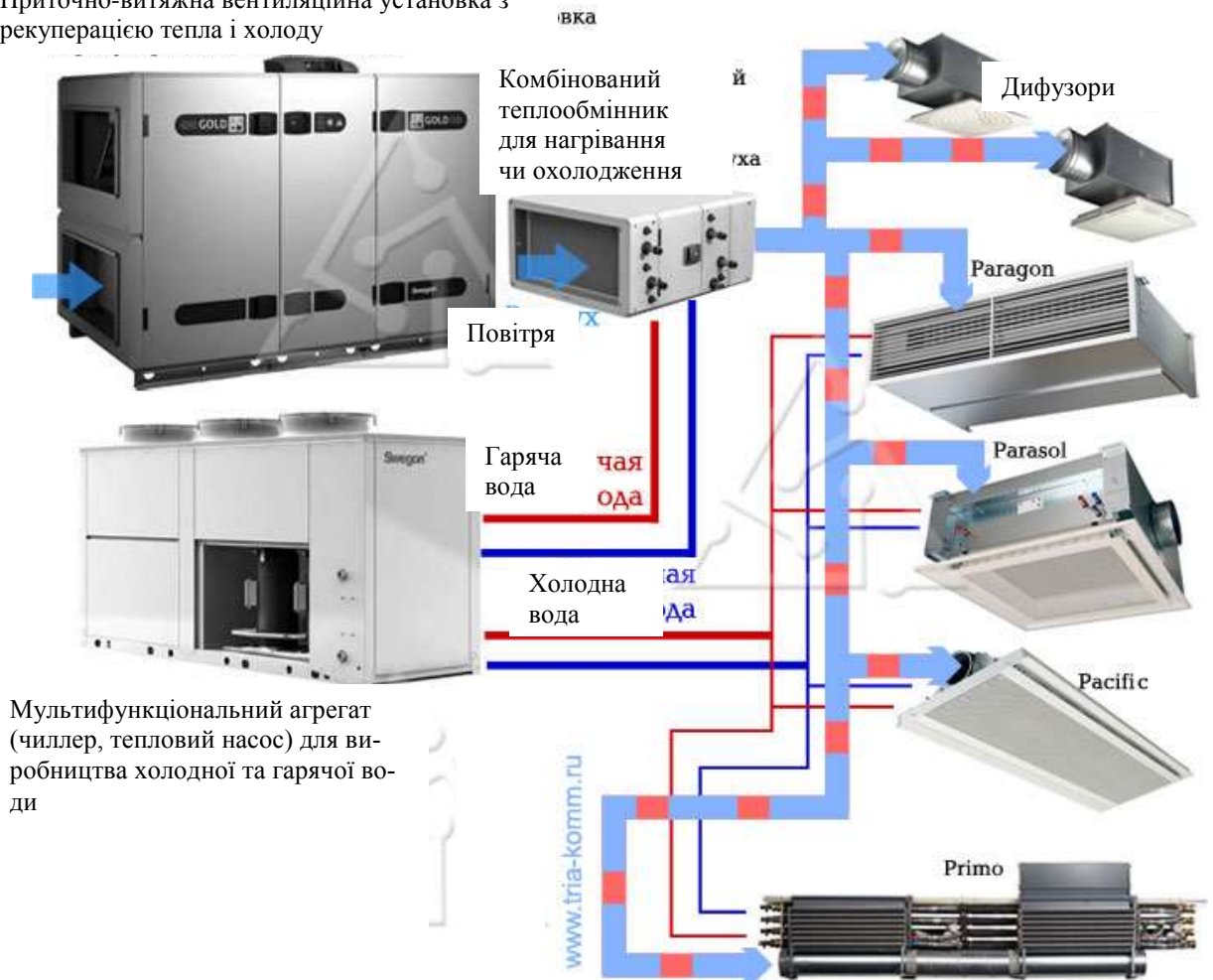


Рисунок 1.9 – Системи чиллер-фанкойл

Чиллерні фанкойли мають наступні принципи відмінності від усіх кондиціонерів, які використовують фреон. Роль зовнішнього блоку бере на себе чиллер. Роль внутрішніх блоків в цій системі виконують фанкойли різних типів і різної потужності. Циркуляція холодоагенту між чиллером і фанкойлом здійснюється через насосну станцію.

Кількість внутрішніх блоків у системі фанкойлів чиллера не обмежена, це залежить лише від продуктивності чилера. Чиллери випускаються в широкому діапазоні потужностей від 5 до 9000 кВт. Кулер підключається до фанкойла за допомогою звичайних водопровідних труб, довжина яких може досягати кількох сотень метрів. У цих системах як елементи розподілу повітряного потоку використовуються витяжні заслінки та балки охолодження (рис.1.10).



а)



б)



в)



г)



д)

Рисунок 1.10 – Кліматичні модулі для розподілу кондиціонованого повітря: а) кліматичні модулі Parasol; б) кліматичні модулі Paragon ; в) модульна фасадна кліматична система Primo; г) вмонтована кліматична балка Pacific; д) активна кліматична балка Adriatic

Представлені раніше кліматичні модулі (Parasol, Paragon, Primo) і охолодні балки (Pacific, Adriatic) містять в собі широкі функції налагоджень розподілу повітря. Для створення зручної картини розподілу повітряних потоків, у приміщенні використовуємо також низкошвидкісні повітророзподільники.

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		29

#### 1.4 Характеристика параметрів повітря побутових приміщень

На сприйняття тепла людиною, в першу чергу впливають чотири фактори: температура і вологість повітря, швидкість його руху (рухливість), температура навколишніх поверхонь у приміщенні. Теплові відчуття людини можуть бути однаковими, навіть якщо комбінація цих параметрів різна. Слід зазначити, що відчуття тепла визначається перерахованими параметрами, але не всі їх поєднання забезпечують комфортні умови. Кожен із цих параметрів не можна змінювати довільно, а лише в певному діапазоні, що відповідає умовам комфортного тепла.

Знання прийнятних меж коливань температури, вологості та рухливості повітря може допомогти регулювати використання певних типів SCP.

Якщо людина не відчуває холоду чи перегріву, або не відчуває руху повітря біля тіла, то метеорологічні умови навколишнього повітряного середовища (з урахуванням температури поверхонь будинку) вважаються теплокомфортними.

На рисунку 1.11 зображено криві зміни температури шкіри на різних ділянках тіла людини. Як можна бачити, існують деякі відмінності в рівнях температури від зони до зони. Традиційно середньою температурою вважається температура чола, яка становить приблизно 32 °С при температурі навколишнього середовища 20-21 °С. Завдяки автоматичній терморегуляції організму людина пристосовується до змін параметрів навколишнього повітря. Однак така терморегуляція ефективна лише при повільних і невеликих відхиленнях параметрів від нормальних, необхідних для здоров'я. При сильних і швидких коливаннях параметрів повітряного середовища порушуються такі фізіологічні функції організму, як терморегуляція, обмін речовин, діяльність серцево-судинної та нервової систем. При цьому можуть спостерігатися значні відхилення всередині людського тіла. Наприклад, у людини, яка потрапила в стан «перегріву», підвищується температура тіла, різко знижується працездатність, підвищується дратівливість.

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		30

На діаграмі (рисунок 1.6) показано залежність від зміни продуктивності праці від температури навколишнього середовища. Як видно з графіка, показники продуктивності праці різко падають при температурі вище 26°C.

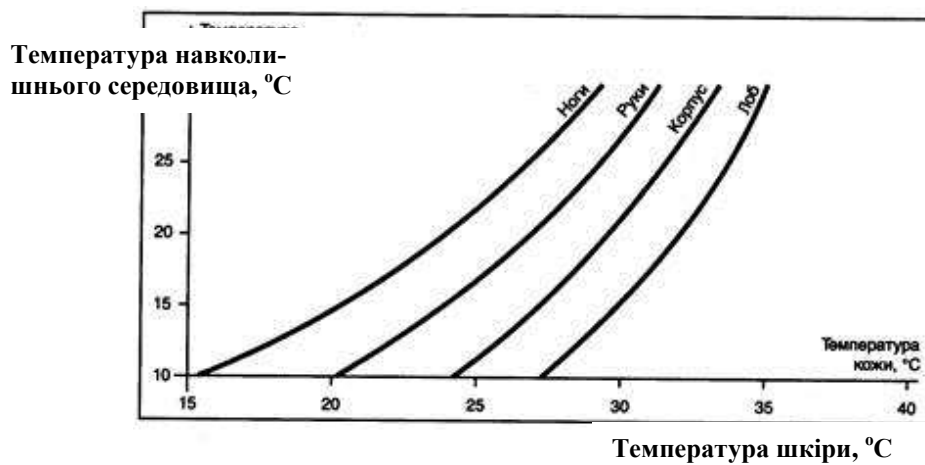


Рисунок 1.11 - Зміна температури шкірного покриву ділянок тіла в умовах спокою, залежно від зміни температури середовища

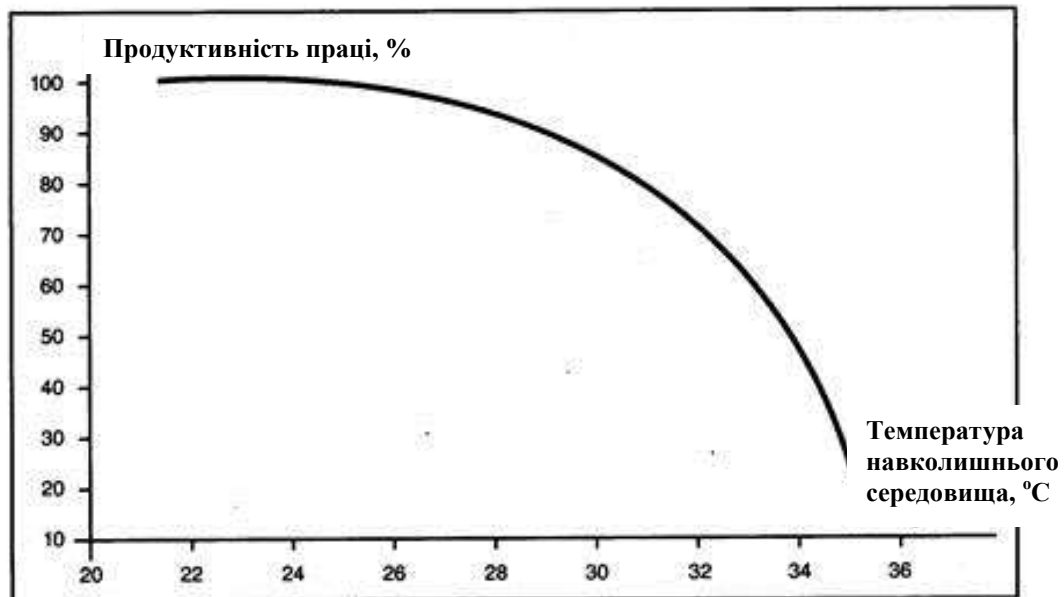


Рисунок 1.12 - Залежність продуктивності праці від зміни температури середовища:

Завдання кондиціонування - підтримувати такі параметри повітряного середовища, в яких кожна людина відчуває себе комфортно завдяки системі автома-

тичної терморегуляції організму, тобто невідчутною для впливу зовнішнього середовища. З гігієнічної точки зору найбільш сприятливий рівень температури в житловому приміщенні становить 22 °С, з допустимим коливанням 21-23 °С. Нижчі температури, наприклад 18 °С, рекомендовані в нормативних документах щодо проектування систем опалення, класифікуються як «холодні» та «холодні». Водночас слід зазначити, що за мікрокліматичних умов, які вважаються «нормальними», зазвичай до 10% людей відчують різний ступінь дискомфорту.

Це пояснюється різноманітними соціальними умовами життя: нормальним кліматом, одягом, харчуванням, умовами проживання тощо.

Висновки до розділу 1.

У розділі було зроблено огляд систем для створення мікроклімату приміщень. Зроблено огляд обладнання, пристроїв та систем для створення мікроклімату приміщень. На підставі проведеного аналізу зроблено висновок про необхідність створення системи, що створює мікроклімат в приміщенні, який автоматично підтримує стандартні параметри температури та вологості.

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		32

## 2 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ ТА ПРИНЦИПУ РОБОТИ елементів ТА АГРЕГАТІВ ЕЛЕКТРОПОБУТОВОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ СТВОРЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ ПРИМІЩЕНЬ

### 2.1 Загальна інформація про центральні кондиціонери систем кондиціонування повітря

Серед таких систем можна виділити системи вентиляції, системи опалення (або комбіновані системи вентиляції та опалення) і системи кондиціонування повітря (СКП). Поєднання опалення і вентиляції створює в приміщенні цілком задовільний мікроклімат і забезпечує сприятливі умови повітряного середовища. СКП — це система вищого рівня (з кращою функціональністю). Головною перевагою є те, що завдяки фреоновому холодильнику СКП не тільки виконує функції вентиляції та обігріву, але й створює та постійно підтримує сприятливий мікроклімат (комфортний рівень температури) навіть у спекотне літо.

Очищення повітря в СКП включає охолодження, нагрівання, зволоження або осушення, а також очищення (фільтрацію, іонізацію тощо).

Система також здатна підтримувати задані параметри повітря в приміщенні незалежно від рівнів і коливань метеорологічних параметрів зовнішнього повітря (атмосфери) і коливань надходження тепла та вологи в приміщення.

Центральні системи кондиціонування повітря широко використовуються для комфортного та технічного кондиціонування повітря і є неавтономними системами кондиціонування повітря, що живляться холодним повітрям (через подачу охолодженої води або антифризу), теплом (через подачу гарячої води або пари) тощо .

Електроживлення для приводу вентиляторів, насосів, пристроїв ізоляції та контролю для зв'язку повітря та рідини тощо.

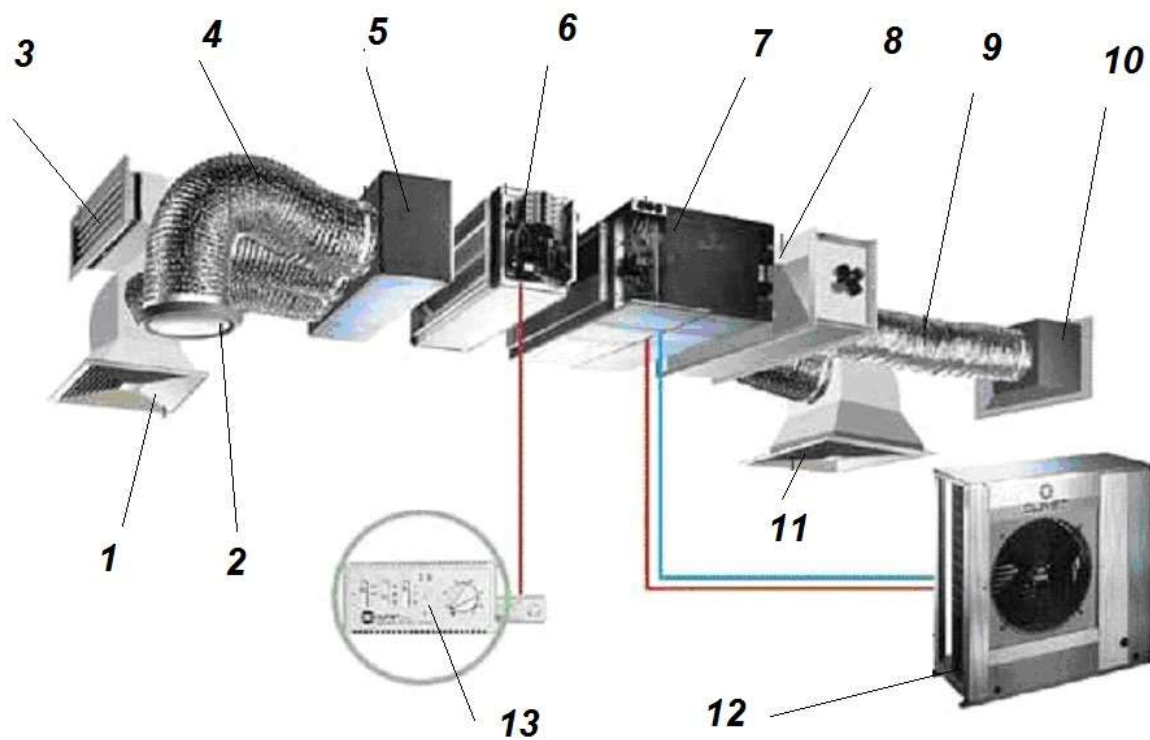
Сучасні центральні системи кондиціонування повітря виготовляються в поперечній конструкції, з однорідними типовими секціями, призначеними для кондиціонування, змішування (3D модуль).

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Призначений для обігріву, охолодження, очищення, осушення, зволоження та руху повітря.

У попередньому розділі була проведена класифікація систем створення мікроклімату в приміщенні. Здійснено огляд пристроїв і систем для створення мікроклімату в приміщеннях. На підставі проведеного аналізу зроблено висновок про необхідність створення системи, що створює мікроклімат в приміщенні, який автоматично підтримує стандартні параметри температури та вологості.

Схема центрального кондиціонера пристрою створення мікроклімату приміщення показана у вигляді ілюстрації на рисунку 2.1 та у графічній частині МРМА 23.00.00.000 ДП1.



1, 2 – дифузор приточний; 3 – решітка настінна; 4 – гнучкий повітровод; 5 – розподільний короб; 6 – електричний калорифер з блоком автоматики; 7 – внутрішній блок кондиціонера центрального; 8 – камера змішувальна; 9 – термоізований повітровод; 10 – клапан з електричним приводом для забору повітря; 11 – стелевий дифузор для відтворення рециркуляції повітря; 12 – зовнішній блок кондиціонера; 13 – пульткерування пристроєм

Рисунок 2.1 - Схема центрального кондиціонера (ілюстрація)

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		34

СКП включає технічні засоби прийому, обробки та контролю. Системи керування у великих громадських, адміністративних і промислових будівлях зазвичай забезпечуються складними системами автоматичного керування. Автоматичні кондиціонери підтримують постійний рівень вітру в приміщенні незалежно від змін навколишнього середовища (атмосферних умов).

Основне обладнання для кондиціонування повітря для обробки та переміщення повітря поєднується в пристрої, що називається кондиціонером (міститься в одному корпусі). Часто всі технічні засоби кондиціонування об'єднують в один або два блоки, в цьому випадку терміни «СКП» і «кондиціонер» є синонімами.

Центральна система кондиціонування складається з окремих загальних секцій, які герметично з'єднані між собою. Корпус кондиціонера складається з алюмінієвої рами, на якій встановлені постійні та знімні (для доступу до обладнання) панелі. Панелі складаються із зовнішнього та внутрішнього оцинкованих листів із встановленими між ними ізоляційними прокладками з мінеральної вати.

Для полегшення доступу до системного блоку передбачена оглядові дверцята або знімна панель, яка відкривається з боку обслуговування.

З урахуванням нерівностей приміщення, в якому буде встановлений кондиціонер, секції можна розташувати в двох рівнях.

На додаток до звичайних стандартних компоновок, також має можливість створити власну унікальну схему кондиціонування повітря. Розмір секцій є рівномірним і зазвичай залежить від споживання та швидкості повітря, що обробляється кондиціонером.

Основні секції, які використовуються в конструкції кондиціонера, включають секцію вентилятора, охолодження, нагрівання, зволоження, фільтрацію, зменшення шуму та використання тепла.

Вибір того чи іншого облаштування (лінії технічної очистки повітря) залежить від багатьох факторів, головним чином цільового використання та характеру ділянки, конструктивних характеристик будівлі, санітарних, санітарних, санітарних, будівельних та монтажних, архітектурних, експлуатаційних та економічних вимог.

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		35

## 2.2 Аналіз конструкцій окремих агрегатів центрального кондиціонера системи кондиціонування повітря

У цій магістерській роботі ми використали центральну систему кондиціонування повітря Wesper CDC318 як прототип. Схема комбінування цієї системи центрального кондиціонування для створення мікроклімату в приміщенні наведена на рисунку 2.2 та в графічній частині МРМА 23.00.00.000 ДІ2.

Блок всмоктування використовується для аспірації, змішування та розподілу зовнішнього та рециркуляційного повітря, що надходить у систему кондиціонування.

Повітряні фільтри призначені для очищення повітря, що надходить в систему кондиціонування, від атмосферного пилу. Ефективність очищення повітря рухомим фільтруючим матеріалом становить понад 90%.

Сервісна зона використовується для формування повітряного потоку та обслуговування сусідніх установок кондиціонування.

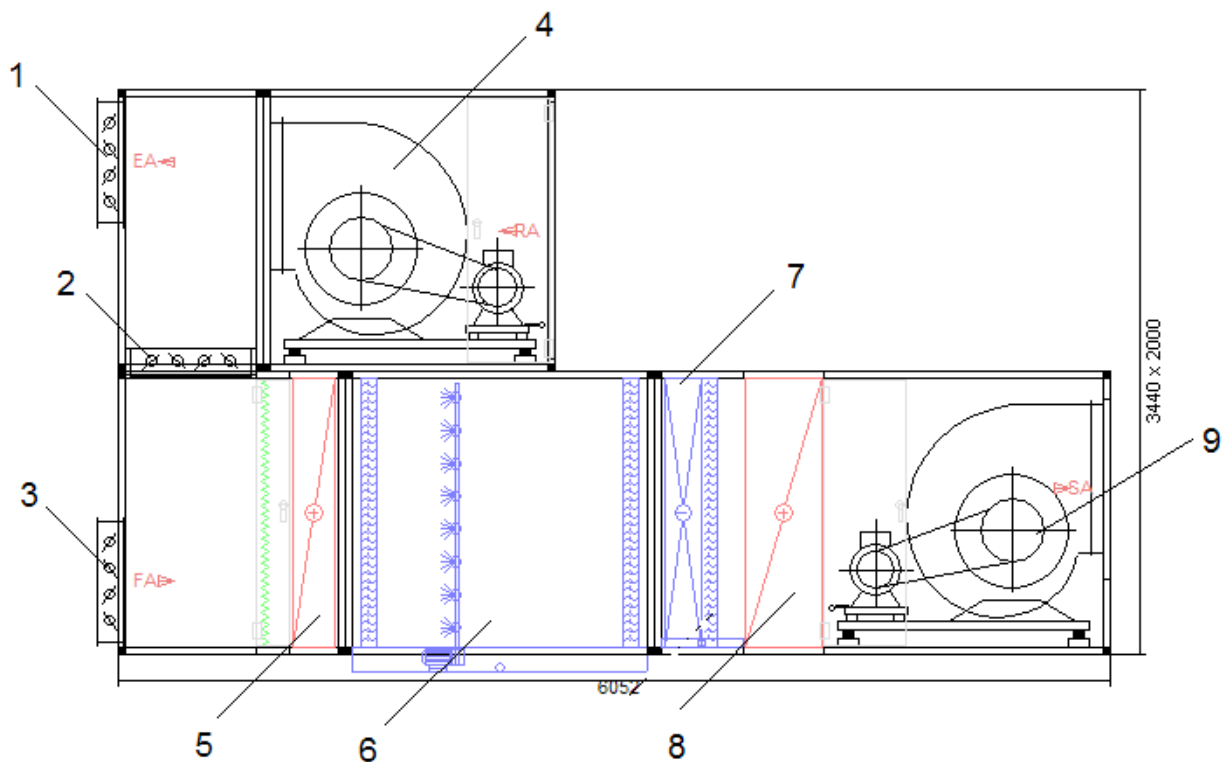
Повітрянагрівач призначений для нагрівання повітря до заданих параметрів.

Теплоносієм є вода з температурою від 70 до 150 °С і тиском 1,2 МПа або менше.

Иригаційна камера – пристрій, в якому відбувається адіабатичний процес термовологісної обробки повітря проточними тросами або водою.

Зрошувальна система камери складається з двох-трьох рядів вертикальних труб із форсунками для розмірного розподілу води по перерізу камери.

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		36



1 - заслінка для витяжного повітря; 2 - заслінка переточна; 3 - заслінка для приточного повітря; 4 - секція витяжного вентилятора повітря; 5 - секція повітронагрівача першого підігріву; 6 - секція зволожувача повітря; 7 - секція повітряного охолодження; 8 - секція повітряного нагрівання другого підігріву; 9 - секція припливного вентилятора

Рисунок 2.2 – Схема комбінована принципова кондиціонера центрального

З'єднувальний блок забезпечує надходження повітря, обробленого кондиціонером, у блок вентилятора. Складається з короба і перехідної стінки до вентиляторного блоку з м'якими вставками, які зменшують передачу вібрацій від вентиляторного блоку до системи кондиціонування.

Вентиляторна установка забезпечує рух повітря всередині кондиціонера і подачу його в приміщення.

### 2.2.1 Секція охолодження

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Секція охолодження — це водяний або фреоновий теплообмінник повітряного охолоджувача, виготовленого з мідних труб (від 4 до 8 рядів) з алюмінієвими ребрами. Холодоагентом (робочим середовищем) може бути охолоджена вода, суміш води та гліколю або фреон (наприклад, R-122). Холодоагент може подаватись із чиллерів, градирень, артезіанських свердловин тощо залежно від типу робочого середовища. Колектор виготовлений із сталеві оцинкованої труби (або з антикорозійним покриттям). Вхідні та вихідні з'єднання колектора мають зовнішню різьбу. Стандартно, колектор оснащений додатковими форсунками для опускання холодоагенту і видалення повітря. Розподільний і зворотний колектори фреонового теплообмінника виготовлені з мідних труб. Збірна труба прокладається поза секцією. Переохолоджувач має сорочку з оцинкованої сталі.

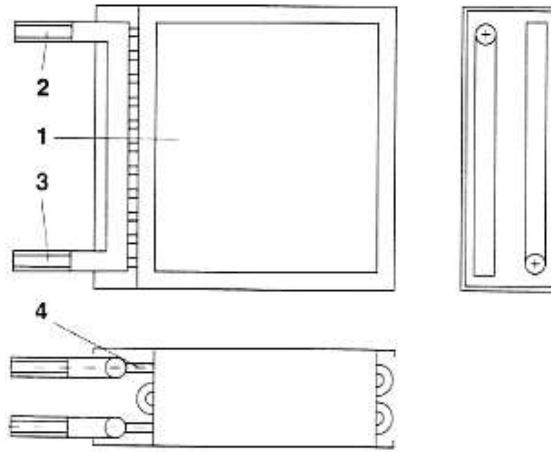
Корпус може бути оснащений спеціальними транспортними кронштейнами для полегшення розбирання та транспортування.

Труби з повітряним охолодженням зазвичай оребрені, щоб забезпечити високу тепловіддачу, зберігаючи низький аеродинамічний опір теплообмінника. Кількість рядів труб і відстань між ребрами можуть змінюватися в залежності від типорозміру секції.

Секція охолодження стандартно оснащена піддоном для конденсату та зовнішньою дренажною трубою, виготовленою з листової нержавіючої сталі та з'єднаною з переливним сифоном. Водяний шлюз (зазвичай забезпечений секцією охолодження). Кулери для води оснащені протиморозними термостатами.

На малюнку 2.3 показано будову водотрубного повітроохолоджувача. Водно-повітряний охолоджувач, крім продуктивності охолодження та витрати холодоагенту, характеризується наступними параметрами: Мінімальна температура робочого середовища (вода),  $+3^{\circ}\text{C}$ . Максимальний робочий тиск робочого середовища 1,6 МПа. Стійкість до тиску води, 5-30 кПа. Усі водо-повітряні охолоджувачі випробовуються на заводі виробника на навантаження 2,1 МПа.

					MPMA 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		38



1 - кожух із оцинкованої сталі; 2,3 - вхідний та вихідний патрубки колектора із різьбленням; 4 - трубки мідні із алюмінієвим пластинчастим ребрами

Рисунок 2.3 - Вид загальний водяного-трубчастого повітряного охолоджувача

Фреонові повітроохолоджувачі характеризуються наступними параметрами: мінімальна температура кипіння фреону,  $+ 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Максимальний робочий тиск фреону 2,2 МПа. Фреонові повітроохолоджувачі випробовуються на міцність під навантаженням 2,9 МПа.

Ефективні сепаратори (краплеуловлювачі) зазвичай встановлюються за секцією охолодження центральних систем кондиціонування повітря зі швидкістю технологічного повітря понад 2,5 м/с. На рисунку 2.4 показана одна з можливих конструкцій краплеуловлювача.



Рисунок 2.4 - Каплевловлювач

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Він складається з пластикової панелі спеціальної форми, розміщеної вертикально в корпусі з нержавіючої сталі. Швидкість повітря повинна бути від 2,5 до 5,0 м/с. При цьому втрата тиску становить до 16Па.

### 2.2.2 Секція повітрянагрівання

Для нагрівання повітря можна використовувати водяні, парові або електричні обігрівачі. Конструктивно повітрянагрівачі і повітроохолоджувачі складаються з мідних трубок з алюмінієвим оребренням. Колекторні та вентиляційні шахти діаметром до 25 мм виготовляють з мідних труб, а діаметром понад 32 мм – із сталевих труб з антикорозійним покриттям. Стандартно колектор оснащений додатковою різьбовою насадкою для дренажу та видалення повітря.

З'єднувальні кінці розподільника потоку та розподільника зворотної лінії також мають гвинти. Корпус теплообмінника має спеціальні транспортувальні скоби для полегшення розбирання та транспортування. Трубка повітрянагрівача має ребра з кроком від 1,6 до 4,0 мм.

Як згадувалося раніше, як теплоносій можна використовувати воду або пару. Міцність водяного повітрянагрівача випробовують при навантаженні 2,1 МПа, а парового — при навантаженні 1,5 МПа.

При використанні води: максимальна температура води °С, 150 °С. Максимальний робочий тиск води, МПа 1,6. Стійкість до тиску води, кПа 5-25.

При використанні пари: максимальна температура пари °С, 185 °С. Максимальний робочий тиск пари, МПа 1,0.

Електрообігрівачі виготовляються у вигляді прямокутного паралелепіпеда з закріпленим на корпусі спіральним або ребристим нагрівальним елементом. Електричний нагрівач підключається до мережі живлення: 3/380 В/50 Гц Така конструкція дозволяє легко витягти нагрівач із секції для огляду та ремонту (попередньо потрібно зняти панель). Нагрівальний елемент монтується вертикально, а контакти підключаються до панелі підключення на бічній стінці радіатора.

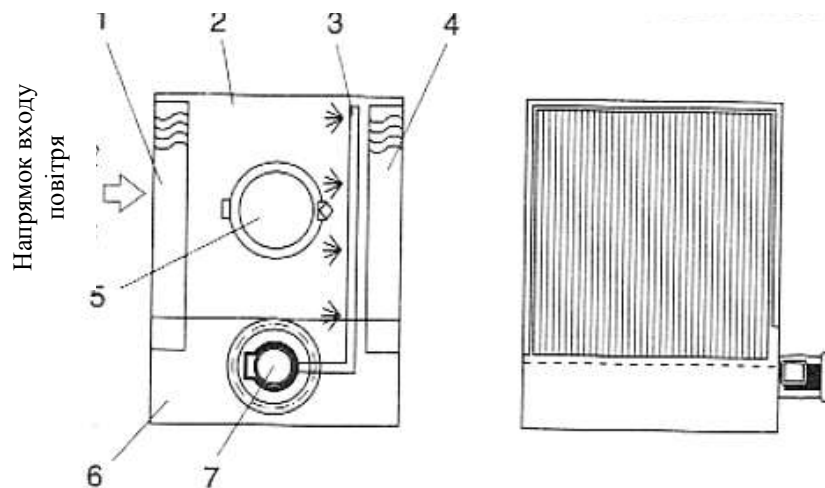
					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Кожен елемент підключається окремо до панелі підключення або, у випадку ступінчастого керування, до трьох блоків.

Обігрівач оснащений запобіжним термостатом, який обмежує надмірне підвищення температури в системі та вимикає обігрівач у разі припинення подачі повітря.

### 2. 2.3 Секція зволоження

Зволоження повітря в центральному кондиціонері відбувається в секції поливного зволоження водою (форсункова камера) або в секції парового зволоження. Зрошувальна камера, показана на рисунку 2.5, складається з корпусу з трубним гребінцем, лотком і насосом, прикріпленими до нього.



1 - перший сепаратор- каплевловлювач; 2 - кожух секції; 3 - трубні гребінки з форсунками; 4 - другий сепаратор -каплевловлювач; 5 - вікно; 6 - піддон; 7 - водений циркуляційний насос

Рисунок 2.5 -Конструкція секції форсункового зволоження

Всередині соплової камери повітря адіабатичне і зволожене циркулюючою водою з піддону. Повітря вступає в безпосередній контакт з поверхнею крапель води та розпилюється через сопло. Під час розбризкування вода перетворюється

					MPMA 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		41

на щільний туман із крихітних крапельок, через які тече повітря та поглинає водяну пару. Продуктивність форсунки визначається діаметром вихідного отвору, тиском і температурою води перед форсункою. Форсунка встановлена в поперечному перерізі камери форсунки на гребінці труби і подається водою з піддону через циркуляційний насос. Розпилювальні форсунки призначені для зменшення забруднення опадами.

Ванна виконує роль резервного резервуара для води і забезпечує безперебійну роботу насоса. Ванна оснащена водяним патрубком з поплавковим клапаном для зливу циркулюючої води та впускним патрубком для поповнення води, що випарилася.

Циркуляційний насос встановлюється на кронштейні біля піддону. Всмоктувальна труба насоса оснащена сітчастим фільтром.

Конструкція соплової камери доповнена двома сепараторами, або краплеловлювачами, які запобігають потраплянню крапель води в інші секції центральної системи кондиціонування. Один служить роздільником на виході з секції, а інший — направляючим, щоб збалансувати потік повітря на вході. Ці сепаратори є дуже ефективними пристроями. Сепаратор виготовлений з пластикових профілів і має несучу конструкцію з нержавіючої сталі.

У процесі зволоження вода видаляється повітрям, і втрату води необхідно компенсувати. Кількість води, що подається, регулюється поплавцем, прикріпленим до трубопроводу подачі, а циркуляційна вода зливається ручним кульовим краном на виході насоса.

Кришка зволожувача виготовлена з пластини з нержавіючої сталі, повністю очищеної від корозії, і має вікно для внутрішнього регулювання об'єму та підсвічування. Ефективність зволоження в таких приміщеннях становить приблизно 90%.

Секція парового зволоження включає: паровий сепаратор, термодинамічний вловлювач конденсату, фільтр; інжектор; серводвигун в стандартному виконанні, - напруга живлення 220 В, - сигнал керування 0-10 В.

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Принцип роботи парового зволожувача повітря дуже простий і показаний на малюнку 2.6. Тип парогенератора вибирається в залежності від необхідного споживання пари.

У конструкції цієї секції також передбачені розподільні паропроводи з нержавіючої сталі з інжекторами, парофільтри, термодинамічні сепаратори конденсату, електроніка для регулювання рівня води та автоматичного продування.

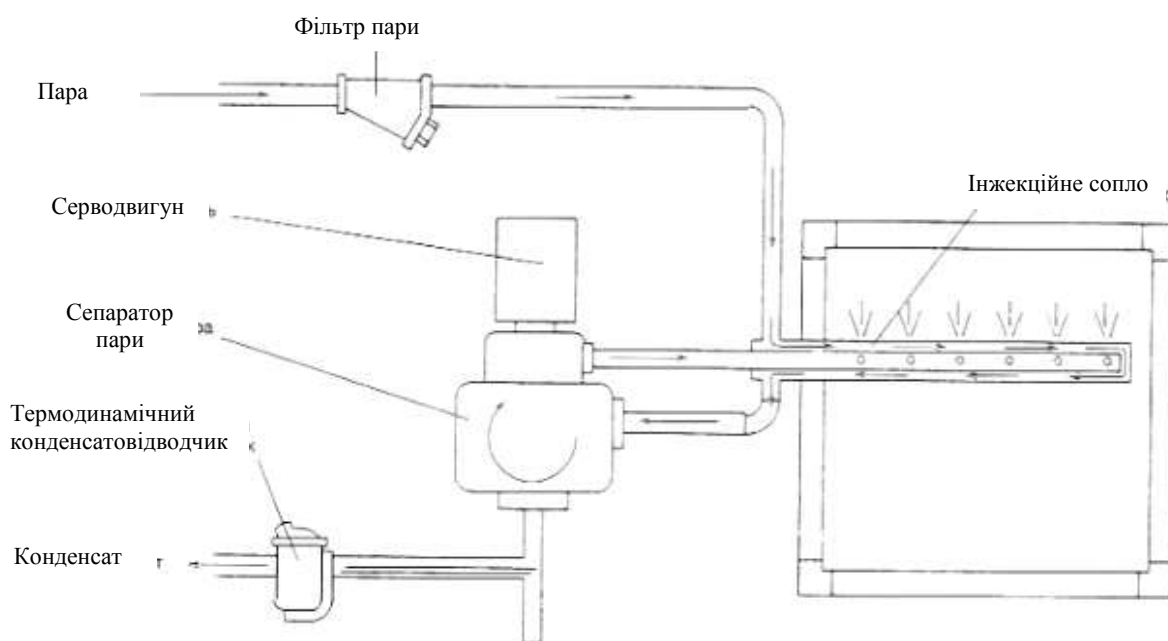


Рисунок 2.6 - Паровий зволожувач кондиціонованого повітря

Зволоження повітря сухою перегрітою парою має багато переваг. Швидке змішування водяної пари та повітря та легке регулювання кількості введеної пари дозволяють дуже точно контролювати вологість повітря. Суха перегріта пара не містить мінеральних часток і бактерій. Мінімальні експлуатаційні витрати. Зведено до мінімуму економію парового зволожувача.

#### 2.2.4 Секція фільтра

Якщо необхідно забезпечити високу якість фільтрації, в центральну систему кондиціонування можна інтегрувати дві секції, первинну та вторинну фільтрацію.

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Фільтри розміщені в отворах системи кондиціонування, через які проходить все оброблене повітря, щоб якомога більше ділянок системи кондиціонування було захищено від пилу. Лінійний фільтр класу EU1 або кошиковий фільтр класу EU3 можна встановити в секції основного фільтра.

Сітчасті фільтри – це тканинні фільтри, які мають велику площу поверхні, розташовану у вигляді «зигзага». Тканина армована алюмінієвою сіткою і кріпиться до корпусу з оцинкованої сталі. Фільтр кріпиться до системи за допомогою напрямних, які легко розбираються.

Корзинні фільтри складаються з кількох фільтруючих елементів стандартного розміру. Кількість і розмір фільтруючих елементів, що використовуються в системі, залежить від відповідної моделі. Фільтруючий елемент кошикового фільтра кріпиться до рами за допомогою пружинних затискачів, що забезпечує надійне ущільнення та дозволяє швидко та легко замінити. Фільтрувальна тканина виготовлена з ультратонких синтетичних волокон і негігроскопічна, кислотостійка та стійка до більшості органічних розчинників.

Всі фільтри працюють при температурі до 60°C. Середнє значення ефективності фільтрації, яке вказує на ступінь утримання пилу, становить до 60% для фільтрів класу EU1 і 80-90% для фільтрів класу EU3. Кошикові фільтри класів від EU5 до EU9 використовуються в зоні вторинного фільтра.

Розмір і кількість фільтруючих елементів також відрізняються в залежності від моделі установки.

Типи фільтрувальної тканини та кріплень такі ж, як і для секції первинної фільтрації.

Ці фільтри працюють при температурах до 60 °C.

Середнє значення ступеня очищення визначали шляхом випробування повітряного фільтра кремнеземним порошком.

## 2.2.5 Вентиляторна секція

					MPMA 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Вентиляторна секція використовується для забору повітря в центральну систему кондиціонування та подачі його до цільового приміщення, як показано на малюнку 2.7.

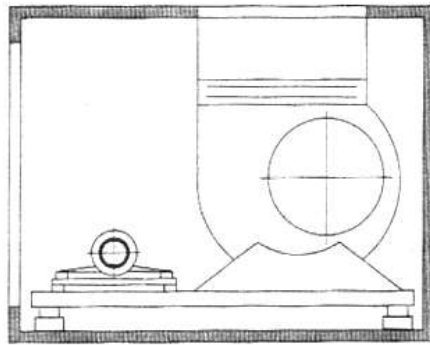


Рисунок 2.7 - Вентиляторна секція центрального кондиціонера

У системі кондиціонування використовуються відцентрові вентилятори (відцентрові вентилятори) низького та середнього тиску, одностороннього та двостороннього всмоктування.

Залежно від необхідної потужності та тиску вентилятори використовуються із загнутими вперед або назад лопатями, що дозволяє легко регулювати параметри мережі. Вентилятор характеризується високою ефективністю, і ви можете регулювати продуктивність, змінюючи швидкість. Крильчатка приводиться в обертання електродвигуном через пасову передачу.

В залежності від продуктивності використовуються різні типи клинових пасів. Шків кріпиться до двигуна та валу вентилятора за допомогою компресійної втулки, що робить демонтаж швидким і легким. Шків може мати одну або подвійну доріжку.

Вентилятори з двигунами і пасовими передачами розміщуються на загальній рамі всередині секцій, утворюючи вентиляторні групи. Вся група кріпиться до салазки за допомогою пружин або гумових амортизаторів (віброізоляторів) і переміщується по салазці всередині корпусу.

Напірна форсунка вентилятора відокремлена від корпусу еластичною вставкою, яка забезпечує герметичність і перешкоджає передачі вібрацій.

					MPMA 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Положення корпусу відцентрового вентилятора визначається кутом повороту корпусу відносно його початкового положення, тому положення сопла вихідного тиску може бути в різних положеннях, наприклад, зверху, знизу або збоку.

Продуктивність секції вентилятора еквівалентна продуктивності центральної системи кондиціонування.

Максимальна робоча температура вентилятора становить 85 °С, максимальна робоча температура стандартного двигуна - 40 °С, а діапазон робочих температур - від -30 до +80 °С. Тиск вентилятора 200-2500 Па.

## 2.2.6 Повітряні клапани

Кількість повітря (зовнішнього та рециркуляційного повітря), що надходить до центральної системи кондиціонування, регулюється повітряними клапанами. Повітряні клапани бувають двох типів: клапани для проходження зовнішнього або рециркуляційного повітря (так звані впускні клапани) і клапани для регулювання теплової потужності повітрянагрівача шляхом зміни кількості повітря, що проходить через байпасний канал.

Конструкція клапана зазвичай багатолопатева з паралельними лопатями, як показано на малюнку 2.8.



Рисунок 2.8 - Повітряний клапан, встановлений на вході в центральний кондиціонер

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Регулювання здійснюється за допомогою електроприводу, що встановлюється на клапані.

### Висновок до розділу 2

У цьому розділі зроблено аналіз конструкції та принципу роботи протопипу центрального кондиціонера CDC318 виробництва фірми «Wesper». Здійснено описано призначення основних вузлів та елементів, що планується до монтажу в електропобутовий пристрій для створення мікроклімату приміщень.

					MPMA 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		47

## 3 РОЗРАХУНОК ТЕПЛО-ВОЛОГОГО БАЛАНСУ ПРИМІЩЕННЯ

### 3.1 Аналіз будівельних характеристик та характеру виконуваних робіт кондиціонованого приміщення

Під час навчання в Хмельницькому національному університеті, особливо на факультеті механіко-приладобудування, електромеханіки та електроенергетики, неодноразово стикався з такими проблемами, як погіршення комфортних умов на території факультету з початком весняно-літнього сезону.

Це означає підвищення температури, підвищення вологості та підвищення рівня вуглекислого газу в класах і коридорах. Навіть якщо деякі лабораторії обладнати кондиціонерами, цю проблему не вирішити.

Тому для дипломної роботи була запропонована тема розробки систем центрального кондиціонування.

Це приміщення має наступні конструктивні особливості та відповідні розміри для подальших розрахунків кондиціонування.

1. Матеріали фундаменту та конструкції: Під стінами - залізобетонні фундаментні балки. Під колонами - збірний залізобетонний фундамент скляного типу.

2. При проектуванні виробничого корпусу використовуються типові збірні залізобетонні колони, висота колони 3 м.

3. Несучі зовнішні стіни складаються з цегляної кладки товщиною 370 мм і висотою 1 м, віконна конструкція – зварна конструкція висотою 2 м. Прокроквяну конструкцію.

4. Конструкція покрівлі являє собою захисний шар, водонепроникний шар з рулонних матеріалів (руберойд, толь, шкіра). Пароізоляція (покриття, клеї).

5. Конструкція підлог - пластик, плитка (плитка ПВХ), підкладки, прошарку, стяжки, гідроізоляційні шари, тепло- та звукоізоляційні матеріали.

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		48

6. Для освітлення приміщень природним світлом та вентиляції передбачаються віконні прорізи.

Різниця між зовнішньою та внутрішньою температурою взимку розрахована на 50 градусів Цельсія, тому використовуються склопакети. Через небезпеку пожежі цю роботу віднесено до категорії А.

Група санітарно-технічних функцій основних робіт: Іа та Іб. До групи Іб належать роботи, що проводяться за нормальних погодних умов і за відсутності виділень шкідливих газів і пилу, що викликають забруднення одягу та рук.

На рисунку 3.1 показана схема розміщення відділу механічного обладнання. Розмір приміщення 30 x 30 м, відділення складається з 15 окремих аудиторій, кожна з яких обладнана системою регульованого кондиціонування повітря. На технічному поверсі буде встановлено центральне кондиціонування та все необхідне обладнання.

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		49

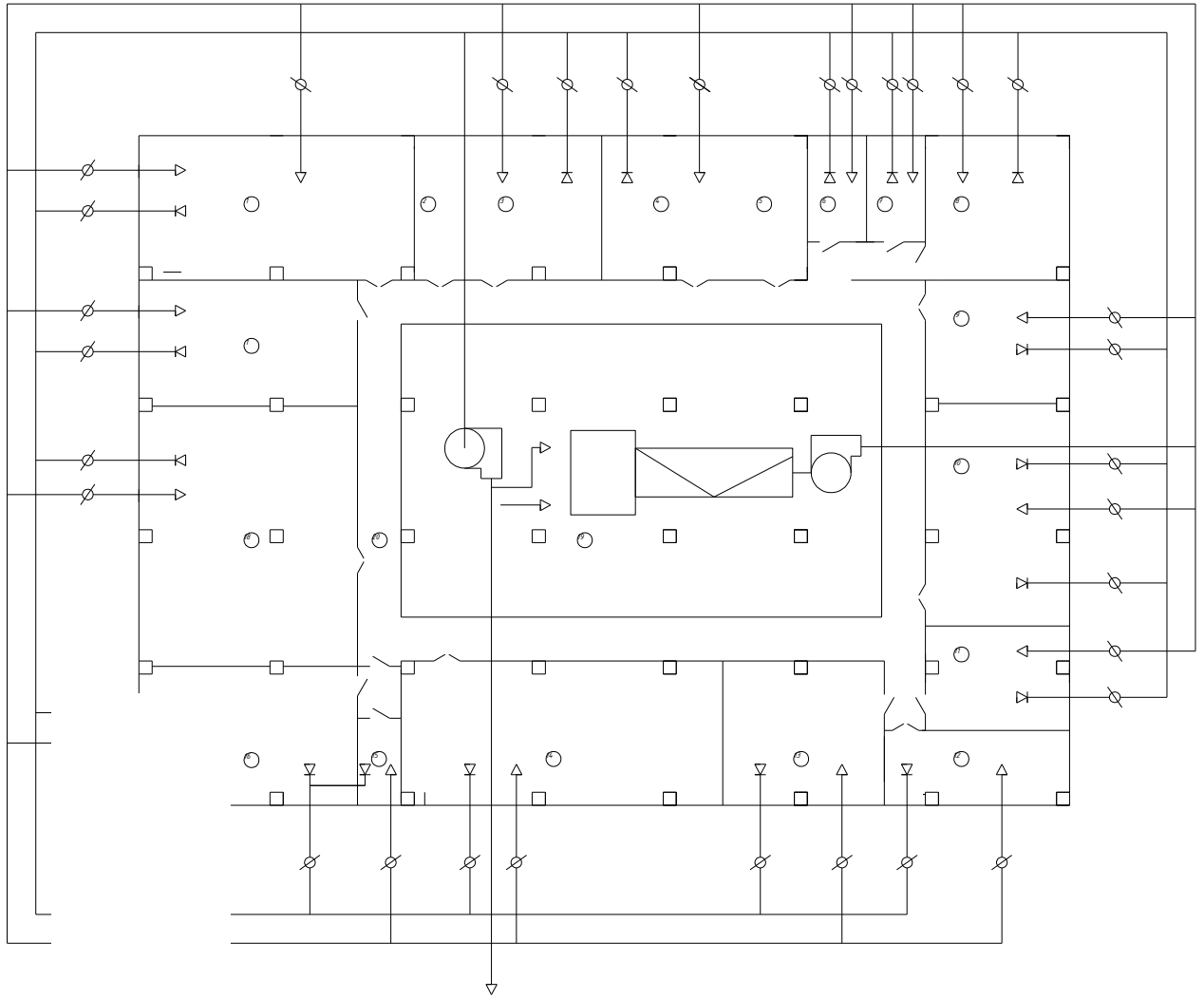
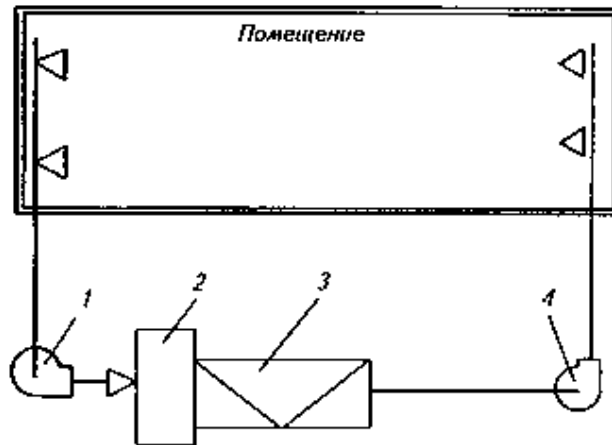


Рисунок 3.1 - План приміщення кафедри машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем, для створення мікроклімату

Система кімнатного кондиціонера з циркуляцією повітря (рисунок 3.2) забирає те саме повітря зсередини приміщення, виконує необхідну обробку за допомогою кондиціонера, а потім повертає його в кімнату, дозволяючи тому ж повітрю використовуватися багаторазово. Таким чином досягається повна циркуляція повітря. Циркуляційні системи використовуються в приміщеннях, де утворюється лише надлишок тепла та води, а не шкідливий дим, газ чи пил.



1 - вентилятор вытяжной; 2 –камера повітроприймальна;  
3 - центральний кондиціонер; 4 - припливний вентилятор

Рисунок 3.2 - Принципова схема системи кондиціонування повітря приміщення

Повноциркуляційні СКП здійснюють лише очищення повітря від пилу та вологотермічної обробки. Тому такі СКП використовуються для кондиціонування приміщень, де необхідно підтримувати температурно-вологісні параметри повітря і де зовнішнє повітря відсутнє або його необхідно подавати з інших систем. До таких приміщень відносяться технічні приміщення з теплогенеруючим обладнанням. Приміщення цього відділу відповідають цим вимогам і можуть використовувати систему часткової рециркуляції, яка використовує суміш зовнішнього та рециркуляційного повітря.

Такі системи гарантують, що повітря, яке використовується для циркуляції, не містить токсичних парів і газів, а об'єм вентиляції розрахований на відведення надлишкового тепла та вологи, але на поглинання шкідливих газів. Він використовується за умови, що кількість зовнішнього повітря, яка потрібна для подається в кімнату перевищено диму або газу.

Крім того, при рециркуляції повітря параметри температури і вологості зовнішнього повітря повинні наближатися до необхідних параметрів припливного. СКП з частковою циркуляцією зазвичай оснащені можливістю подавати змінну кількість зовнішнього повітря та рециркуляційного повітря в приміщення, залеж-

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		51

но від параметрів зовнішнього повітря. Але кількість зовнішнього повітря в суміші, що подається в приміщення СКВ шляхом часткової циркуляції, не повинна бути нижче санітарних норм. СКП з частковою рециркуляцією є найбільш гнучкими: Залежно від умов зовнішнього повітря та обставин вони можуть працювати в режимі прямого потоку, часткової або повної рециркуляції.

В останньому випадку при необхідності газовий склад повітря за вмістом кисню і вуглекислого газу в приміщеннях підтримується іншим обладнанням. У системах з частковою рециркуляцією рециркуляційне повітря змішується із зовнішнім перед і після зрошувальної камери.

У першому випадку система називається СКП з першою рециркуляцією, а в другому – СКП з другою рециркуляцією. СКП першого розподілу частіше використовуються в навчальних закладах.

Використовуючи першу циркуляцію, можна зменшити втрати тепла на нагрівання зовнішнього повітря в холодну пору року і втрати холодного повітря на охолодження зовнішнього повітря в теплу пору року.

## 3.2 Розрахунок тепловологого балансу приміщення

### 3.2.1 Визначення теплопритоків

Параметри повітря, що розраховуються в кондиціонованих приміщеннях, отримують з надходження і відтоку тепла і вологи в цих приміщеннях. Тому влітку в приміщення зазвичай виділяється надлишок тепла і вологи. Тому робота кондиціонера полягає в охолодженні та осушенні повітря в приміщенні. Однак взимку повітря, яке подається в приміщення кондиціонером, нагрівається і зволожується, щоб компенсувати втрату кондиціонером тепла і вологи.

Тепло, що надходить (позначено знаком +) або виходить з приміщення (позначено знаком - --), розраховується за формулою:

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		52

$$\sum Q = \cdot Q_{\text{л}} \cdot + \cdot Q_{\text{об}} \cdot + \cdot Q_{\text{осв}} \cdot \pm \cdot Q_{\text{м}} \cdot \pm \cdot Q_{\text{огр}} \cdot + \cdot Q_{\text{рад}} \cdot + \cdot Q_{\text{інф}}, \quad \text{кВт} \quad (3.1)$$

де  $Q_{\text{л}}$  - тепловиділення від людей, Вт;  $Q_{\text{об}}$  – тепловиділення від технологічного обладнання;  $Q_{\text{осв}}$  – тепловиділення від освітлювальних приладів;  $Q_{\text{м}}$  - тепловиділення від оброблюваних технологічних матеріалів;  $Q_{\text{огр}}$  – теплонадходження через огорожувальні конструкції;  $Q_{\text{рад}}$  – теплонадходження від сонячної радіації;  $Q_{\text{інф}}$  – теплонадходження від інфільтрації зовнішнього повітря.

де:  $Q_{\text{л}}$  - тепловіддача від людей, Вт;  $Q_{\text{об}}$  - тепловіддача від технологічних пристроїв;  $Q_{\text{осв}}$  – тепловиділення від освітлювального обладнання;  $Q_{\text{м}}$  – тепловиділення від технологічних матеріалів, що переробляються;  $Q_{\text{огр}}$  – передача тепла через на-вколишні конструкції;  $Q_{\text{рад}}$  – надходження тепла від сонячного випромінювання;  $Q_{\text{інф}}$  – надходження тепла через вторгнення зовнішнього повітря.

Загальна кількість вологи, яка надходить у приміщення (зі знаком +) або поглинається в ньому (зі знаком -), підраховують за формулою:

$$\sum W = \cdot W_{\text{л}} \cdot + \cdot W_{\text{об}} \cdot \pm \cdot W_{\text{м}} \cdot + \cdot W_{\text{інф}} \cdot \quad \text{кг/сек.}, \quad (3.2)$$

де  $W_{\text{л}}$  – волого-виділення від людей;  $W_{\text{об}}$  – волого-виділення від технологічного обладнання;  $W_{\text{м}}$  – волого-виділення від обробляє;  $W_{\text{інф}}$  – волого-виділення від інфільтрації зовнішнього повітря.

При розрахуванні пристрою кондиціонування повітря необхідно знати не тільки величину сумарних тепло- та волого- виділення, але і її значення  $E_{\text{п}}$ .

$$E_{\text{п}} = \cdot \sum Q / \sum W \cdot, \text{кДж/кг.} \quad (3.3)$$

Ця величина називається коефіцієнтом теплової вологості.

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Якщо в приміщенні з постійним припливом тепла  $\Sigma Q$  і припливом вологи  $\Sigma W$  не встановлено кондиціонер, починають змінюватися параметри повітря в приміщенні (збільшуються температура, вологість, ентальпія повітря).

Коли цей процес зміни відображається на діаграмі  $i$ - $d$ , він представлений прямою лінією (пунктирна лінія на рисунку 3.3), що проходить через точку  $P$ , яка визначає температуру та вологість у приміщенні.

Кут нахилу цієї лінії залежить від значення  $E_p$ . Щоб зберегти положення точки  $P$  (щоб температура і вологість не змінювалися), влітку в приміщення подається більш прохолодне і сухе повітря. Ситуація показана на малюнку 3.3 позначено точкою  $K$ . Ця точка повинна лежати на прямій з нахилом  $E_p$  (але нижче точки  $P$ ).

Це пояснюється тим, що тільки за цієї умови повітря, що подається в приміщення, одночасно поглинає тепловий потік  $\Sigma Q$  і надлишок вологи  $\Sigma W$ , а положення точки  $P$  не змінюється.

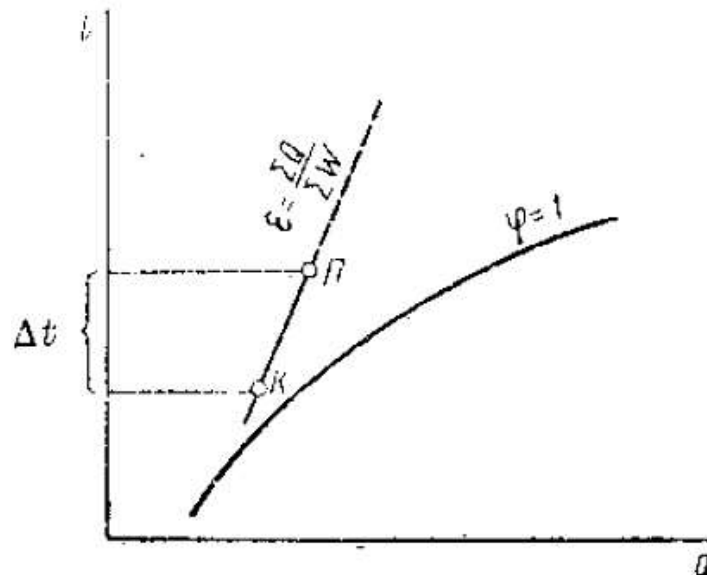


Рисунок 3.3 - Графік процесу зміни стану повітря в приміщенні в  $i$  -  $d$  діаграмі вологого повітря

Положення точки К на прямій з нахилом  $E_{\text{п}}$  визначається допустимою різницею (різницею) температур  $\Delta t$  між припливним повітрям (точка К) і повітрям у приміщенні (точка Р).

Різниця температур вибирається залежно від вибраного способу розподілу повітря та висоти приміщення. Фактично в торговому залі підприємства громадського харчування становить  $\Delta t$  4...8 °С. У промислових приміщеннях допустима температура  $\Delta t$  6-9 °С при подачі повітря в диференціальні робочі зони, і може бути збільшена до 12-14 °С при подачі повітря під стелею. При цьому менші значення  $\Delta t$  відповідають приміщенням висотою до 3,0 м.

Тепловий потік людини. Кількість тепла  $Q_{\text{л}}$  (Вт), що виділяється людиною записуємо виразом:

$$Q_{\text{л}} = q_{\text{л}} \cdot n, \quad (3.4)$$

де  $q_{\text{л}}$  - значення тепловиділення однією людиною, залежно від температури повітря у приміщенні та роду виконуваної роботи,  $q_{\text{л}} = 70$  Вт [15, стр. 259, таб. 76];  $n$  - кількість людей, що одночасно знаходяться в приміщенні,  $n = 70$  осіб.

$$Q_{\text{л}} = 70 \cdot 100 = 7000 \text{ Вт}$$

Тепловий приток від освітлення. Теплонадходження від освітлювальних приладів розраховується за формулою:

$$Q_{\text{осв}} = A \cdot F, \quad (3.5)$$

де  $A$  - характерний тепловий приток від освітлювальних приладів на 1 м<sup>2</sup> площі. Для навчальних приміщень і лабораторій  $A = 4.5$  Вт/м<sup>2</sup>;  $F$  - площа приміщення.

$$Q_{\text{осв}} = 4.5 \cdot 1200 = 5400 \text{ Вт.}$$

Теплопритоки через зовнішні вікна та стіни. Визначаємо товщину теплоі-

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		55

золяційного шару зовнішньої стіни за формулою:

$$\Delta_{из} = \lambda_{из} \cdot [1/K - (1/\lambda_n + \sum \delta_i/\lambda_i + 1/\lambda_b)] \text{ , м.} \quad (3.6)$$

де  $K$  - нормативний коефіцієнт теплопередачі огородження,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$ ,  $K = 0.75 \cdot \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$  [15. стр. 74];  $\lambda_n$  - коефіцієнт теплопередачі від повітря до зовнішньої поверхні огороджувальних конструкцій,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$ ,  $\lambda_n = 23.3 \cdot \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$  [15];  $\lambda_b$  - коефіцієнт тепловіддачі від внутрішньої поверхні огородження до повітря даного приміщення,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$ ,  $\lambda_b = 9 \cdot \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$  [15. стр. 67];  $\delta_{из}$  - товщини ізоляційного та інших шарів матеріалів, які складають конструкцію огорожі, м,  $\delta_{цегл. \text{кладки}} = 0.37 \text{ м}$ ,  $\delta_{штукатурки} = 0.02 \text{ м}$ ;  $\lambda_{из}$ ,  $\lambda_i$  - коефіцієнти теплопровідності ізоляційного і будівельних матеріалів,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{град})$ ,  $\lambda_{из}$  (мін. плит)  $= 0.084 \cdot \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{град})$  [15. стр. 68],  $\lambda_{цегл. \text{кладки}} = 0.82 \cdot \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{град})$  [15. стр. 69],  $\lambda_{штукатурки} = 0.9 \cdot \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{град})$  [15. стр. 69]

$$\delta_{из} = 0.084 [1/0.75 - (1/23.3 + 0.37/0.82 + 0.02/0.9 + 0.02/0.9 + 1/9)] = 0.067 \text{ м.}$$

Плити жорсткі з мінеральної вати по ДСТУ 10140-92 виготовляються наступних розмірів: довжина - 1000мм, ширина - 500мм, товщина - 40,50 і 60 мм. Приймаємо товщину плити 60 мм.

Характеризуємо значення дійсного коефіцієнта теплопередачі через огородження  $K_d$  для зовнішньої (східної) стіни.

$$K_d = 1 / (1/\lambda_n + \sum \delta_i/\lambda_i + 1/\lambda_b) + \delta_{из. пр} / \lambda_{из. пр} \text{ , } \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град}) \quad (3.7)$$

де  $\lambda_n = 23.3 \cdot \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$  [15. стр. 67];  $\lambda_b = 9 \cdot \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$  [15. стр. 67];  $\delta_{штукатурки} = 0.02 \text{ м}$ ;  $\delta_{кирп. \text{кладки}} = 0.37 \text{ м}$ ,  $\delta_{из. пр} = 0.06 \text{ м}$ ;  $\lambda_{кирп. \text{кладки}} = 0.82 \cdot \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{град})$  [15. стр. 69],  $\lambda_{штукатурки} = 0.9 \cdot \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{град})$  [15. стр. 69],  $\lambda_{из. (мін. плит)} = 0.084 \cdot \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{град})$  [15. стр. 68]

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		56

$$K_d = 1/(1/23,3 + 0,37/0,82 + 0,02/0,9 + 0,02/0,9 + 1/9) + 0,06/0,084 = 0,735$$

Теплоприток через зовнішню (східну) стінку визначаємо за формулою:

$$Q_{\text{схід.ст.}} = K_d \cdot F \cdot \Delta t \quad (3.8)$$

$$\Delta t = (t_n - t_v) = 28,5 - 25 = 3,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Площа стінки

$$F = 40 \cdot 3 = 120 \text{ м}^2$$

$$Q_{\text{схід.ст.}} = 0,735 \cdot 120 \cdot 3,5 = 308,7 \text{ Вт}$$

Визначаємо значення коефіцієнта теплопередачі  $K_d$  для внутрішніх стін приміщення:

$$K_d = 1/(1/\lambda_n + \sum \delta_i/\lambda_i + 1/\lambda_v), \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$$

де  $\lambda_n = 23,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$  [15. стр. 67];  $\lambda_v = 9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$  [15. стр. 67];  $\delta_{\text{штукатурки}} = 0,02 \text{ м}$ ;  $\delta_{\text{кирп. кладки}} = 0,25 \text{ м}$ ;  $\lambda_{\text{кирп. кладки}} = 0,82 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{град})$  [15. стр. 69],  $\lambda_{\text{штукатурки}} = 0,9 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{град})$  [15. стр. 69]. ¶

$$K_d = 1/(1/23,3 + 0,25/0,82 + 0,02/0,9 + 0,02/0,9 + 1/9) = 2 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$$

Теплоприток через внутрішні стіни визначається за формулою:

$$Q_{\text{ст.}} = K_d \cdot F \cdot \Delta t, \text{ Вт}$$

Температура повітря в сусідніх приміщеннях  $22 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

$$\Delta t = (t_n - t_v) = 22 - 25 = -3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Площа приміщення буде:

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		57

$$F = 30 \cdot 3 + 30 \cdot 3 + 40 \cdot 3 = 300 \text{ м}^2$$

$$Q_{\text{вост. ст}} = 2 \cdot 300 \cdot (-3) = -1800 \text{ Вт}$$

Визначаємо значення коефіцієнта теплопередачі  $K_d$  для покрівлі з врахуванням довідкових даних:

$$K_d = 1 / (1 / \lambda_n + \sum \delta_i / \lambda_i + 1 / \lambda_v), \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{град})$$

де  $\lambda_n = 23.3 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{град})$ ;  $\lambda_v = 9 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{град})$ ;  $\delta_{\text{жел. бет. плити}} = 0.3 \text{ м}$ ,  $\delta_{\text{возд. просл. средн.}} = 1.5 \text{ м}$ ,  $\delta_{\text{рубероид}} = 0.02 \text{ м}$ ,  $\lambda_{\text{жел. бет. плити}} = 1.4 \text{ Вт} / (\text{м} \cdot \text{град})$ ;  $\lambda_{\text{возд. просл.}} = 0.02553 \text{ Вт} / (\text{м} \cdot \text{град})$   $\lambda_{\text{рубероид}} = 0.16 \text{ Вт} / (\text{м} \cdot \text{град})$  [15]

$$K_d = 1 / (1 / 23.3 + 0.3 / 1.4 + 1.5 / 0.02553 + 0.0015 / 58 + 0.02 / 0.16 + 1 / 9) = 0.0169$$

Визначаємо теплоприток через покрівлю:

$$Q_{\text{крівлі}} = K_{кр} \cdot F_{кр} \cdot \Delta t + K_{кр} \cdot F_{кр} \cdot \Delta t_{\text{солн.}}, \text{ Вт} [4]$$

$$\text{де } \Delta t = (t_n - t_v) = 28.5 - 25 = 3.5 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{\text{солн.}} = 10 \text{ }^\circ\text{C} [12]$$

Площа покрівлі буде рівна:  $F_{кр} = 1200 \text{ м}^2$

$$Q_{\text{крівлі}} = 0.0169 \cdot 1200 \cdot 3.5 + 0.0169 \cdot 1200 \cdot 10 = 273.78 \text{ Вт}$$

Визначаємо значення дійсного коефіцієнта теплопередачі  $K_d$  для підлоги з урахуванням довідкових даних:

$$K_d = 1 / (1 / \lambda_n + \sum \delta_i / \lambda_i + 1 / \lambda_v), \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{град})$$

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		58

де  $\lambda_n = 23.3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$ ;  $\lambda_v = 9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$ ;  $\delta_{\text{жел. бет. плити}} = 0.3 \text{ м}$ ,  $\delta_{\text{стяжка+лінолеум}} = 0.02 \text{ м}$ ;  $\lambda_{\text{жел. бет. плити}} = 1.4 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{град})$ ;  $\lambda_{\text{стяжка+лінолеум}} = 0.23 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{град})$  [15]

$$K_d = 1/(1/23.3 + 0.3/1.4 + 0.02/0.23 + 1/9) = 2.2 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$$

Визначаємо величину теплопритоку через підлогу:

$$Q_{\text{пол}} = K_d \cdot F \cdot \Delta t, \text{ Вт}$$

де  $\Delta t = (t_n - t_v) = 22 - 25 = -3 \text{ }^\circ\text{C}$

Площа підлоги буде рівна:  $F = 1200 \text{ м}^2$

$$Q_{\text{пол}} = 2.2 \cdot 1200 \cdot (-3) = -7920 \text{ Вт}$$

Таблиця 3.1 - Зведена таблиця теплопритоків через огороження

Огородження	$K_d$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·град)	F, м <sup>2</sup>	$\Delta t$ , °C	Q <sub>огр</sub> , Вт
Зовнішня східна стіна	0,735	120	3,5	308.7
Внутрішні стіни	2	300	-3	-1800
Покрівля	0,0169	1200	3,5	273,78
Підлога	2,2	1200	-3	-7920

Для розрахунку тепла від сонячної радіації через масивні огорожуючі пристрої із надлишковою різницею температур приймаємо:

- для стіни, що орієнтована на схід  $\Delta t_{\text{схід. ст}} = 6 \text{ }^\circ\text{C}$  [15]

- для покрівлі приміщення  $\Delta t_{\text{схривлі}} = 10 \text{ }^\circ\text{C}$  [15]

$$Q_{\text{рад}} = Q_{\text{мас. рад}} = K_d(\text{схід. ст.}) \cdot F_{\text{схід. ст.}} \cdot \Delta t_{\text{схід. ст.}} + K_d(\text{кривлі}) \cdot F_{\text{кривлі}} \cdot \Delta t_{\text{схривлі}} = 0.735 \cdot 120 \cdot 6 + 0.0169 \cdot 1200 \cdot 10 = 732 \text{ Вт}$$

Визначаємо величину теплопритоку від інфільтрації (протягів) визначимо за формулою:

$$Q_{\text{інф.}} = Q_{\text{ок. інф}} + Q_{\text{дв. інф.}}, \text{ Вт} \quad (3.9)$$

Теплонадходження за рахунок інфільтрації (протягів) через вікна визначаємо за формулою:

$$Q_{\text{вік. інф.}} = q_{\text{вік}} \cdot l \cdot \rho \cdot (t_n - t_{\text{вн}}), \text{ Вт} \quad (3.10)$$

де  $q_{\text{вік}}$  – кількість інфільтраційного повітря на 1 м. щілини,  $\text{м}^3/(\text{м} \cdot \text{сек})$ ;  $q_{\text{вік}} = 0.18 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/(\text{м} \cdot \text{сек})$  [15];  $\rho$  – щільність повітря,  $\rho = 1.29 \text{ кг/м}^3$ ;  $c_p$  – теплоємність повітря,  $c_p = 1.01$ ;  $l$  - половина сумарної довжини щілин.

$$l = (l_{\text{одн.вікна}} \cdot n) / 2, \text{ м} \quad (3.11)$$

де  $l_{\text{одн.вікна}}$  - сумарна довжина шпарок одного вікна,  $l_{\text{одн.окна}} = 7 \text{ м}$ ;  $n$  – число вікон,  $n = 16$  шт;  $l = (7 \cdot 16) / 2 = 56 \text{ м}$ .

$$Q_{\text{ок. інф.}} = 0.18 \cdot 56 \cdot 1.29 \cdot (28.5 - 25) = 76,03 \text{ кВт}$$

Визначаємо теплоприток за рахунок інфільтрації через дверний отвір:

$$Q_{\text{дв. інф.}} = q_{\text{дв}} \cdot n \cdot \rho \cdot c_p \cdot (t_n - t_{\text{вн}}), \text{ Вт} \quad (3.12)$$

де  $q_{\text{дв}}$  – кількість повітря, що проникає через один дверний отвір,  $q_{\text{дв}} = 0.31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{сек}$  [15];  $n$  – число дверей

$$Q_{\text{дв. інф.}} = 0,31 \cdot 11 \cdot 1,29 \cdot 1,01 \cdot (22 - 25) = - 13,1 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{інф.}} = Q_{\text{вік. інф}} + Q_{\text{дв. інф.}} = 76,03 + (-13,1) = 69,93 \text{ кВт}$$

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		60

Підраховуємо повне тепловиділення за формулою:

$$\sum Q_{m.z} = Q_l + Q_m + Q_{rad} + Q_{осв} + Q_{inf.} + Q_{вост.ст.м.з.} + Q_{крівлі\ m.з.}, \text{ Вт} \quad (3.13)$$

де  $Q_{вост.ст.м.з.}$  - величина теплопритоку в торговий зал через стіну;

$$Q_{вост.ст.м.з.} = K_d \cdot F \cdot \Delta t = 0,735 \cdot 84 \cdot (28,5 - 25) = 216,1 \text{ Вт};$$

$Q_{крівлі\ m.з.}$  - величина теплопритоку в торговий зал через покрівлю;

$$Q_{крівлі\ m.з.} = K_d \cdot F \cdot \Delta t = 0,0169 \cdot 840 \cdot (28,5 - 25) = 49,7 \text{ Вт}.$$

$$\begin{aligned} \sum Q_{m.z} &= 7000 + 1750 + 732 + 1350 + 14,82 + 63,93 + 49,7 = \\ &= 26747 \text{ Вт} = 26,75 \text{ кВт}. \end{aligned}$$

Тепловиділення від теплового обладнання кафедри.

Відповідно до прийнятої організаційної схеми повітрообміну кількість зовнішнього повітря, що подається в приміщення  $L_{вент}$ , дорівнює кількості повітря, видаленого в кухню через витяжну систему ( $L_{вум}$ ) (або для забезпечення підтримки 10% і більше).

Теплові виділення від теплового обладнання у кафедри.

$$Q_{об} = 3 \cdot 2 + 14,5 \cdot 2 + 3,8 \cdot 2 + 0,72 \cdot 2 = 44,04 \text{ кВт}$$

### 3.2.2 Визначення вологопритоків у приміщення

Визначаємо величину вологовиділень від усіх джерел.

Вологовиділення від людей:

$$W_l = W_{чел} \cdot n, \text{ кг/сек.} \quad (3.14)$$

де  $n$  – число людей у приміщенні;  $W_{чел}$  – вологовиділення від однієї людини,

$$W_{чел} = 32,2 \cdot 10^{-6} \text{ кг/сек} [15], W_l = 32,2 \cdot 10^{-6} \cdot 100 = 0,0032 \text{ кг/сек.}$$

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Величину теплопритоку від інфільтрації (протягів) визначаємо за формулою:

$$W_{inf.} = W_{ок. инф} + W_{дв. инф.}, \text{ кг/сек.} \quad (3.15)$$

Вологонадходження за рахунок інфільтрації (протягів) через вікна визначаємо за формулою:

$$W_{ок. инф.} = q_{ок.} \cdot l \cdot \rho \cdot (d_0 - d_1), \text{ кг/сек.} \quad (3.16)$$

де  $q_{ок.}$  – кількість інфільтраційного повітря на 1 м. щілини,  $\text{м}^3/(\text{м} \cdot \text{сек})$ ,  $q_{ок.} = 0.18 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/(\text{м} \cdot \text{сек})$  [15];  $\rho$  – щільність повітря,  $\rho = 1.29 \text{ кг/м}^3$ ,  $l$  - загальна довжина щілин.

$$l = l_{одн.вікна} \cdot n, \text{ м} \quad (3.17)$$

де  $l_{одн.вікна}$  - сумарна довжина щілин одного вікна.,  $l_{одн.вікна} = 7 \text{ м}$ ;  $n$  – число вікон,  $n = 16$ ,  $l = 7 \cdot 16 = 112 \text{ м}$ ;  $d_0$  – вологовміст зовнішнього повітря,  $\text{кг/кг}$  сухого повітря,  $d_0 = 0.013 \text{ кг/кг}$  [5];  $d_1$  – вологовміст внутрішнього повітря,  $\text{кг} / \text{кг}$  сухого повітря,  $d_1 = 0.015 \text{ кг/кг}$  [15].

$$W_{ок. инф.} = 0.18 \cdot 112 \cdot 1.29 \cdot (0.013 - 0.015) = -0.0195 \text{ кг/кг}$$

Волого-надходження за рахунок інфільтрації (протяги) через дверні отвори визначаємо за формулою:

$$W_{дв. инф.} = - q_{дв.} \cdot \rho \cdot (d_0 - d_1), \text{ кг/сек.} \quad (3.18)$$

де  $q_{дв.}$  – кількість повітря проникаючого через один дверний проріз;  $q_{дв.} = 0.18 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/(\text{м} \cdot \text{сек})$  [1];  $\rho$  – щільність повітря,  $\rho = 1.29 \text{ кг/м}^3$ ;  $d_0$  – вологовміст зовнішнього повітря,  $\text{кг} / \text{кг}$  сухого повітря,  $d_0 = 0.013 \text{ кг/кг}$  [5];  $d_1$  – вологовміст внутрішнього повітря,  $\text{кг/кг}$  сухого повітря,  $d_1 = 0.015 \text{ кг/кг}$  [15].

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		62

$$W_{\text{дс. инф.}} = -0,31 \cdot 1,29 \cdot (0,013 - 0,015) = 0,0008 \text{ кг/сек}$$

$$W_{\text{инф.}} = W_{\text{ок. инф.}} + W_{\text{дс. инф.}} = -0,0195 + 0,0008 = -0,0187 \text{ кг/сек}$$

Тоді повне вологовиділення в торговому залі складе:

$$\sum W_{\text{м.з.}} = W_{\text{л}} + W_{\text{м}} + W_{\text{инф.}} = 0,0032 + 0,0017 + (-0,0187) = -0,0138 \text{ кг/сек}$$

### 3.2.3 Визначення тепловологовмісного коефіцієнта

$$E = \sum Q / \sum W = 26,75 / (-0,0138) = -1938 \text{ кДж/кг.}$$

На i-d діаграмі вологого повітря зазначаємо точку П із параметрами повітря у приміщенні ( $t_g = +25 \text{ }^\circ\text{C}$   $\varphi_g = 50\%$ ). З цієї точки проводимо промінь процесу вологовиділення, паралельних лінії тепловологовиділення  $E = -1938 \text{ кДж/кг.}$

На проведеній лінії, задаючись перепадом температур повітря  $T = 8^\circ\text{C}$ , вишукуємо параметри повітря на виході із кондиціонера К (див. п. 3.1. 3.2).

Параметри повітря кондиціонера:  $T = +17 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\varphi = 90\%$ ,  $i_n = 48,0 \text{ кДж/кг.}$ ,  $W_{\text{м.з.}} = 0,013 \text{ кг/кг.}$

Визначаємо кількість повітря, що видаляється витяжною системою кондиціонування:

$$L_{\text{вит}} = \sum Q_{\text{приміщ}} / \rho \cdot c_p \cdot \Delta t = 44,92 / 1,29 \cdot 1,01 \cdot 10 = 3,7 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Задаючи перепад температур  $T = 8^\circ\text{C}$ , визначаємо продуктивність кондиціонера по повітрю:

$$L_{\text{к}} = \sum Q_{\text{м.з.}} / \rho \cdot c_p \cdot \Delta t = 26,75 / 1,29 \cdot 1,01 \cdot 8 = 2,5 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Одержане значення менше кількості повітря, що видаляється витяжною

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		63

сис-темою ( $L_{\text{виг}}$ ), тому продуктивність кондиціонера по повітрю з обліком необхідно підпору визначаємо наступним чином:

$$L_k = 1,1 \cdot L_{\text{виг}} = 1,1 \cdot 3,7 = 4,07 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

У цьому випадку, перепад температур між припливним повітрям та повітрям в приміщенні складе:

$$\Delta t = \sum Q_{\text{м.з.}} / \rho \cdot c_p \cdot L_k = 26,75 / 1,29 \cdot 1,01 \cdot 4,07 = 5,04 \text{ }^\circ\text{C}$$

Визначаємо холодопродуктивність кондиціонера:

$$Q_0 = L_k \cdot \rho \cdot (i_n - i_k) = 4,07 \cdot 1,29 \cdot (51 - 48) = 15,75 \text{ кВт}$$

де  $i_n$  – ентальпія ( $\cdot$ ) П,  $i_n = 51$  кДж/кг [15];  $i_k$  – ентальпія ( $\cdot$ ) К,  $i_k = 48$  кДж/кг [15].

### 3.3 Вибір устаткування для створення мікроклімату приміщення

#### 3.3.1 Вибір кондиціонера для пристрою створення мікроклімату приміщень

Відповідно до визначених значень ефективності охолодження та повітропродуктивності приймаємо установку центральної системи кондиціонування повітря марки КТ-30 (з типової секції) з номінальною повітропродуктивністю 30 000 м<sup>3</sup>/год [15].

#### 3.3.2 Вибір поверхневого охолоджувача повітря

Залежно від продуктивності кондиціонера, однорядна секція 03.1010.0 [15].

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		64

Визначаємо швидкість повітря в повітроохолоджувачі:

$$\dot{v}_\rho = L_k \rho / f_{жк}, \quad (3.20)$$

де  $f_{жк}$  – площа поперечного перерізу для проходу повітря,  $m^2$ ,  $f_{жк} = 1,44 m^2$  [15].

$$\dot{v}_\rho = 4,07 \cdot 1,29 / 1,44 = 3,65 \text{ кг}/(m^2 \cdot \text{сек}).$$

Визначаємо витрату тепла на охолодження води:

$$Q = K_\delta \cdot F \cdot \Delta t, \quad (3.21)$$

де  $K$  – коефіцієнт теплопередачі;  $K = 8 \text{ ккал}/m^2/\text{год } ^\circ\text{C}$  [17];  $F$  – площа теплопередаючої поверхні,  $m^2$ ,  $F = 55,8 m^2$  [11].

$$\Delta t = (t_n - t_e) = (28,5 - 25) = 3,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$Q = 8 \cdot 55,8 \cdot 3,5 = 1562,4, \text{ ккал}/\text{час} = 1,8175 \text{ кВт}.$$

Для охолодження повітря в повітроохолоджувачі приймаємо артезіанську воду з температурою  $9^\circ\text{C}$  [15]. Температура води на виході з теплообмінника  $17^\circ\text{C}$ .

Визначаємо швидкість руху води  $w_{\delta 0}$  в трубках повітроохолоджувача:

$$w_{\delta 0} = Q / \rho_{\delta 0} \cdot f_m \cdot c_{\delta 0} \cdot (t_{\delta 01} - t_{\delta 02}), \quad (3.22)$$

де  $c_{\delta 0}$  – теплоємність води,  $c_{\delta 0} = 4.19$ ;  $f_m$  – живий перетин по теплоносію,  $m^2$ ,  $f_m = 0.00127 m^2$  [1. стр. 296 таб. 93];  $\rho_{\delta 0}$  – щільність води,  $кг/ m^3$ ,  $\rho_{\delta 0} = 958 \text{ кг}/ m^3$ ;  $t_{\delta 01}$  – температура води на виході з повітроохолоджувача,  $^\circ\text{C}$ ,  $t_{\delta 02}$  – температура води на вході в повітроохолоджувач,  $^\circ\text{C}$ ;  $Q$  – витрата тепла на охолодження води,  $кВт$ .

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		65

$$w_{\text{вд}} = 1.8175 / 958 \cdot 0.00127 \cdot 4.19 \cdot (17 - 9) = 0.045 \text{ м/сек.}$$

Необхідна поверхня для теплопередачі знаходиться за формулою:

$$F = Q / K((t_{\text{в1}} + t_{\text{в2}})/2 - (t_{\text{вд1}} - t_{\text{вд2}})/2), \quad (3.23)$$

де  $Q$  - витрата тепла на охолодження повітря, Вт,  $t_{\text{в1}}$  і  $t_{\text{в2}}$  - температура повітря до та після теплообмінника, °С,  $t_{\text{вд1}}$  і  $t_{\text{вд2}}$  - температури води, що надходить та та що виходить з пристрою °С,  $K$  - коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м<sup>2</sup> · град).

$$F = 1817.5 / 8((25 + 28.5)/2 - (9 + 17)/2) = 16.52 \text{ м}^2$$

Тому секція 03.1010.0, схвалена для встановлення, має площу охолодження 55,8 м<sup>2</sup>., запас становить 70,4%. Опір повітря прийнятого поперечного перерізу  $H=3,1$  мм.

### 3.3.3 Підбір зрошувальної камери

Приймаємо коефіцієнт зрошування  $B = 1.0$  кг води / кг повітря, при цьому коефіцієнт ефективності орошувальної камери становитиме  $\eta = 0.87$  [1. стр. 300 таб.98]

Визначаємо температуру на виході зі зрошувальної камери:

$$T_{\text{вд2}} = (t_{\text{в2}} - (1 - \eta) \cdot t_{\text{в1}}) / \eta, \quad (3.24)$$

де  $t_{\text{в2}}$  та  $t_{\text{в1}}$  - температура повітря до та після теплообмінника, °С,  $t_{\text{в2}} = 25$  °С,  $t_{\text{в1}} = 28.5$  °С,  $t_{\text{вд2}} = (25 - (1 - 0.87) \cdot 28.5) / 0.87 = 24.5$  °С.

Визначаємо витрату охолоджуючої води:

$$G_{\text{вд}} = B \cdot L_{\text{к}} \cdot \rho_{\text{в}} \quad (3.25)$$

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		66

$$G_{\text{вд}} = 1.0 \cdot 4.07 \cdot 1.29 = 5.29 \text{ кг/сек.}$$

Залежно від продуктивності кондиціонера ( $L_k = 4,07 \text{ м}^3/\text{с}$ ) вибіраємо камери поливу для кондиціонера КТ-30.[15]. Ця камера може вмістити 108 або 144 сопла.

У першому випадку навантаження на сопло становить  $\cdot 5,29/108 = 48,9 \cdot 10^{-3} \text{ кг/с}$ , але такої кількості води неможливо досягти навіть при вихідному діаметрі сопла 5,5 мм і тиску 2,5 бар.[15].

У другому випадку навантаження на сопло становить  $\cdot 5,29/144 = 36,7 \cdot 10^{-3} \text{ кг/с}$ .

В залежності від цього навантаження вибирайте насадку діаметром 5,5 мм. Тиск води перед форсункою 1,5 бар. Тому ми приймаємо встановлення трьох секцій поливу з індексом 03.0020.0. Навантаження зрошувальної камери відповідає потужності охолодження системи кондиціонування повітря.

Початкова температура охолоджуючої води визначається за формулою:

$$Q_0 = L_k \cdot \rho \cdot (i_{\text{в}1} - i_{\text{в}2}) = G_{\text{вд}} \cdot c_{\text{вд}} \cdot (t_{\text{вд}2} - t_{\text{вд}1}) \quad (3.26)$$

$$t_{\text{вд}1} = G_{\text{вд}} \cdot c_{\text{вд}} \cdot t_{\text{вд}2} - Q_0 / G_{\text{вд}} \cdot c_{\text{вд}} \quad (3.27)$$

$$t_{\text{вд}1} = 5.29 \cdot 4.19 \cdot 24.5 - 15.75 / 5.29 \cdot 4.19 = 23.7^\circ\text{C}$$

### 3.3.4 Підбір фільтрів

Вибираємо самоочисний сітчастий фільтр з індексом 03.200.0, виходячи з номінальної продуктивності повітря.[15]. Переміщення сита фільтра здійснюється електродвигуном АОЛ-2-21-4 потужністю 1,1 кВт.

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		67

### 3.3.5 Вибір повітряного клапана

Для проходу зовнішнього повітря прийняти клапан з індексом 03.3213.0. Тип приводу - електричний.[15]. Для байпасних каналів центрального охолоджувача приймаються клапани з індексом 03.3273.0. Система приводу електрична. [1].

### 3.3.6 Розрахунок і вибір повітропроводу

Визначаємо площу поперечного перетину повітропроводу за формулою:

$$F = L/v, \quad (3.28)$$

де  $L$  – витрата повітря в повітроводі, м<sup>3</sup>/сек.;  $v$  – розрахункове значення швидкості повітря у повітроводі, м/сек.,  $v = 4$  м/сек [14].

$$F = 4.07/4 = 1.01 \text{ м}^2$$

Братимуться до установки круглі повітропроводи з листової сталі.

Рахуємо діаметр повітропроводу круглого перерізу:

$$d = \sqrt{(4F/\pi)} = 1.33\sqrt{F}, \quad (3.29)$$

$$d = 1.33\sqrt{0,75} = 0,87 \text{ м.}$$

Виходячи зі стандартного ряду діаметрів для круглих повітроводів із листової сталі, приймаємо до пристрою повітроводи діаметром 0,8 м.

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		68

### 3.3.7 Розрахунок розгалужень повітроводів та підбір вентилятора для підтримання мікроклімату приміщень

Напір (тиск), створюваний вентилятором  $H_v$ , повинен бути достатнім для подолання суми опорів  $\Sigma\Delta h$  у впускній і напірній мережах і динамічних втрат тиску під час виходу повітря з мережі в атмосферу.

$$H_e = \Sigma\Delta h + \rho \cdot v_{вих}^2/2, \text{ Н/м}^2 \quad (3.30)$$

Опір мережі та відгалужень складається із опору тертя  $h_{mp}$  та місцевих опорів  $h_{м.о.}$ :

$$\Delta h = h_{mp} + h_{м.о} \quad (3.31)$$

Визначаємо  $h_{mp}$  :

$$h_{mp} = \lambda_{mp} \cdot (\Delta l_{mp}/d_{вн}) \cdot (\rho \cdot w^2/2), \text{ Н/м}^2 \quad (3.32)$$

де -  $\lambda_{tr}$  – коефіцієнт опору тертя;  $\Delta l_{tr}$  – сума довжин усіх прямих ділянок вздовж трахеї, м;  $w$  – швидкість руху повітря, м/с;  $\rho$  – густина повітря, кг/м<sup>3</sup>  $d_{вн}$  – внутрішній діаметр каналу, м.

Значення коефіцієнта опору тертя залежить від ступеня шорсткості стінки труби та режиму течії (ламінарний або турбулентний).

Розрахунки зазвичай припускають, що труба є гідравлічно гладкою.

Тип умови потоку визначається значенням  $Re$ .

$$Re = wd\rho/\mu \quad (3.33)$$

$$\mu = 0.0175 \text{ МПа} \cdot \text{с} [15. \text{ стр. 7 рис.3}]; Re = 4 \cdot 1.2 \cdot 1.29/0.0175 = 353.8$$

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		69

Значення  $Re \ll 2320$  означає, що режим є ламінарним. Коефіцієнт тертя в цьому випадку визначається за формулою  $\lambda_{тр} = 64/Re = 64/353,8 = 0,18$ .

Визначити суму довжин усіх прямолінійних ділянок повітропроводу за схемою пневматичного розгалуження повітропроводу, створеної за розмірами відділу механічного обладнання.

Ця схема представлена в графічній частині дипломного проекту МРМА 23.00.00.000 ГЗ.

$$\Delta l_{mp} = 12 \times 3 + 80 = 116 \text{ м}$$

Тепер знаходимо  $h_{mp}$ :

$$h_{mp} = \lambda_{mp} \cdot (\Delta l_{mp}/d_{ен}) \cdot (\rho \cdot w^2/2) = 0,18 \cdot (116/1,2) \cdot (1,29 \cdot 4^2/2) = 161,9 \text{ Н/м}^2$$

Визначаємо втрати у повітропроводах  $h_{м.о.}$ :

$$h_{м.о.} = (\rho \cdot w^2/2) \cdot \sum \xi, \quad (3.34)$$

де  $\sum \xi$  – сума коефіцієнтів місцевих опорів.

На даній пневматичній схемі маємо наступні види місцевих опорів:

- 14 - повітро-розподільників  $\xi = 4,2$  [15].
- 17 - поворотів на  $90^\circ$ ,  $\xi = 0,5$  [15].
- один вхід через жалюзійну решітку,  $\xi = 1,4$  [15].
- 12 - трійників  $\xi = 0,35$  [15].

Таким чином,  $\sum \xi = 14 \cdot 4,2 + 17 \cdot 0,5 + 1 \cdot 1,4 + 12 \cdot 0,35 = 75,8$

Підраховуємо  $h_{м.о.}$ :

$$h_{м.о.} = (\rho \cdot w^2/2) \cdot \sum \xi = (1,29 \cdot 4^2/2) \cdot 75,8 = 782,8 \text{ Н/м}^2$$

Визначаємо величину втрат  $\Delta h$  :

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		70

$$\Delta h = h_{mp} + h_{m.o.} = 61.9 + 782,8 = 884,1 \text{ Н/м}^2$$

Тепер можемо знайти величину напору у системі:

$$H_e = \sum \Delta h + \rho \cdot v_{вых}^2 = 884,1 + 1.29 \cdot 4^2/2 = 894,2 \text{ Н/м}^2$$

За обрахованими величинам напору та продуктивності по повітряю вибираємо відцентровий вентилятор марки Ц4-70 з номером 10. Швидкість обертання вала вентилятора – 960 об/хв. Продуктивність - 18000 м<sup>3</sup>/год (5 м/сек), напір - 960 Н/м<sup>2</sup> [14].

### 3.3.8 Підбір циркуляційного насоса для води в зрошувальній камері

Витрата охолоджуючої води складе:

$$V = 5.29 \text{ кг/сек} = 5.29 \text{ л/сек}$$

Розмір труби приймаємо 108 мм [1].

Визначаємо швидкість води в трубках камери:

$$w = V/f_{mp} \tag{3.35}$$

$$w = 5.29 \cdot 10^{-3} / 7.58 \cdot 10^{-3} = 0.67 \text{ м/сек.}$$

де  $f_{mp}$  – площа поперечного перерізу труби, м<sup>2</sup>,  $f_{mp} = 7.85 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$  [1].

Визначаємо режим потоку води в трубопроводі камери :

$$Re = w d \rho / \mu \tag{3.36}$$

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		71

де  $\mu = 0.95 \text{ МПа} \cdot \text{с}$  [5];  $d = 100 \text{ мм} = 0.1 \text{ м}$ ;  $\rho_{\text{води}} = 1000 \text{ кг/м}^3$ ;

$$Re = 0.67 \cdot 0.1 \cdot 1000 / 0.95 = 70.5.$$

Величина числа Рейнольдса  $Re < 2320$  - то режим ламінарний. Тоді коефіцієнт тертя визначаємо за формулою:

$$\lambda_{\text{тр}} = 64 / Re = 64 / 70.5 = 0.9$$

Тепер знаходимо напір  $h_{\text{тр}}$  :

$$\begin{aligned} h_{\text{тр}} &= \lambda_{\text{тр}} \cdot (\Delta l_{\text{тр}} / d_{\text{ен}}) (\rho \cdot w^2 / 2) = \\ &= 0.9 \cdot (20 / 0.1) \cdot (1000 \cdot 0.67^2 / 2) = 0.4 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2 \\ \Delta l_{\text{тр}} &= 20 \text{ м} \end{aligned}$$

Величина зниження тиску в місцевих опорах при русі води в каналах:

$$h_{\text{м.с.}} = (\rho \cdot w^2 / 2) \cdot \sum \xi \quad (3.37)$$

Маємо такі види місцевих опорів:

- чотири коліна під кутом  $90^\circ$ ,  $\xi = 0.5$  [1].
- вентиля вентиля,  $\xi = 5$  [1].

$$h_{\text{м.о.}} = (\rho \cdot w^2 / 2) \cdot \sum \xi \quad (3.38)$$

$$h_{\text{м.о.}} = (1000 \cdot 0.67^2 / 2) \cdot (4 \cdot 0.5 + 2 \cdot 5) = 0.027 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$$

Вираховуємо напір насоса:

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		72

$$H = \sum h = (0.4 + 0.027) \cdot 10^5 = 0.427 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2 = 4.27 \text{ м. вод. ст.}$$

За величинами продуктивності та напору вибираємо насос марки 2К-9 з номінальною продуктивністю 5,5 л/сек, та повним напором 18м. вод.ст. та ККД - 65%.

### 3.3.9 Розрахунок калорифера

Нагрівання зовнішнього повітря у секції першого підігріву пристрою.

$$G_{H \text{ min}} = 0,1 \cdot G_{\text{до}^x} = 0,1 \cdot 148500 = 14850 \text{ кг / год} \quad (3.39)$$

$$G_{H \text{ min}} = L \cdot m \cdot \rho = 60 \cdot 24 \cdot 1,2 = 1728 \text{ кг / год} \quad (3.40)$$

За розрахункове оберемо  $G_{H \text{ min}} = 14850 \text{ кг / год}$

$$\begin{aligned} I_3^I &= i_e - G_{H \text{ min}} / G_{\text{до}^x} \cdot (I_{e-i_n}) = \\ &= 46 - 14850 / 148500 \cdot (46 - (-28,6)) = \\ &= 38,5 \text{ кДж / кг} \end{aligned} \quad (3.41)$$

Теплопродуктивність повітронагрівачів пристрою:

$$\begin{aligned} Q &= C_B \cdot \rho_e \cdot L_k^x \cdot (t_{k-t_n}) = \\ &= 1 \cdot 1,2 \cdot (17,5 - 15,5) \cdot 123750 = 297000 \text{ кДж / год} \end{aligned}$$

В якості теплоносія використовується вода із такими параметрами:

$$\tau_k = 70 \text{ } ^\circ\text{C} \quad \text{і} \quad \tau_n = 130 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (3.42)$$

Знаходимо середню температуру води і повітря для даного пристрою:

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		73

$$t_{cp} = (130 + 70) / 2 = 100 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{cp} = (17,5 + 15,5) / 2 = 16,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Масова швидкість руху теплого повітря визначається за формулою:

$$V_p = L_k^x \cdot \rho_g / (3600 \cdot 1000 \cdot f_n) = 123750 \cdot 1,2 / (3600 \cdot 19,86) = (3.43) \\ = 2,08 \text{ кг / м}^2 \text{ г}$$

Схему обв'язки калорифера приймаємо послідовну. Площа перерізу  $f_r = 0,004444 \text{ м}^2$

Масова витрата гарячої води визначається за формулою:

$$G_T = Q / (4,19 \cdot (\tau_{н-т до})) = 297000 / (4,19 \cdot (130-70)) = 1418 \text{ кг / год} \quad (3.44)$$

Швидкість руху води

$$W = G_T / (3600 \cdot 1000 \cdot f_r) \quad (3.45)$$

$$W = 1418 / (3600 \cdot 1000 \cdot 0,004444) = 0,1 \text{ м / с}$$

Коефіцієнт передачі повітрянагрівача,  $K = 26,2$  [14].

Площа теплообміну визначається за формулою:

$$F = 0,278 \cdot Q / (K (\tau_{cp} - t_{cp})) \quad (3.46)$$

$$F = 0,278 \cdot 297000 / (26,2 \cdot (100-16,5)) = 37,7 \text{ м}^2$$

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		74

Висновок до третього розділу.

Здійснено аналіз будівлі у якій буде встановлено обладнання для створення мікроклімату. Зроблено розрахунок теплового балансу приміщення. Проведено аналіз будівельних характеристик матеріалів та характер виконуваних робіт у приміщеннях кафедри. Здійснено вибір устаткування для системи кондиціонування повітря приміщення.

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		75

## 4 РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ СТВОРЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ ПРИМІЩЕНЬ

### 4.1 Принцип роботи автоматизованої системи створення мікроклімату приміщень

Термін «автоматизована система кондиціонування» вказує на систему, яка автоматично контролює та регулює умови внутрішнього середовища (температура, вологість, обмін повітря, ступінь очищення тощо) в приміщенні для забезпечення оптимального комфорту та ефективності.

Основні компоненти автоматизованої системи кондиціонування включає:

- сенсори: температурні сенсори, сенсори вологості, датчики руху, датчики викидів CO<sub>2</sub> (для контролю якості повітря).
- контролери: мікроконтролери або комп'ютери, що обробляють дані від сенсорів; логіка програмного забезпечення для прийняття рішень.
- виконавчі пристрої: кондиціонери повітря або системи опалення; вентилятори; клапани для регулювання потоку повітря.
- інтерфейси: пульт дистанційного керування, інтерфейси для управління з комп'ютера чи смартфона.
- системи відображення інформації: дисплеї для відображення поточних умов та параметрів системи.
- мережеве підключення: можливість підключення до мережі для дистанційного моніторингу та управління.
- система керування: алгоритми та програмне забезпечення для ефективного управління системою з урахуванням різних факторів.

Автоматизовані системи кондиціонування можуть бути використані в житлових будинках, комерційних приміщеннях, офісах, заводах тощо для підтримки комфортних умов та зменшення енергоспоживання. Такі системи часто використовують технології «інтернету речей» (IoT) для забезпечення зв'язку та взаємодії між різними компонентами системи.

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		76

Суть роботи кліматичних систем полягає в тому, що чилер або холодильна машина готує (тобто охолоджує) воду для теплообмінників системи вентиляції, які встановлені в повітроводі на шляху проходження повітря. Повітря, проходячи через теплообмінник з холодною водою, охолоджується і поступає в приміщення по повітроводах.

У іншому варіанті можна змінювати (збільшувати або зменшувати) кількість охолодженого повітря, що надходить в приміщення. Це досягається за допомогою встановлених на повітроводах на вході в приміщення повітряних клапанів, які регулюють кількість подаваного в приміщення охолодженого повітря. Якщо потрібно зробити холодніше, то в приміщення подається охолодженого повітря більше.

У самому розширеному варіанті до всіх інших рішень в приміщення додаються кліматичні апарати, до яких подається підготовлене повітря від вентиляційної установки, а також холодна або гаряча (для функції обігріву) вода. В даних модулях, які називаються ежекційним доводчиками і охолоджуючими балками, також є теплообмінники з холодною або гарячою водою, через які повітря втягується і охолоджується або нагрівається, в залежності від потреб і кліматичних умов.

Принцип роботи водяної кліматичної системи для забезпечення мікроклімату приміщень з постійною витратою повітря полягає в наступному:

- вентиляційна система забирає повітря з вулиці;
- поряд з вентиляційною установкою встановлена холодильна машина або чилер, яка готує холодну воду;
- далі охолоджена вода надходить в охолоджувач вентиляційної установки, який являє собою теплообмінник, крізь який проходить повітря, що забирається з вулиці;
- в результаті свіже повітря охолоджується і надходить по повітропроводу через дифузори в приміщення.

Схема роботи системи вентиляції з охолодженням повітря з постійною витратою повітря показна на рисунку 4.1.

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		77

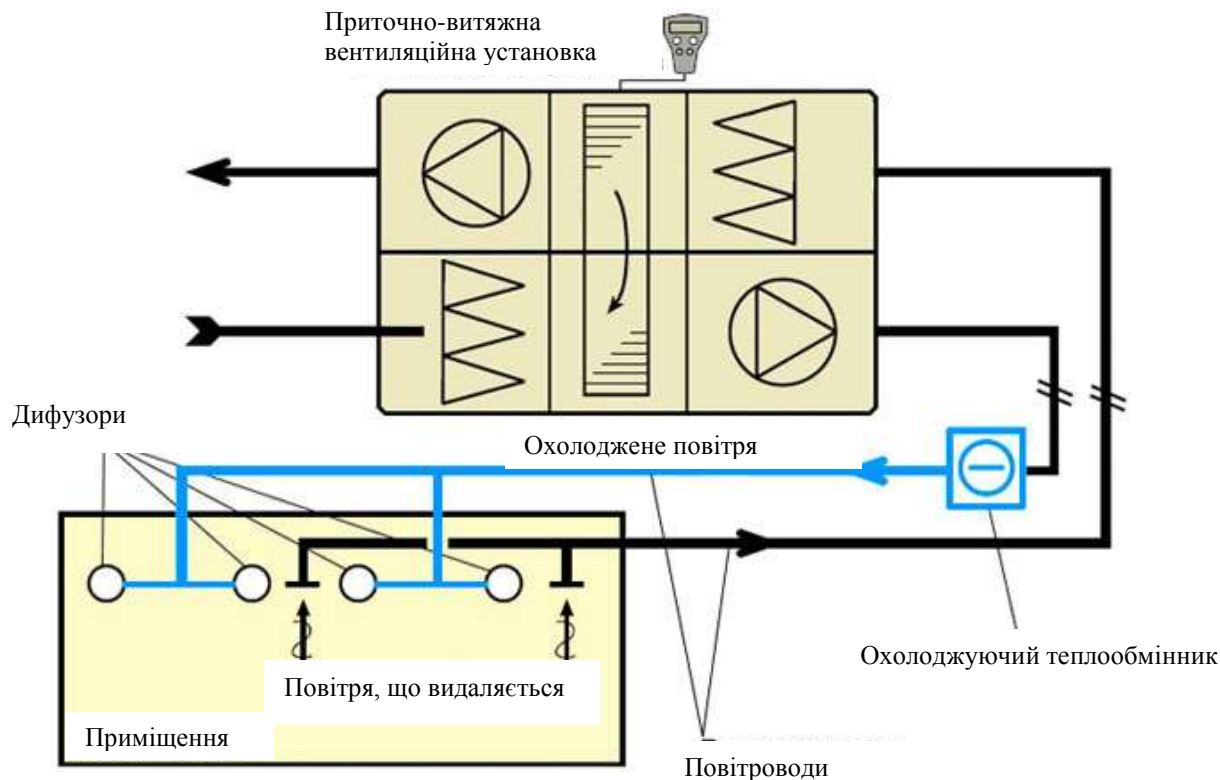


Рисунок 4.1 - Схема роботи системи вентиляції із охолодженням повітря

Ефективніше працюють системи, які створюють мікроклімат шляхом зміни потоку охолодженого або нагрітого повітря.

Крім елементів постійного повітряного потоку, що входять до складу системи, система включає повітряний клапан, який регулює кількість повітря, що надходить у приміщення (рисунок 4.2). Коли температуру в кімнаті потрібно підвищити або знизити, клапан активується. Коли повітропроводи відкриваються, збільшується потік повітря, що надходить у приміщення.

Функціональна схема системи вентиляції зі змінним потоком охолоджуючого повітря в приміщенні працює в залежності від необхідної температури, встановленої в кімнатному контролері.

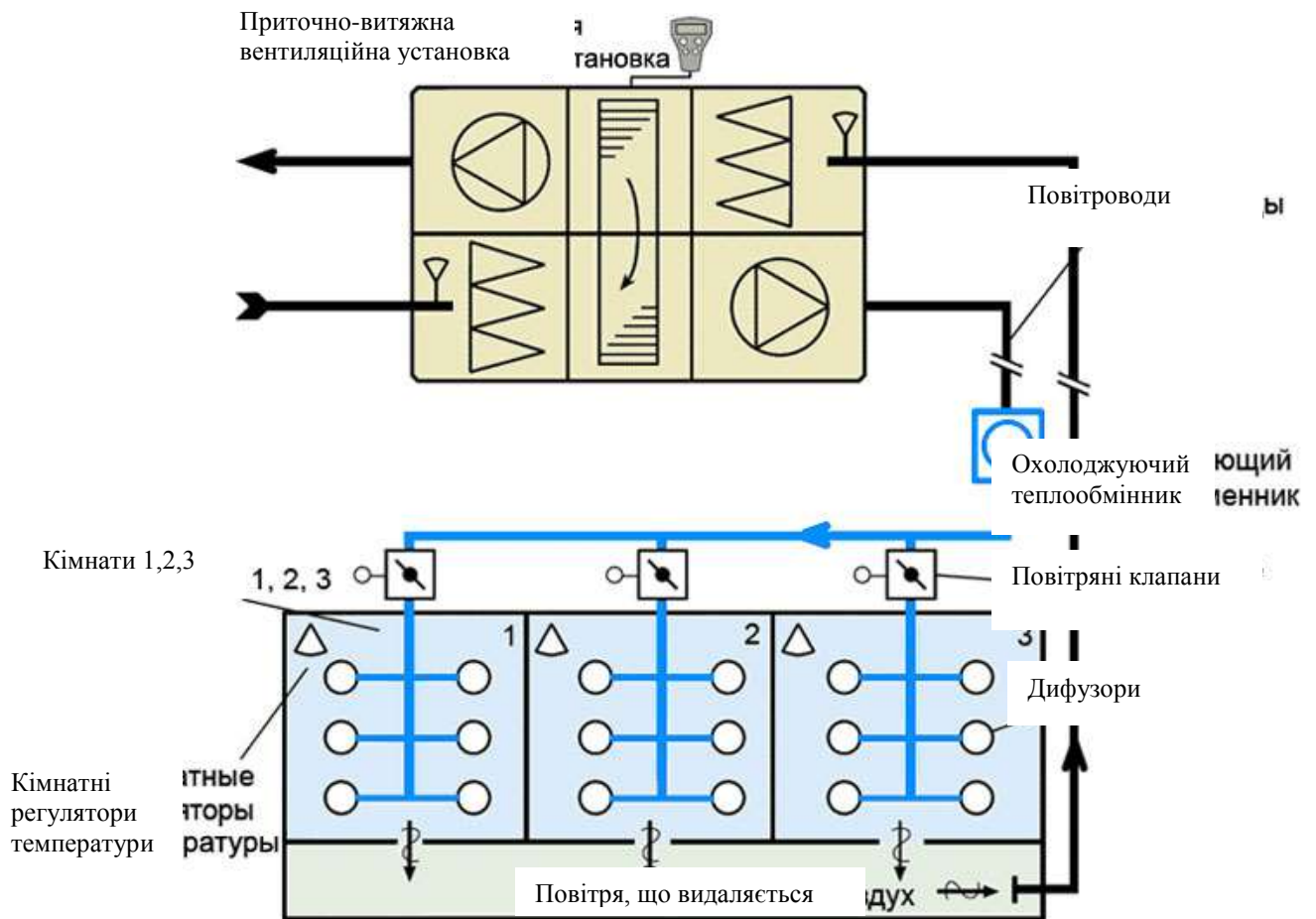


Рисунок 4.2 - Схема роботи системи вентиляції із змінною та витратою охолодженого або нагрітого повітря у приміщенні

У внутрішніх блоках охолодження тут немає необхідності, охолоджене повітря надходить в приміщення через звичайні розподільники повітря.

#### 4.2 Розробка системи управління створенням мікроклімату в приміщенні

Щоб зрозуміти, навіщо потрібно створювати подібну систему, пояснимо роботу звичайної системи вентиляції в приміщенні площею 200-250 м<sup>2</sup>. Давайте подумаємо. Житлове приміщення такого розміру потребує споживання повітря приблизно 1000 м<sup>3</sup>/год. Взимку для підігріву припливного повітря до комфортної температури потрібно приблизно 14 кВт/год. При цьому значна частина енергії «витрачається», оскільки люди, які потребують вентиляції, не можуть перебувати у всіх кімнатах одночасно. Однак особливо знизити продуктивність звичайної ве-

нтиляційної системи в деяких приміщеннях не представляється можливим, оскільки вже на етапі введення в експлуатацію проводиться настройка повітряних клапанів, за допомогою яких можна регулювати подачу повітря в приміщення. Крім того, співвідношення витрат не можна змінити під час виконання операцій. Користувач може лише зменшити загальне споживання повітря, але це призведе до задушення повітря в зайнятій кімнаті. Підключення електричного приводу до повітряного клапана дозволяє дистанційно керувати положенням заслінки клапана, щоб регулювати потік повітря через клапан, що дозволяє вмикати або вимикати вентиляцію для кожної кімнати окремо.

Однак управляти такою системою практично неможливо, оскільки як тільки закриваються деякі клапани, продуктивність вентиляційної системи падає на точну величину, а потік повітря в інші приміщення залишається незмінним.

Ця система змінного повітряного потоку призначена для цього в автоматичному режимі (рис.4.3). Все обладнання, яке використовується для побудови такої системи, зазвичай можна розділити на дві частини: вентиляційна установка з датчиками тиску і повітророзподільна мережа з регульованими зонами. Обидві частини такої системи можуть функціонувати незалежно одна від одної. Провітрювач підтримує заданий тиск у повітророзподільній камері за допомогою датчиків, а користувач може за допомогою перемикачів відкривати та закривати клапани для всіх зон на свій розсуд. Оскільки тиск у камері постійний, потік повітря в кожній кімнаті залежить лише від положення заслінки в цій кімнаті, а не від потоку повітря в інших кімнатах.

Суть полягає в тому, що система містить розподільну камеру з постійним внутрішнім тиском. Кожен канал оснащений клапаном з електромагнітним управлінням, з якого повітря подається в приміщення. Будь-яка зміна потоку повітря через будь-який клапан підвищує тиск у розподільній камері. У цей час датчик тиску активується і підключається до загальної припливної камери, а отже, до встановленого там вентилятора. Коли тиск вентилятора змінюється, через систему керування надсилається сигнал про сповільнення вентилятора та відповідне зменшення подачі повітря, щоб знову вирівняти тиск у розподільній камері.

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		80

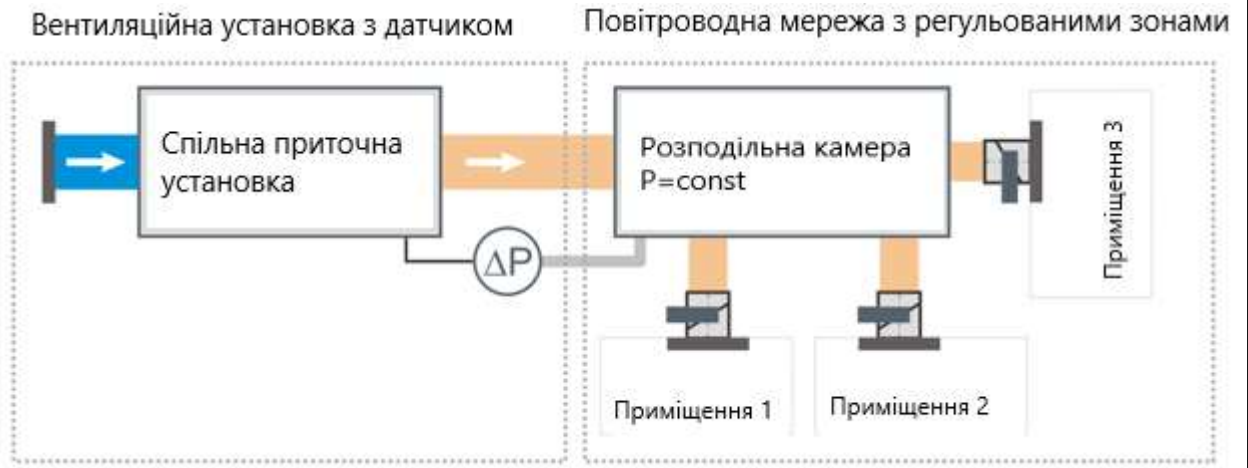


Рисунок 4.3 – Схема системи зі змінною витратою повітря

Система працює наступним чином. Передбачається, що всі повітряні клапани спочатку повністю відкриті. Коли під час роботи один із клапанів закривається, тиск у повітродозподільній камері починає зростати. Ця зміна фіксується датчиком, і автоматична система блоку подачі знижує швидкість вентилятора рівно настільки, щоб тиск у камері повернувся до попереднього рівня (процес переходу триває 20-30 секунд).

Таким чином, автоматизована система постійно контролює рівень тиску в камері і, якщо він відхиляється від заданого значення в ту чи іншу сторону, змінює швидкість вентилятора, щоб привести тиск у норму. Оскільки тиск у камері і, отже, на вході кожного повітропроводу постійний, кількість повітря, що надходить у приміщення, визначається лише кутом повороту заслінки відповідного клапана. Коли більшість регуляторів потоку закриті, тиск у припливному та витяжному каналах зростає без будь-яких змін у продуктивності вентилятора. Це збільшує швидкість повітряного потоку до ступеня, неприйнятної для інших регуляторів потоку, і створює акустичний шум.

Щоб уникнути подібних ситуацій, в магістральних припливно-витяжних каналах встановлюються датчики тиску. Сигнали від цих датчиків змінюють швидкість припливних і витяжних вентиляторів, які приводяться в дію перетворювачами частоти. В результаті тиск в каналі підтримується на постійному рівні, тому

швидкість повітряного потоку залишається на рівні необхідного значення, незалежно від кількості відкритих в цей момент регуляторів витрати. На підставі розрахункової залежності перепаду тиску від витрати повітря регулятор надійно підтримує необхідну витрату повітря при зміні тиску в мережі повітропроводів.

У цьому прикладі замість звичайної вентиляційної системи ми будемо використовувати найпростішу систему, яка дозволяє вмикати і вимикати подачу повітря в приміщення індивідуально залежно від ваших потреб, наприклад. При встановленні системи витрата повітря складе приблизно 250 м<sup>3</sup>/ год (з розрахунку 125 м<sup>3</sup> / год на дві шафи площею 40 м<sup>2</sup> кожен), споживання енергії становить приблизно 3,5 кВт / год. Цей простий приклад вже показує досягнуту економію енергії.

Тому основною перевагою системи є значна економія електроенергії, особливо це стосується вентиляційних систем з електроопаленням. Користувачі можуть вмикати і вимикати вентиляцію в кожній кімнаті так само, як вони вмикають і вимикають світло. Клапани з пропорційними електроприводами дозволяють користувачеві безперервно регулювати кількість повітря, що подається, що робить керування ще зручнішим. Також можна змінювати кількість повітря відповідно до сигналів датчиків, таких як датчики присутності (подібно до системи «Розумне око», яка використовується в домашніх спліт-системах), температури, вологості та концентрації CO<sub>2</sub>.

Якщо блоки автоматики, що керують електроприводом повітряної заслінки, підключені по єдиній шині управління, з'являється можливість централізованого сценарного управління всією системою. Наприклад, ви можете включити певний режим роботи вручну або за допомогою таймера: нічний режим - буде подаватися мінімальна необхідна кількість повітря. Клапани у всіх кімнатах відкриваються на мінімальному рівні; денний режим - всі приміщення, де проводяться заняття, повністю забезпечені повітрям. У комерційних приміщеннях клапани відкриваються і закриваються на мінімальному рівні.

					MPMA 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		82

Циклічна вентиляція (використовується, коли люди відсутні протягом тривалого часу). Подаючи невелику кількість повітря в кожному кімнату, це запобігає неприємним подіям і задусі при поверненні людей.

Для індивідуального регулювання температури, а також кількості повітря, що подається в кожному приміщенні, можуть бути встановлені додаткові обігрівачі (малопотужні обігрівачі), які регулюються індивідуальними регуляторами потужності.

Це дає можливість подавати від вентиляційної системи повітря найнижчої допустимої температури (+18 ° C) і нагрівати кожне приміщення окремо до необхідного рівня.

Такі технологічні рішення додатково знижують споживання енергії.

У цій вентиляційній системі електронний пристрій регулювання об'єму повітря для припливного та витяжного повітря (всмоктування та витяжка) у кожній кімнаті контролюється незалежно від стану пристроїв регулювання витрати в інших приміщеннях, а також пристроїв керування подачею та витяжкою повітря керуються синхронно (рисунок 4.4).

У кожній кімнаті кафедри можуть бути встановлені контролери, датчики кімнатної температури (або комбінація датчиків CO<sub>2</sub> і температури). Крім того, система може перемикатися в режим нормальної вентиляції через датчик присутності (мінімізація споживання дозволяє заощадити).

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		83

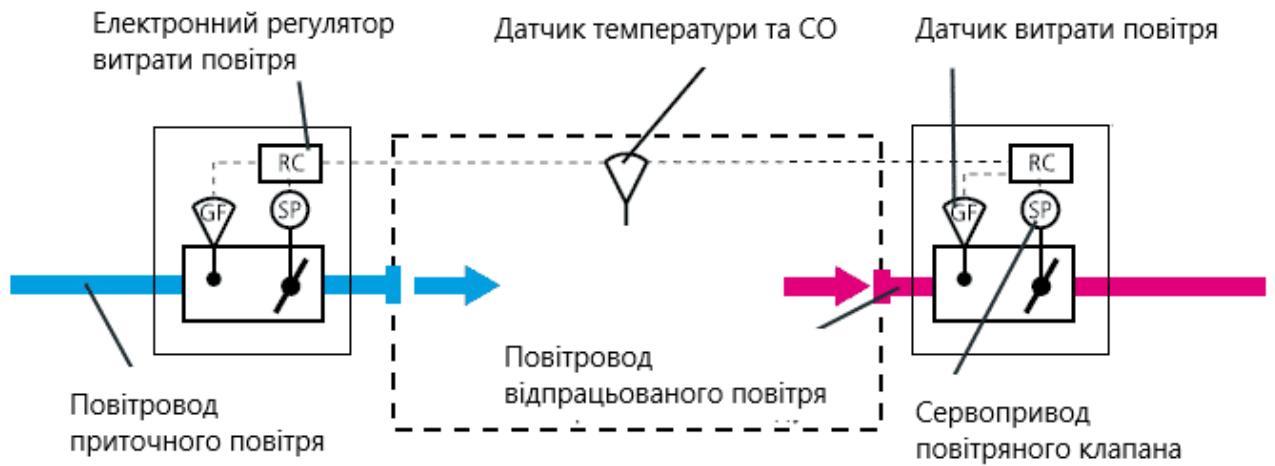


Рисунок 4.4 - Схема автоматичного регулювання з датчиком температури або датчиком CO<sub>2</sub> (приплив і витяжка керуються паралельно)

Залежно від різниці між необхідною температурою в приміщенні (необхідний діапазон температур встановлюється користувачем) і фактичною температурою, виміряною датчиком, контролер налаштовує регулятори на вході та виході в потрібні положення та змінює витрату протікання повітря через кожну кімнату.

Завдяки вбудованим комунікаційним можливостям пропоновану систему вентиляції в майбутньому можна буде інтегрувати в інтегровану систему управління «розумний будинок».

При цьому всі системи, що відповідають за клімат (опалення, вентиляція, кондиціонування) працюють за узгодженими алгоритмами, які усувають конфлікти між собою.

#### 4. 3 Проектування та розробка системи створення мікроклімату в приміщенні

Даний пристрій для створення та автоматичного підтримання та мікроклімату приміщення складається з наступних компонентів:

Вентиляційне обладнання з безперервно змінною потужністю. Використовувати вентилятор з електронним перемиканням (інверторний) або звичайний ве-

нтилятор, керований регулятором швидкості (електронним автотрансформатором), швидкість якого можна плавно змінювати.

Багатозональні системи зі змінним об'ємом повітря (VAV) спеціально розроблені для підвищення енергоефективності та забезпечення точнішої подачі тепла або холодного повітря залежно від потреб зон у будинку (рисунок 4.5). Зона може являти собою окреме приміщення або групу приміщень, що мають приблизно однакові характеристики тепловіддачі та тепловтрат.

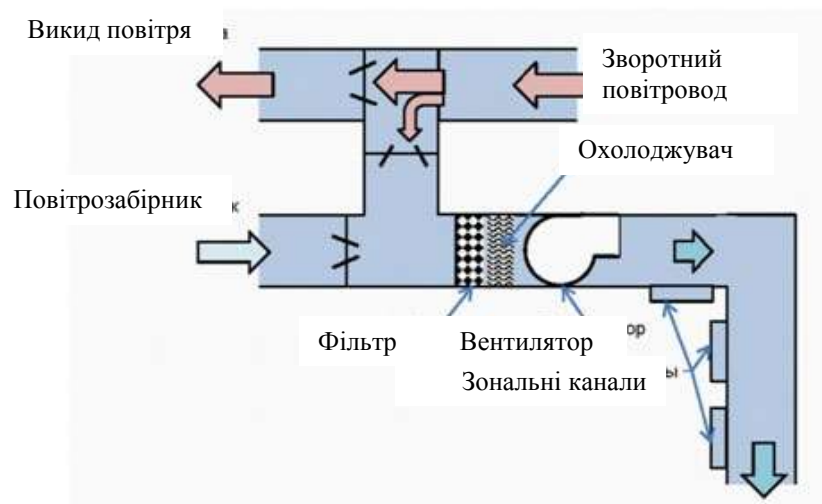


Рисунок 4.5. - Система змінної витрати повітря у пристрої для кондиціонування

Порівняно зі звичайними системами з двоканальним розподілом повітря ця система щонайменше на 30% економніша з точки зору споживання енергії. Крім того, він економічний з точки зору витрат на встановлення та експлуатації. Розміри повітропроводів і центральних блоків подачі та очищення повітря зазвичай менші, простіші та дешевші в монтажі.

Основний повітропровід системи подає тільки охоложене повітря (10-12 °С). Це називається «первинним повітрям».

Кімнатний термостат контролює кількість первинного повітря, що подається в кожну зону через заслінку з безступінчатим приводом. Ці плавно керовані заслінки змінюють подачу повітря в кожну зону залежно від ваших потреб в охолодженні.

Ранні моделі системи модифікували центральну подачу вентилятора відповідно до потреб усіх зон, а її стандартний розмір вибирався з урахуванням максимально можливого споживання.

У міру зміни попиту в зоні статичний тиск в основному каналі також має тенденцію до зміни. Датчик статичного тиску контролює подачу до вентилятора таким чином, щоб тиск у центральному каналі залишався постійним. Потужність вентилятора регулювалася нахилом лопатей на вході вентилятора або заслінкою активації на виході вентилятора. Ці системи відносяться до класу подачі повітря зі змінною температурою. Вся подача повітря через центральний канал часто резервна, оскільки зональні клеми незалежно відокремлюють подачу повітря. Це означає, що потрібно налаштувати подачу від центрального вентилятора. Датчик статичного тиску в центральному каналі посилає сигнал до контролера, який змінює швидкість вентилятора для обмеження потоку. Положення датчика тиску в первинному каналі є критичним для роботи всієї системи та суттєво впливає на її характеристики. Найкраще місце для установки – поблизу зонної клемної колодки, куди найбільш важко подавати повітря. Зазвичай тут відбувається найбільше падіння тиску від вентилятора. Якщо датчик знаходиться надто близько до вентилятора припливного повітря, тиск у повітропроводі припливного повітря буде надто високим, коли загальне споживання буде низьким, і швидкість вентилятора буде знижена за допомогою керування, але припливного повітря буде недостатньо.

Камера розподілу повітря, в якій підтримується постійний (заданий) тиск. До цієї камери підведені повітропроводи від усіх обслуговуваних приміщень. Датчик перепаду тиску розташований біля розподільної камери. Датчик використовує тонку трубку для вимірювання тиску всередині камери та надсилає цю інформацію до вентилятора. Система змінного потоку повітря може бути залежною від тиску або незалежною. Термінал першої зони залежав від тиску. У них не було можливості обмежити подачу повітря.

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		86

З'єднання, що залежать від тиску, забезпечують потік повітря залежно від поточного тиску в центральному повітропроводі. Привід жалюзі регулює подачу шляхом зміни кута повороту відповідно до даних зонного термостата. Однак швидкість потоку також змінюється в залежності від статичного тиску в магістральному шляху потоку. У клемних блоках біля вентилятора може бути занадто багато первинного повітря. І кінцевий пристрій, найдавший від вентилятора, швидше за все, не зможе забезпечити достатню кількість первинного повітря в цю зону. Незалежний від тиску зонний термінал оснащений обладнанням, чутливим до швидкості потоку через блок, але в певних межах нечутливим до змін тиску в основному каналі. Системи з такими блоками краще збалансовані і дозволяють точніше подавати використане повітря.

Для кращого керування подачею вторинного повітря були розроблені повітряні клапани (клапани VAV) з електричними приводами, керованими через зонні термінали, тобто перемикачі або регулятори систем VAV. Ці клеми являють собою невеликі металеві коробки, які встановлюються безпосередньо на повітропроводах, які подають повітря від центрального кондиціонера, і на виході з кожної зони (рис.4.1).

Кожен з цих портів подає первинне повітря з однаковою температурою (приблизно 10-12 °С) з центрального повітровода. Має регульований привід заслінки, який змінює кут нахилу в залежності від сигналу від системи автоматичного керування. На рисунку 4.6 показано спрощене зображення зонного терміналу без пристроїв автоматизації.

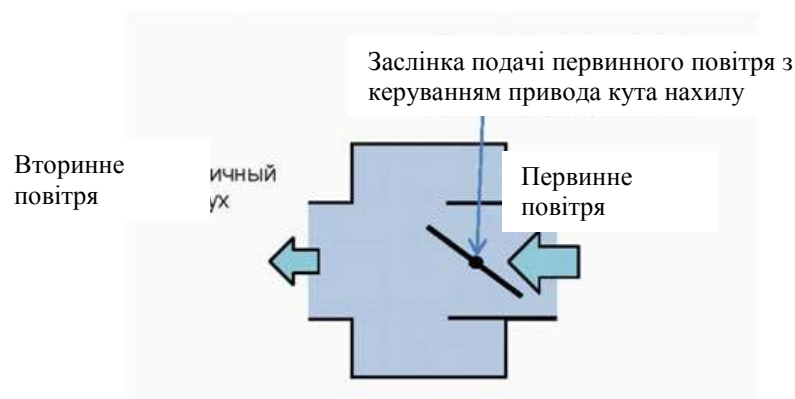


Рисунок 4.6 - Зональний термінал

Заслінка з приводом регулює подачу первинного холодного повітря в цю зону відповідно до потреб охолодження всіх приміщень у цій зоні. У своїй найпростішій формі зональні термінали просто розподіляють холодне повітря. Приміщення в межах площі зазвичай не потребують подачі гарячого повітря, тоді як приміщення на відкритому повітрі опалюються іншими способами. Більш складні варіанти зонних терміналів оснащені нагрівальним модулем.

Основною перевагою зональних терміналів у системах VAV з точки зору енергоефективності є можливість підтримувати комфортну температуру в різних зонах будинку без необхідності одночасного нагріву та охолодження повітря від центрального обладнання.

Для автоматичної роботи пристрою створення та підтримання мікроклімату в приміщенні необхідно підібрати кроковий двигун для приводу клапана. Це означає, що він повинен бути оснащений електроприводом, який повинен бути підключений до системи разом з датчиками температури, вологості та CO<sub>2</sub> вуглекислого газу.

Для будь-якого з перерахованих параметрів на кроковий двигун через контролер надходить сигнал, який змушує кроковий двигун повертатися на певний кут і відкривати повітряний і водяний канали, забезпечуючи тим самим подачу охолодженого або нагрітого повітря.

Для цієї системи були вибрані лінійні крокові двигуни стандартного розміру 57 мм і 86 мм відповідно до монтажних розмірів і розмірів фланців міжнародних стандартів NEMA23 і NEMA34. Крок різьби 8 мм (рис. 4.7).

Основні характеристики : крок (кут повороту) - 1,8°, похибка кроку - 5% (повний крок, без навантаження); кількість фаз: 2; опір ізоляції не менше 100 МОм, 500 В постійного струму; діапазон робочих температур від -10°C до +50°C; діаметр різьби: 7 мм.

Перетворення обертового руху в лінійний у кроковому двигуні може бути досягнуто за допомогою різних механічних з'єднань, таких як: рейка, ремінна передача тощо можуть бути реалізовані. Для всіх цих конструкцій потрібні різні ме-

					MPMA 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		88

ханічні компоненти. Найефективнішим способом досягнення цієї мети є виконання цього перетворення в самому кроковому двигуні.

Таблиця 4.1 – Основні технічні характеристики крокового двигуна

Модель	Ном. напруга, V	Ном. струм фази, А	Опір фази, $\Omega$	Індуктивність фази, мН	Утримуючий момент, Nm	К-сть виходів	Довжина L, мм	Гвинт	Маса, кг	Ціна за шт. з ПДВ (грн.)
SM57HT 56- 2804TL8 -25	2,5	2,8	0,9	2,5	1,26	4	56	Tr8x8(P4)	0,7	1233,93

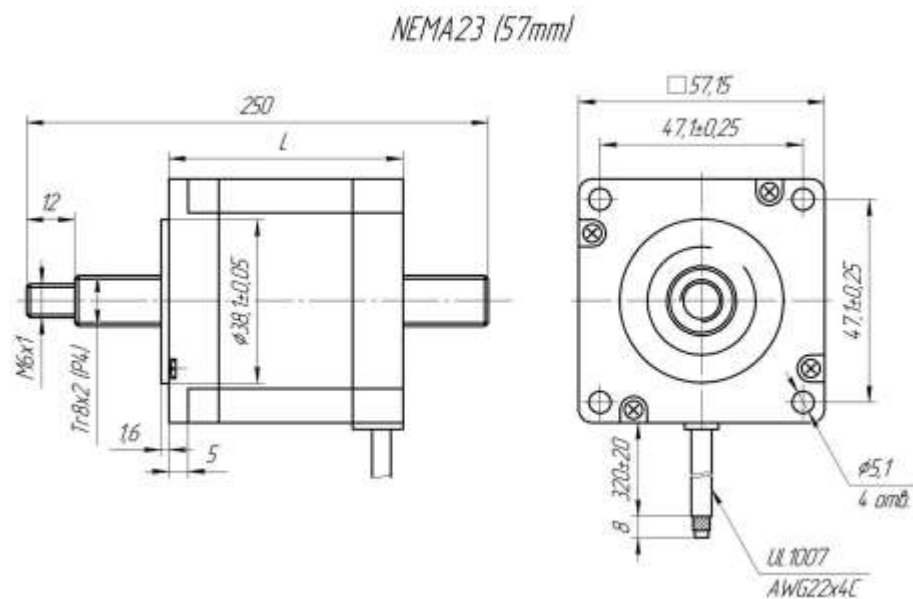


Рисунок 4.7 – Вид загальний крокового двигуна

Лінійний кроковий двигун поєднує в собі кроковий двигун і прямозубу передачу. Коли ротор крокового двигуна обертається на один крок, гвинт рухається пропорційно прямолінійно. Перевагою цих двигунів є проста конструкція, компактність і надійність, що досягається тим, що двигуни не потребують колектора. Тому єдині деталі, які можуть зношуватися, це підшипники та гайки ротора.

Всі інші складові частини системи створення мікроклімату приміщення підбирались із стандартних баз даних та розроблені в системі автоматизованого проектування машин Solid Work. Загальний вигляд проектованої системи показаний на рисунку 4.8 та у графічній частині МРМА 23.00.00.000 ДІЗ.

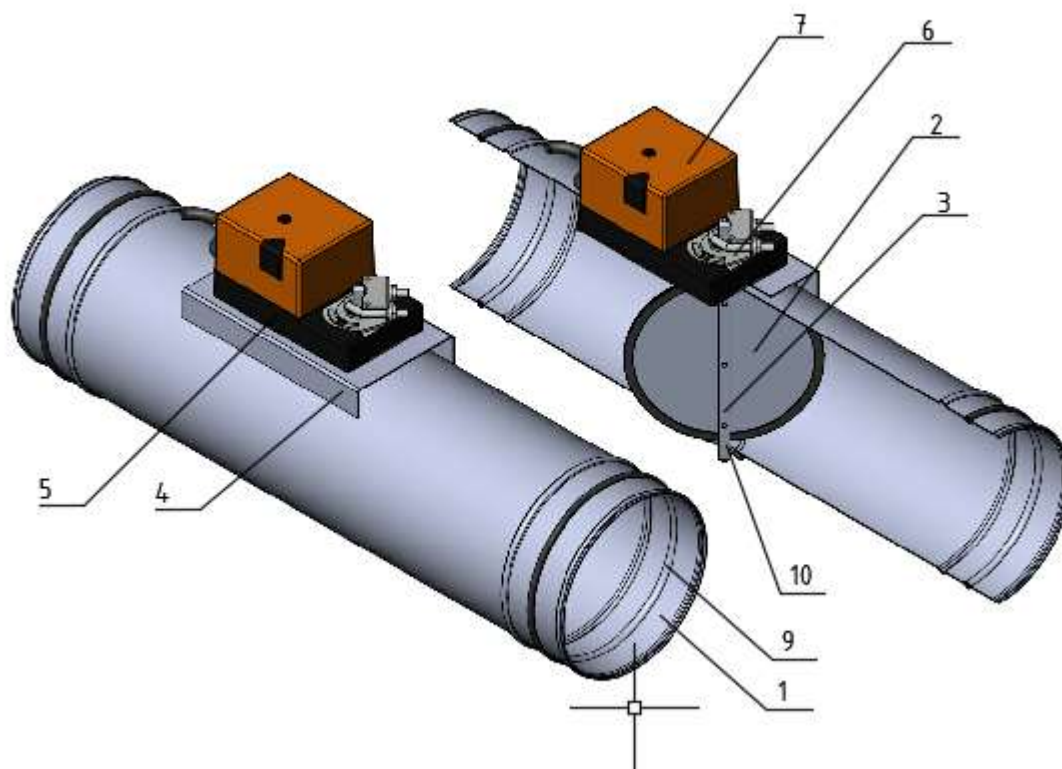


Рисунок 4.8 - Загальний вигляд проектованої системи створення мікроклімату приміщень

Муфту з'єднувальну, у яку помістимо клапан з електромагнітним керуванням візьмемо діаметром 125 мм зі спеціальним ущільненням для забезпечення тиску повітря у системі. Складальне креслення показано у графічній частині магістерської роботи МРМА 23.00.00.000 СК.

За результатами проведеної розробки системи створення мікроклімату приміщень можна зробити наступні висновки:

Ефективність системи: Розроблена система демонструє високу ефективність у створенні та підтриманні комфортних параметрів мікроклімату в примі-

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		90

щенні. Контроль та регулювання температури, вологості та інших параметрів забезпечують оптимальні умови для перебування людей.

**Енергоефективність:** Система володіє високим рівнем енергоефективності завдяки використанню передових технологій управління системою опалення, вентиляції та кондиціонування. Це сприяє зменшенню споживання електроенергії та економії ресурсів.

**Автоматизація та дистанційне управління:** Впровадження автоматизованої системи керування дозволяє забезпечити стабільність параметрів мікроклімату та надає можливість дистанційного моніторингу та управління зручністю користувачам.

**Надійність та безпека:** Система відзначається високим рівнем надійності та безпеки. Застосування сучасних матеріалів та технологій гарантує довгий термін служби та знижує ризик виникнення аварійних ситуацій.

**Екологічна придатність:** Розроблена система враховує принципи сталого розвитку та має мінімальний вплив на навколишнє середовище.

Отже, розроблена система створення мікроклімату приміщень є перспективною та може бути успішно впроваджена у різноманітних галузях, де забезпечення комфортних умов перебування є важливим завданням.

Висновок до четвертого розділу.

Розроблено систему для автоматичного керування параметрами мікроклімату приміщенням, зокрема температурою, вологістю та концентрацією вуглекислого газу. Підібрано відповідне обладнання та матеріали та створено модуль пристрою для створення мікроклімату приміщень.

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		91

## ВИСНОВОК

У своїй роботі я розповів, що існують різні типи кондиціонерів, які можна використовувати для різноманітних процесів, від дому, офісу та автомобіля до вирішення проблем для створення комфортних і здорових умов життя на підводних човнах, літаках, у космосі та більше.

Системи кондиціонування повітря забезпечують масштабні та складні процеси обробки повітря, які можуть задовольнити найсучасніші та різноманітні вимоги до параметрів середовища повітря в закритих приміщеннях.

У своїй магістерській роботі я розрахував систему створення мікроклімату в приміщенні.

Для цього спочатку було зроблено огляд систем для створення мікроклімату приміщень. Зроблено огляд обладнання, пристроїв та систем для створення мікроклімату приміщень. На підставі проведеного аналізу зроблено висновок про необхідність створення системи, що створює мікроклімат в приміщенні, який автоматично підтримує стандартні параметри температури та вологості.

Зроблено аналіз конструкції та принципу роботи прототипу центрального кондиціонера CDC318 виробництва фірми «Wesper». Здійснено описано призначення основних вузлів та елементів, що планується до монтажу в електропобутовий пристрій для створення мікроклімату приміщень.

Здійснено аналіз будівлі у якій буде встановлено обладнання для створення мікроклімату. Зроблено розрахунок теплового балансу приміщення. Проведено аналіз будівельних характеристик матеріалів та характер виконуваних робіт у приміщеннях кафедри. Здійснено вибір устаткування для системи кондиціонування повітря приміщення.

Розроблено систему для автоматичного керування параметрами мікроклімату приміщенням, зокрема температурою, вологістю та концентрацією вуглекислого газу. Підібрано відповідне обладнання та матеріали та створено модуль пристрою для створення мікроклімату приміщень.

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		92

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Д. П. Семенюк, О. В. Петренко. Холодильне обладнання. Київ: Світ книг. 2021. - 63 с.
2. Возняк О.Т. Теплогазопостачання та вентиляція. Львівська політехніка. 2018. -325 с.
3. Коляда В. В. Сучасні кондиціонери. Монтаж, експлуатація и ремонт. Солон-Прес, Ремонт и Сервіс XXI, 2010. - 176 с.
4. В.І. Назаров, В.И. Риженко. Побутові та автомобільні кондиціонери. Онікс, 2006. - 33 с.
5. Теплотехніка та енергетичні машини. Розрахунок системи кондиціонування: Розрахункова робота. [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальностей 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: В.В. Дубровська, В.І. Шкляр. – Електронні текстові дані. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 56 с
6. Планета клімату. системи кондиціонування та вентиляції. Каталог продукції. Нові модульні теплові насоси та холодильні машини від компанії mitsubishi electric. Код доступу:  
<https://planetaklimata.com.ua/ua/news/?msg=3198&curPos=>
7. Ананьєв В.А., Балусєва Л.Н., Гальперін А.Д., Городов А.К., Єремін М.Ю. Системи вентиляції та кондиціонування. Евроклімат, 2003. - 208 с.
8. Коляда В. В. Ремонт холодильників. «Солон-Р». 2000, №35. – 431с., іл.
9. Коляда В. В. Кондиціонери. СОЛОН-Пресс. 2002. - 240 с, іл.
10. Кашкаров А. П.. Установка, ремонт та обслуговування кондиціонерів. ДМК Прес. 2011. - 321 с.
11. Системи вентиляції та кондиціонування, теорія і практика. Журнал «Світ Клімату». № 15. 2003р.
12. Петко І.В., Бурмістенков О.П., Біла Т.Я., Скиба М.Є. Електропобутова техніка: підручник для студентів вищих навчальних закладів/ І.В. Петко,

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		93

О.П.Бурмістенков, Т.Я.Біла, М.Є.Скиба. – Хмельницький: ХНУ, 2017. – 213 с.

13. W Peter Jones. Air Conditioning Engineering. Routledge. 2000. – 528 p.

14. Нікульшин В.Р., Височин В.В. Теплові насоси та кондиціонери. Техніка. Київ. 2014. Електронне видання. Код доступу <https://textbook.com.ua/tehnika/1473453333/s-1>

15. Проектування ремонтних та технологічних цехів галузі: методичні вказівки до виконання розрахунково-графічних робіт для студентів напрямку підготовки «Машинобудування» /Г.Б.Параска, С.В. Смутко, С.П. Лісевич. – Хмельницький: ХНУ, 2020. – 63 с.

16. Eric Kleinert HVAC And Refrigeration Preventive Maintenance. - McGrawHill. 2014. - 400 p.

17. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу «Побутові машини та прилади». Воронін Г.Ф., Коротич О.О. Хмельницький. ТУП. 2000. - 35с.

18. Електропобутова техніка. Ч1. Холодильна побутова техніка та системи кондиціонування: лабораторний практикум для здобувачів вищої освіти спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»/ упоряд.: О.О. Коротич, О.С.Поліщук, М.Є. Скиба. Хмельницький: ХНУ, 2021. 221 с.

19. Кваліфікаційна робота магістра: методичні вказівки для студентів спеціальностей «Галузеве машинобудування», «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» /М.Є.Скиба, О.С.Поліщук, С.Л.Горященко, П.С.Майдан, В.І.Онофрійчук. – Хмельницький: ХНУ, 2018. -33 с.

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		94

# ДОДАТКИ

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата		95