

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

**Факультет інженерних систем і екології
Кафедра теплогазопостачання і вентиляції**

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

на тему:

**ВПЛИВ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ ПРИПЛИВНИХ
ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ УСТАНОВОК НА РІВЕНЬ ЇХ
ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ**

ІВАНІВ МАКСИМ ОЛЕГОВИЧ

(прізвище, ім'я та по батькові студента повністю)

Київ 2025 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

**Факультет інженерних систем і екології
Кафедра теплогазопостачання і вентиляції**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Д.е.н., професор Предун К.М.

«___» _____ 20__ р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

**ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

на тему:

**ВПЛИВ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ ПРИПЛИВНИХ
ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ УСТАНОВОК НА РІВЕНЬ ЇХ
ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ**

Виконав студент групи ТВм-24-1

Спеціальність: будівництво та цивільна інженерія

Спеціалізація: теплогазопостачання і вентиляція

Іванів Максим Олегович
(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

Керівник Ваколюк А.С.
(прізвище та ініціали)

К.Т.Н., доцент
(вчене звання, науковий ступінь)

Ідентичність підтверджую

Київ 2025р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: інженерних систем і екології

Кафедра: теплогазопостачання і вентиляції

Освітній рівень: «магістр за ОПП/ОНП»

Спеціальність: будівництво та цивільна інженерія

Спеціалізація: теплогазопостачання і вентиляція

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан факультету

д.т.н., професор Приймак О.В.

«___»_____20__ р.

ЗАВДАННЯ

**ДО ВИКОНАННЯ АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

ІВАНІВ МАКСИМУ ОЛЕГОВИЧУ

(прізвище, ім'я та по батькові студента)

1. Тема роботи «Вплив конструктивних рішень припливних установок на рівень їх енергоспоживання»

затверджена наказом ректора КНУБА №___ від «___»_____20__ р.

2. Керівник роботи

Ваколюк Анатолій Степанович, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я та по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання студентом роботи до захисту_____

4. Зміст пояснювальної записки за розділами:

Розділ 1. Заходи з енергозбереження в системах вентиляції

Розділ 2. Технічні рішення

Розділ 3. Аналіз впливу конструктивних рішень припливних установок на рівень їх енергоспоживання

Розділ 4. Автоматика

Розділ 5. Охорона праці

Розділ 6. Технології моніторингу мікроклімату

5. Графічний матеріал за розділами

Розділ 2. Листи 1-5 (по поверхові плани будівлі з нанесенням систем опалення, вентиляції та кондиціонування, аксонометричні схеми систем мікроклімату, схеми конденсатовідведення)

Розділ 3. Листи 6-8 (схеми – варіанти розміщення калорифера і нагнітача в структурі повітрообробного агрегату (класична і альтернативна), рівняння для розрахунку характеристик обладнання за реальних умов роботи, рівняння для визначення енергетичних показників роботи вентилятора, характеристика нагнітача припливно – витяжної установки системи ПВ1, ілюстрації зміни аеродинамічних параметрів роботи нагнітача при зміні температури зовнішнього повітря за умови роботи за схемою I та схемою II, висновки)

7. Календарний план виконання роботи:

| Види робіт та їх зміст | Дата виконання |
|--|----------------|
| Розділ 1. Заходи з енергозбереження в системах вентиляції | |
| Розділ 2. Технічні рішення | |
| Розділ 3. Аналіз впливу конструктивних рішень припливних установок на рівень їх енергоспоживання | |
| Розділ 4. Автоматика | |
| Розділ 5. Охорона праці | |
| Розділ 6. Технології моніторингу мікроклімату | |
| Остаточне оформлення роботи | |
| Направлення роботи на рецензування, перевірку на плагіат | |
| Попередній захист роботи на кафедрі | |

8. Консультанти розділів атестаційної випускної роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Перевірив | |
|----------|---|-----------|--------|
| | | Дата | Підпис |
| Розділ 4 | | | |
| Розділ 5 | | | |

9. Дата видачі завдання _____

Зав. кафедри _____ Предун К.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник _____ Ваколюк А.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Студент _____ Іванів М.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

| | | | | | |
|--|--|----------|---------|------------------------|---------------------|
| РЕЗЮМЕ (summary) до атестаційної випускної роботи студента: | | | | Іванів Максим Олегович | |
| Заклад вищої освіти | Київський національний університет будівництва і архітектури | | | | |
| Тема АРМ | Вплив конструктивних рішень припливних установок на рівень їх енергоспоживання | | | | |
| | The influence of design solutions of air-supply units on the level of their energy consumption | | | | |
| Освітній ступень | Магістр за освітньо-професійною/науковою програмою навчання | | | | |
| Факультет | Факультет інженерних систем та екології | | | | |
| Кафедра | Теплогазопостачання та вентиляції | | | | |
| Спеціальність | Будівництво та цивільна інженерія | | | | |
| Спеціалізація | Теплогазопостачання та вентиляції | | | | |
| Керівник | Ваколюк Анатолій Степанович, к.т.н., доцент, доцент | | | | |
| Обсяг роботи: | Пояснювальна записка | | | | Креслень формату А1 |
| | сторінок | розділів | таблиць | рисуноків | |
| | | 6 | 13 | 26 | 8 |
| Розділ 1. Назва | Заходи з енергозбереження в системах вентиляції | | | | |
| Розділ 2. Назва | Технічні рішення | | | | |
| Розділ 3. Назва | Аналіз впливу конструктивних рішень припливних установок на рівень їх енергоспоживання | | | | |
| Розділ 4. Назва | Автоматика | | | | |
| Розділ 5. Назва | Охорона праці | | | | |
| Розділ 6. Назва | Технології моніторингу мікроклімату | | | | |
| Висновки по роботі: | Розрахунковим шляхом встановлено, що при роботі системи за розрахунковими параметрами зовнішнього повітря за умови реалізації схемного рішення II рівень енергоспоживання вентилятора на 12,4% менший ніж при реалізації схемного рішення I. У випадку роботи за середнім значенням температури зовнішнього повітря за опалювальний період - на 14,6%. | | | | |
| Ключові слова: система вентиляції, нагнітач, калорифер, енергетичний показник роботи вентилятора, рівень енергоспоживання Keywords: ventilation system, blower, heater, energy performance of the fan, energy consumption level | | | | | |

Керівник _____ Ваколюк А.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Студент _____ Іванів М.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

«___» _____ 20__ р.

ЗМІСТ

| | |
|--|--|
| ВСТУП..... | |
| РОЗДІЛ 1. ЗАХОДИ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦІЇ | |
| 1.1. Існуючі заходи з енергозбереження в системах вентиляції..... | |
| 1.2. Використання ЕС – двигунів..... | |
| 1.3. Використання рекуператорів в структурі припливно – витяжних установок..... | |
| 1.4. Застосування частотно - регульованого електроприводу вентиляторів з метою регулювання витрати повітря..... | |
| Висновки по розділу 1..... | |
| РОЗДІЛ 2. ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ | |
| 2.1. Об’єкт | |
| 2.2. Вибір розрахункових параметрів зовнішнього повітря..... | |
| 2.3. Вибір розрахункових параметрів внутрішнього повітря..... | |
| 2.4. Розробка системи опалення | |
| 2.4.1. Визначення теплової потужності системи опалення приміщень..... | |
| 2.4.2. Характеристика прийнятої системи опалення..... | |
| 2.5. Розробка систем вентиляції | |
| 2.5.1. Визначення повітрообміну в допоміжних приміщеннях..... | |
| 2.5.2. Організація повітророзподілення в допоміжних приміщеннях..... | |
| 2.5.3. Організація повітрообміну в допоміжних приміщеннях..... | |
| 2.5.4. Визначення повітрообміну в основному приміщенні..... | |
| 2.5.5. Схема організації повітрообміну в основному приміщенні..... | |
| 2.5.6. Аеродинамічний розрахунок повітроводів системи ПВ1..... | |
| 2.5.7. Підбір припливно – витяжної установки системи ПВ1..... | |

- 2.6. Розробка системи кондиціонування
- 2.6.1. Розрахунок надходжень теплоти від людей в основному приміщенні.....
- 2.6.2. Розрахунок надходжень теплоти від джерел штучного освітлення в основному приміщенні.....
- 2.6.3. Розрахунок надходжень теплоти від сонячної радіації.....
- 2.6.4. Розрахунок надходжень теплоти від торговельного обладнання в основному приміщенні.....
- 2.6.5. Характеристика прийнятої системи кондиціонування повітря в торговельному залі, завантажувальній зоні та складі.....
- 2.6.6. Підбір обладнання мультизональної системи кондиціонування.....
- 2.6.7. Розробка систем кондиціонування в допоміжних торговельних приміщеннях.....

РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ ВПЛИВУ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ ПРИПЛИВНИХ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ УСТАНОВОК НА РІВЕНЬ ЇХ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ

- 3.1. Варіанти розміщення вентилятора та повітрянагрівача в структурі повітрообробного агрегату.....
- 3.2. Аналіз впливу конструктивних рішень припливних вентиляційних установок на рівень їх енергоспоживання на прикладі системи ПВ1.....

РОЗДІЛ 4. АВТОМАТИКА

- 4.1. Завдання і переваги автоматизації систем мікроклімату.....
- 4.2. Компоненти системи автоматики.....
- 4.3. Функціональна схема автоматики припливно – витяжної установки з пластинчастим рекуператором та електричним нагрівачем.....

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

- 5.1. Освітлюваність робочих місць.....
- 5.2. Види виробничого освітлення.....
- 5.3. Основні вимоги до виробничого освітлення.....

- 5.4. Штучне освітлення.....
- 5.5. Експлуатація освітлювальних установок.....
- 5.6. Розрахунок штучного освітлення для приміщення торговельного залу.....

РОЗДІЛ 6. ТЕХНОЛОГІЇ МОНІТОРИНГУ МІКРОКЛІМАТУ

- 6.1. Мікроклімат і комфорт у приміщенні.....
 - 6.2. Застосування технологій інтернету речей в системах мікроклімату.....
- ЛІТЕРАТУРА.....

ВСТУП

У сучасному світі люди проводять до 90% свого часу у закритих приміщеннях. Будинки, офіси, навчальні заклади та громадські простори стали середовищем, в якому людина функціонує більшу частину свого життя. Саме тому мікроклімат у приміщенні, тобто сукупність фізичних параметрів, таких як температура, вологість, свіжість та чистота повітря, відіграє ключову роль для здоров'я, продуктивності та загального самопочуття людей. Поганий мікроклімат може стати причиною різних захворювань і безпосередньо впливає на ефективність роботи та навчання. Проблема мікроклімату актуальна не тільки з погляду здоров'я, але й з позиції енергоефективності. Системи опалення, вентиляції та кондиціонування (HVAC), доповнені системами моніторингу мікроклімату, можуть підтримувати комфортні умови у приміщенні, одночасно знижуючи витрати на енергоресурси. Це особливо важливо в умовах зміни клімату, коли скорочення енергоспоживання стає одним із глобальних викликів людства.

Актуальність проблеми контролю мікроклімату пов'язана ще й з тим, що в більшості країн існують суворі нормативи, що регулюють параметри мікроклімату в житлових, виробничих та громадських будівлях. Недотримання цих стандартів може призвести не тільки до погіршення здоров'я людей, але й до юридичних та фінансових наслідків.

Таким чином, проблема мікроклімату в приміщенні - це не просто питання комфорту, а гостра потреба людей в умовах урбанізації, збільшення часу, що проводиться у приміщеннях, та нових викликів, таких як зміна клімату та пандемії.

Ефективне використання енергії має важливе значення для України, оскільки вона є енергодефіцитною країною, а це важкий тягар для економіки країни, що призводить до кризових явищ як в економіці, так і соціальній сфері та обумовлює значну залежність від країн-експортерів енергоносіїв.

Енергетична галузь – одна з основних галузей промисловості, від функціонування якої залежить стан економіки країни. Основна частина електроенергії України (близько 70 %) виробляється на теплових електростанціях за рахунок спалювання викопного органічного палива. Менше ніж 25 % виробленої енергії забезпечується процесами горіння рідкого і газоподібного палива. Інша частина продукції теплоенергетики України визначається процесами горіння твердого палива вугілля, причому спостерігається тенденція до скорочення споживання мазуту і природного газу й зростання частки твердого палива, споживаного теплоелектростанціями.

Все обладнання систем мікроклімату є споживачами електричної та теплової енергії. А беручи до уваги рівень споживання всіх видів енергоносіїв даними інженерними системами протягом року можна вважати їх одними з основних споживачів. Тому роботи, які спрямовані на скорочення рівня споживання теплової та електричної енергії системами мікроклімату є достатньо актуальними. Це дасть можливість не тільки знизити матеріальні витрати на експлуатацію цих систем, але й буде мати певний екологічний ефект за рахунок скорочення кількості викидів в атмосферу в процесі спалювання різних видів палива.

РОЗДІЛ 1

ЗАХОДИ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦІЇ

1.1. Існуючі заходи з енергозбереження в системах вентиляції

Підвищення ефективності вентиляційних систем протягом останніх десятиліть - актуальне завдання. Цим зумовлено наявність безлічі різних технічних рішень, пропонованих на сьогоднішній день вентиляційною промисловістю [8].

Техніко-економічна оцінка ефективності заходів щодо зниження енергоспоживання систем вентиляції та кондиціонування є складним багатофакторним завданням. По-перше, повноцінний аналіз вимагає розгляду декількох процесів обробки повітря: транспортування повітря, очищення, охолодження, нагрівання, осушення, зволоження, утилізація теплоти. По-друге, для перерахованих процесів існують такі технічні рішення, які відрізняються один від одного як технічним втіленням, так і фізичними принципами роботи.

Енергозбереження в системах вентиляції і кондиціонування обумовлено двома напрямками обумовлено скороченням споживання двох видів енергії – теплової та електричної. Слід зазначити, що споживання теплової енергії цими системами значно перевищує споживання електричної. Теплова енергія в системах обробки повітря витрачається на його підігрівання в зимовий період року від параметрів зовнішнього повітря до параметрів припливного. При чому чим нижчі попередні. Тим більшу кількість теплоти необхідно витратити. Електрична ж енергія витрачається на привід двигунів вентиляторів, які забезпечують пересування повітря в системі.

Для промислових споживачів часто теплоспоживання і електроспоживання співвідносяться, як 10:1. Проте, враховуючи великі витрати на переміщення повітря системами вентиляції і кондиціонування повітря, кажучи про енергозбереження у вказаних системах,

не можна нехтувати витратами електроенергії на створення потоків повітря [6].

Деякі заходи з енергозбереження в системах вентиляції і кондиціонування разом з експертною оцінкою можливого потенціалу наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Деякі заходи з енергозбереження в системах вентиляції і кондиціонування разом з експертною оцінкою можливого потенціалу

| № | Зміст заходу | Оцінка потенціалу енергозбереження |
|---|--|--|
| 1 | Застосування рециркуляції в системах вентиляції та кондиціонування повітря | Економія залежить від ступеню рециркуляції витяжного повітря. |
| 2 | Застосування рекуперації повітря на витяжних системах вентиляції та кондиціонування повітря | Дає економію 20...70 %. Економія залежить від ефективності рекуперативного теплообмінника-утилізатора теплоти витяжного повітря. |
| 3 | Застосування рекуператорів з перенесенням вологи між витяжним та припливним повітрям | Підвищує економію у порівнянні з утилізатором тільки явної теплоти додатково до 30 % |
| 4 | Застосування регенерації повітря на витяжних системах вентиляції та кондиціонування повітря | Економія залежить від ефективності регенеративного теплообмінника-утилізатора теплоти витяжного повітря. |
| 5 | Застосування двох рекуперативних теплообмінників повітря на припливних і витяжних системах вентиляції та кондиціонування повітря | Економія залежить від ефективності системи з двох теплообмінників утилізаторів теплоти витяжного повітря |

Продовження таблиці 1.1.

| 1 | 2 | 3 |
|----|---|--|
| 6 | Наявність автоматичних регуляторів на припливних системах вентиляції | Дає до 10 % економії тепла і 25...30 % електроенергії |
| 7 | Теплова ізоляція повітроводів в місцях прокладення з пониженою температурою повітря | Можлива економія теплоти та холоду при якісному виконанні теплоізоляції досягає 10...15 % |
| 8 | Застосування частотно-регульованого електроприводу вентиляторів з метою регулювання витрати повітря | Нові оптимальні способи кількісного регулювання дозволяють знизити витрату електроенергії на переміщення повітря у витяжних системах на 6...26 % та у припливних системах на 3...12 % від величини споживання вентилятором в розрахунковому режимі |
| 9 | Спільне застосування загальнообмінної та місцевої вентиляції у вигляді місцевих відсмоктувачів, повітряних завіс і т.д. | Економія визначається розрахунковим шляхом. |
| 10 | Локалізація припливу та витяжки (пристрій повітряних оазисів, душуювання, локалізація припливу) | Зменшення повітрообміну при роботі СКП на 25...50 % |
| 11 | Усунення підсмоктування та витоків повітря через нещільності повітроводів | Зниження витрат на переміщення повітря вентиляторам на 9...10 % (електроенергії) |
| 12 | Зменшення аеродинамічних втрат при руху повітря в повітроводах | Підвищення холодильного навантаження СКП приблизно на 10...16 % на кожні 1000 Па втрат на тертя |

1.2. Використання ЕС - двигунів

Одним із ключових компонентів механічної вентиляції є двигун. Всі світові виробники вентиляційного обладнання поступово замінюють традиційні асинхронні двигуни на ЕС-двигуни (Electronically Commutated

Motors). На відміну від традиційних вентиляторів, які працюють на двигунах змінного струму, ЕС-вентилятори використовують інноваційні електронно-комутовані двигуни (ЕС-двигуни). Це означає, що вони не лише споживають менше енергії, але й можуть точно регулювати свою роботу, адаптуючись до ваших потреб.

ЕС-вентилятори, на відміну від традиційних систем на базі двигунів змінного струму (АС), працюють за принципом електронно-комутованої технології. Це забезпечує не лише енергоефективність, але й цілий спектр функціональних переваг.

Конструкція ЕС – двигуна наведена на рис. 1.1.



Рис.1.1. Конструкція ЕС – двигуна

ЕС-мотор має зовнішній ротор із постійними магнітами та статор з обмотками. Контролер, використовуючи дані від датчиків Холла, визначає положення ротора і змінює напрямок струму в обмотках статора. Це створює магнітне поле, яке обертає ротор з заданою швидкістю.

PID-регулятор забезпечує плавне регулювання швидкості, враховуючи зовнішні параметри (тиск, температура).

Вбудований інвертор дозволяє підключати двигун як до постійного, так і змінного струму (220 В, 380 В).

На відміну від АС-двигунів, де енергія втрачається через тертя щіток і нагрівання обмоток, ЕС-двигун має ККД 80–90%. Це досягається завдяки постійним магнітам і відсутності механічного комутатора. Вбудована електронна схема дозволяє точно контролювати швидкість обертання та оптимізувати споживання електроенергії.

Ключові відмінності ЕС – двигуна від АС – двигуна наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Ключові відмінності ЕС – двигуна від АС – двигуна

| Параметр | ЕС-вентилятор | АС-вентилятор |
|-----------------------|---|--|
| ККД | 80–90% | 60–70% |
| Пусковий струм | Плавний пуск (без перевантажень) | В 3–7 разів вищий за номінальний |
| Регулювання швидкості | Плавне, електронне, через PID-регулятор | Частотний перетворювач або трансформатор |
| Енергоспоживання | До 50% нижче | Фіксоване або змінне |
| Шум/вібрації | <45 дБ, мінімальні | 50–70 дБ, значні вібрації |
| Термін служби | 60 000 - 80 000 годин | 20 000–40 000 годин |

До основних переваг ЕС – двигунів можна віднести:

- **високий коефіцієнт корисної дії (ККД).** Завдяки своєму принципу дії максимально ефективно перетворюють електричну енергію на механічну. Це зменшує «втрати» в тепло, дозволяє вентилятору працювати за нижчих витрат електроенергії та водночас забезпечувати потрібну продуктивність;
- **точне електронне керування швидкістю.** У вбудованій електронній частині ЕС-двигуна передбачено гнучкі можливості регулювання. Може

бути заданий будь-який режим роботи — від мінімальних обертів до максимальної потужності, а також автоматизувати роботу під конкретні умови (наприклад, підвищення або зниження температури, рівня CO₂ тощо). Регулювати швидкість обертів може або ручний регулятор з керуючим сигналом 0-10 В або контролер. Використання керування за допомогою контролера та датчиків дає найкращі результати: забезпечує точні налаштування під конкретні умови експлуатації: швидкість потоку повітря, тиск, температурний режим тощо. Традиційні АС-вентилятори не здатні на таку гнучкість без додаткових, часто громіздких і дуже дорогих зовнішніх пристроїв керування;

- **знижене енергоспоживання.** Завдяки високому ККД та інтелектуальному керуванню, ЕС-вентилятори суттєво економлять енергію. Вентилятор працює рівно стільки, скільки потрібно для підтримання заданих параметрів, а не на повному навантаженні постійно. Наприклад, підвищився рівень вологості у приміщенні, вентиляція автоматично підвищує свою продуктивність. Коли рівень знижується до необхідного, вентиляція переходить на середню або мінімальну швидкість;
- **тиха робота.** Внаслідок відсутності механічного тертя (не використовуються щітки чи колектор), ці вентилятори генерують менше шуму та вібрацій. Це особливо важливо для житлових приміщень чи офісів, де комфортне акустичне середовище має велике значення;
- **збільшений строк служби.** Безколекторний принцип роботи дає змогу вентилятору працювати довше й надійніше. Відсутність швидкозношуваних деталей знижує ймовірність частих поломок та необхідність регулярного обслуговування;
- **зручне керування та автоматизація.** У багатьох ЕС-вентиляторах передбачені додаткові функції, такі як підключення до систем «розумний дім», дистанційне керування через Wi-Fi або інтеграція в загальнобудинкові BMS-системи (Building Management System).

До недоліків ЕС – двигунів відносяться:

- **вища початкова вартість.** Зазвичай ціна на ЕС-вентилятори перевищує вартість традиційних АС-моделей через використання дорожчих компонентів у двигуні;
- **чутливість електроніки.** Вбудована електроніка може бути вразливою до перепадів напруги чи екстремальних температур. Тому в умовах нестабільної електромережі чи агресивного середовища важливо передбачити додатковий захист і правильний монтаж [7,8].

1.3. Використання рекуператорів в структурі припливно – витяжних установок

Ключову роль серед енерговитрат в системах вентиляції грає температурна обробка повітря. Саме за енергоефективність цього процесу відповідають більшість сучасних технічних засобів, які підвищують екооомічність систем вентиляції та кондиціонування [9].

Основним напрямком в цій галузі техніки можна з упевненістю назвати використання властивостей витяжного повітря для зниження енергоспоживання. Приведення у відповідність теплофізичних параметрів повітря, що видаляється з приміщення, і повітря, що забирається з вулиці за рахунок природних процесів теплообміну, обґрунтована вважається ефективним методом зниження загальних енерговитрат.

Серед засобів теплоутилізації, що застосовуються в системах вентиляції і кондиціонування можна виділити дві групи пристроїв: пасивного і активного типу. Пристрої пасивного типу характеризуються нульовим або дуже незначним енергоспоживанням по відношенню до переданої теплової енергії. До пасивного типу можна віднести пластинчасті рекуператори, роторні регенератори, теплові трубки, а також теплообмінні апарати з проміжним теплоносієм. Продуктивність даних пристроїв варіюється в залежності від конструкції.

На сьогодні найефективнішими є роторні регенератори, здатні, за деякими оцінками, на 85 % (в енергетичному вираженні) знизити витрату енергії, спрямовану на теплову обробку повітря, що подається в приміщення за рахунок теплоутилізації [8]. Зовнішній вигляд роторного утилізатора теплоти наведений на рис. 1.2.

Однак конструктивні особливості таких регенераторів накладають технологічні, а в деяких випадках і нормативні обмеження на їх застосування. Зумовлена конструкцією можливість змішування припливного і витяжного повітря не дозволяє використовувати їх на деяких об'єктах, де таке змішування неприпустимо. До таких об'єктів належать підприємства громадського харчування, установи охорони здоров'я та деякі виробничі приміщення.

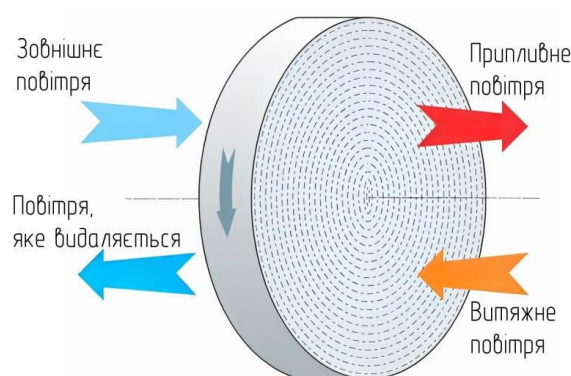


Рис.1.2. Зовнішній вигляд роторного утилізатора теплоти

Великі габарити роторних блоків також обмежують їх застосування — в більшості випадків поперечний переріз інших елементів вентиляційної мережі необхідно збільшувати до розмірів роторного регенератора, що в цілому збільшує габарити і вартість вентиляційного обладнання, а також створює додаткові технологічні та економічні труднощі під час модернізації наявних вентиляційних систем.

До основних переваг роторних утилізаторів можуть бути віднесені:

- **висока ефективність.** Коефіцієнт рекуперації теплоти досягає 85-90%;

- **передача вологи.** Можливість передавати частину вологи, зберігаючи оптимальний рівень вологості в приміщенні;
- **відсутність обмерзання.** Завдяки постійному руху ротора, ризик обмерзання мінімальний.

До недоліків:

- **складність конструкції.** Наявність рухомих частин вимагає регулярного обслуговування;
- **можливість перетікання повітря.** Невелика частина витяжного повітря може змішуватися з припливним;
- **збільшені габаритні розміри.** Вентиляційні установки з таким типом рекуперації займають більше місця та мають більшу вагу;
- **висока вартість.** Для користувача вартість обладнання та обслуговування може бути високою [8].

Ефективність рекуперації пластинчастих утилізаторів теплоти нижча за ефективність роторних і в своєму максимумі може досягати 75%. Корпус пластинчастого рекуператора створений із оцинкованої сталі. Пластинчастий рекуператор має поверхню, яка представляє пакет тонких спеціальних алюмінієвих пластин. Пластини рекуператора забезпечують високоефективну теплопередачу.

Зовнішній вигляд пластинчастого теплоутилізатора наведено на рис. 1.3.

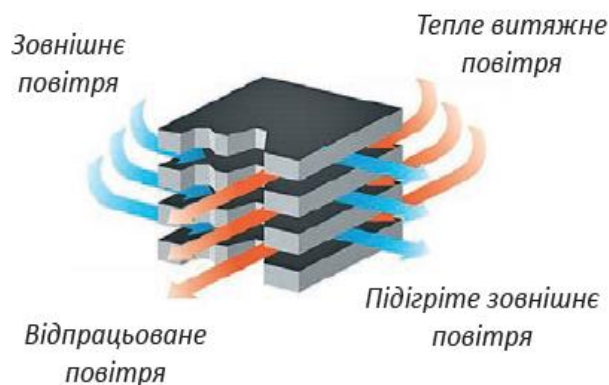


Рис.1.3. Зовнішній вигляд пластинчастого теплоутилізатора

У пластинчастих рекуператорах є можливість концентрації деякої кількості конденсату. У більшості випадків комплект постачання рекуператорів пластинчастий має у складі штуцер. Цей елемент встановлюється на нижню панель рекуператора і використовується для відведення конденсату [10].

До переваг пластинчастих рекуператорів відносяться:

- **простота конструкції.** Відсутність рухомих частин, що зменшує ризик поломок;
- **доступна вартість.** Відносно недорогі у виробництві та обслуговуванні.

До недоліків:

- **відсутність передачі вологи.** Не можуть передавати вологу між потоками, що може призвести до пересушування повітря взимку або необхідності додатково зволожувати повітря окремими системами зволоження.
- **ризик обмерзання.** При низьких зовнішніх температурах можливо обмерзання пластин. Щоб цього не відбувалося, установки обладнані захистом від обмерзання. У процесі рекуперації іноді утворюється конденсат, який збирається у піддоні. Цей конденсат необхідно відводити у систему каналізації таким же чином, як це робиться у систем кондиціонування.

Також в системах вентиляції і кондиціонування окрім роторних і пластинчастих утилізаторів теплоти з метою зниження енергоспоживання використовують системи утилізації теплоти з проміжним теплоносієм (СУПТ) або RAC (Run Around Coil), які також відносяться до групи пасивних засобів утилізації.

Системи утилізації теплоти видаляемого повітря СУПТ складаються з теплоутилізаційних блоків (ТУБ), які розташовані в каналах видаляемого повітря та припливних установках.

ТУБ в каналах видаляемого повітря комплектуються теплоутилізаторами - повітроохолоджувачами, а в каналах припливного повітря -

теплоутилізаторами-повітронагрівниками. Всі ТУБ з'єднані трубопроводами в замкнутий циркуляційний контур, по якому за допомогою насоса переміщується проміжний теплоносій. Теплоносій при проходженні через ТУБ у потоці холодного зовнішнього повітря охолоджується, нагріваючи припливне повітря.

Найбільш поширеними є СУПТ з рекуперативними теплоутилізаторами, що використовують теплоту видаляемого з приміщень повітря систем загальнообмінної вентиляції і теплоту видаляемого повітря. При утилізації теплоти низькотемпературного повітря, як правило, не забезпечується необхідний нагрів припливного повітря. У цьому випадку необхідно підводити додаткову теплоту від первинного джерела теплоти (ТЕЦ, котельні), передбачаючи догрівання повітря в додаткових повітронагрівачах або додатковий підігрів проміжного теплоносія у водонагрівачі.

У першому випадку системи мають назву СУПТ без підігріву проміжного теплоносія (рис. 1.4 а), а в другому випадку СУПТ з підігрівом проміжного теплоносія (рис. 1.4 б).

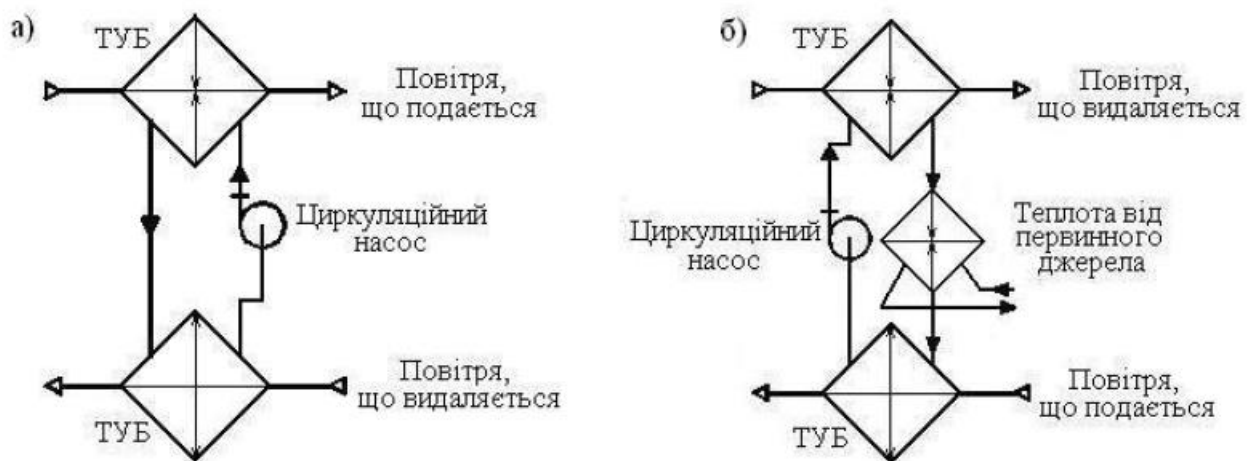


Рис.1.4. Схеми систем утилізації теплоти з проміжним теплоносієм без підігріву (а) і з підігрівом (б)

Температурна ефективність СУПТ без підігріву на 10-20% вища, ніж СУПТ з підігрівом, але конструктивні рішення (внаслідок необхідності встановлення додаткових повітропідігрівачів, підмішуючих насосів і т. ін.) і автоматизація першої системи дещо складніша. Доцільність застосування однієї із систем визначається техніко-економічним співставленням.

В СУПТ в якості проміжного теплоносія можуть використовуватись вода або незамерзаючі розчини, які не містять активних речовин, що спричиняють корозію внутрішньої поверхні трубок, і задовольняють санітарно-гігієнічним вимогам.

Утилізатори з проміжним теплоносієм або RAC (Run Around Coil) мають ширший потенціал модернізації. Крім вбудованих у вентиляційну мережу теплообмінних апаратів ці пристрої містять у своїй принциповій конструкції контур теплоносія, що дозволяє на додаток до інтенсифікації теплообмінних процесів забезпечити гнучкіше управління утилізованою енергією.

Включення в контур теплоносія теплоаккумуляторів, уможливило приведення у відповідність фактично утилізованих обсягів теплової енергії і реальної потреби системи вентиляції, а також використання альтернативних джерел теплової енергії для енергопостачання.

Застосування систем RAC практично нічим не обмежено. Такі системи дозволяють забезпечити повне розділення потоків припливного і витяжного повітря, при цьому габарити теплообмінних апаратів можна скоригувати для відповідності іншим компонентам вентиляційних мереж, і їх розташування можна змінювати в залежності від необхідної конфігурації обладнання. За показниками енерго- ефективності ці пристрої на сьогоднішній день також поступаються іншим пристроям пасивного типу, демонструючи розрахункову економію енергії не більше 45 % .

Серед загальних характерних властивостей систем теплоутилізації пасивного типу можна виділити неможливість забезпечення за їх рахунок повного обсягу температурної обробки повітря. Очевидно, що для зрівнювання температур на лініях припливної та витяжної вентиляції площа

теплообмінного апарату, що забезпечує передачу теплової енергії, повинна бути нескінченною, а втрати на стадії перенесення енергії, наприклад в системах RAC повинні повністю бути відсутні. Кінцеве збільшення площі теплопередавальної поверхні так обмежено супутнім збільшенням аеродинамічного опору теплообмінного апарату, що приводить до збільшення енергоспоживання вентиляторів вентиляційної мережі. Оскільки повністю нагріти або охолодити повітря тільки за рахунок засобів пасивної утилізації на практиці неможливо, то в доповнення до їх використання неминуча установка нагрівачів або охолоджувачів, що також підвищує вимоги до потужності вентиляторів.

Для наведених апаратів пасивного типу, що працюють на забезпечення нагрівання повітря за низьких температур зовнішнього повітря характерна можливість обмерзання. Дослідження процесів обмерзання, а також способів зменшення його впливу на ефективність систем вентиляції активно ведеться в нашій країні і за кордоном. Наявність ризику обмерзання, що приводить до повного або часткового блокування каналів теплообмінного апарата, не дозволяє використовувати весь потенціал цих апаратів в період їх максимальної затребуваності. Для захисту різних типів утилізаторів необхідне застосування методів регулювання, що знижують їх продуктивність в періоди ризику обмерзання: циклічна робота для пластинчастих рекуператорів, зниження частоти обертання роторів регенеративних теплообмінних апаратів і регулювання витрат теплоносія за допомогою триходового клапана в схемах RAC.

1.4. Застосування частотно - регульованого електроприводу вентиляторів з метою регулювання витрати повітря

Частотно - регульований електропривід (ЧРЕ) вентиляторів використовується для точного регулювання витрати повітря, що дозволяє досягти значної економії електроенергії. Переваги такого підходу полягають у зниженні споживання енергії на 6-26% у витяжних системах і 3-12% у припливних системах порівняно з вентиляторам з традиційним регулюванням. Це досягається шляхом зміни частоти обертання двигуна, що впливає на продуктивність вентилятора.

Вигляд частотного перетворювача наведено на рис. 1.5.



Рис.1.5. Вигляд частотного перетворювача

Перш ніж приступати до вибору частотного перетворювача для асинхронного двигуна, потрібно визначитися, в яких умовах він буде експлуатуватися, а також буде він підключатися до побутової електричної мережі (220В) або до промислової (380В). Для однофазних і трифазних мереж використовуються різні моделі цих пристроїв. Слід враховувати також потужність двигуна, для роботи якого ви хочете купити перетворювач частоти. Якщо для його запуску необхідний великий пусковий момент, то частотники потрібно вибирати з великим значенням сили струму.

З інших важливих критеріїв, на які потрібно звертати увагу в першу чергу, наведемо:

- потужність частотного перетворювача: чим вона вища, тим універсальним є цей пристрій. Незважаючи на те, що воно здатне витримувати великі навантаження (до 200-300%), вибрати його потрібно з запасом по потужності в 20-30%;
- тип управління, яке буває векторним, що забезпечує можливість точного регулювання, або скалярним, що підтримує задане співвідношення частоти і вихідної напруги, що підходить тільки для простих завдань і обладнання;
- діапазон напруги, бажано, щоб він був більш широким, щоб захистити частотники від перепадів;
- частота струму на виході – пристрій повинен забезпечувати її регулювання в широкому діапазоні, у перетворювачів частоти для асинхронних двигунів з векторним, а також скалярним керуванням вона доходить до 600 Гц;
- кількість входів і виходів: воно повинно бути достатнім, щоб забезпечити виконання всього алгоритму управління асинхронним двигуном. Краще вибрати пристрій з великим числом входів і виходів, з урахуванням модернізації на перспективу, хоча при цьому ціна частотного перетворювача може бути вище [11].

Частотні перетворювачі стали невід'ємною частиною сучасної автоматизації, завдяки своїй здатності оптимізувати роботу електродвигунів. Принцип їх роботи базується на регулюванні напруги та частоти живлення, що дозволяє точно налаштувати швидкість обертання двигунів відповідно до потреб виробничого процесу. Це забезпечує не лише енергоефективність, але й значне зниження витрат на електроенергію, що є важливим аспектом для будь-якого підприємства.

Однією з основних переваг використання частотних перетворювачів є можливість здійснення плавного старту та зупинки електродвигунів. Це не

тільки зменшує механічні навантаження на обладнання, але й підвищує безпеку експлуатації. Інноваційні рішення у сфері автоматизації дозволяють реалізувати точне регулювання процесів, що сприяє підвищенню якості продукції. Впровадження таких технологій відкриває нові горизонти для підприємств, які прагнуть досягти високих стандартів виробництва.

Крім того, частотні перетворювачі забезпечують гнучкість у налаштуванні різних режимів роботи обладнання. Це означає, що підприємства можуть легко адаптувати свої системи до змін у виробничих вимогах або умовах. Завдяки широкому спектру функцій, таких як захист від перевантаження і короткого замикання, ці пристрої гарантують надійність і довговічність експлуатації. Використовуючи частотні перетворювачі, компанії отримують можливість не лише оптимізувати витрати, а й покращити технічні характеристики свого обладнання.

Переваги частотних перетворювачів:

- **ефективність використання енергії.** Зниження споживання потужності при регулюванні швидкості роботи приводів;
- **зменшення зносу обладнання.** М'який старт і зупинка двигунів продовжують термін їх служби;
- **гнучкість в управлінні.** Легкість налаштування під різноманітні виробничі процеси;
- **системна інтеграція.** Можливість підключення до сучасних систем автоматизації [12].

РОЗДІЛ 2

ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ

2.1 Об'єкт

Об'єктом для розробки систем опалення, вентиляції і кондиціонування в даному випадку виступає торгівельний комплекс в м. Харків.

Основними приміщеннями в комплексі виступають торгівельні зали продовольчих та непродовольчих товарів, які характеризуються надлишками теплоти і вологи, для асиміляції яких у будуть запроєктовані системи вентиляції і кондиціонування.

Окрім них до складу об'єкту входять приміщення складів різного призначення, завантажувальне та розвантажувальне приміщення, гардеробні та душові, санвузли, адміністративні приміщення та приміщення технічного призначення (електрощитові та вузол вводу води).

З метою компенсації втрат теплоти через зовнішні огороджувальні конструкції в холодний період року для всіх приміщень проектується система опалення.

2.2 Вибір розрахункових параметрів зовнішнього повітря

Вибір температурних параметрів зовнішнього повітря в теплий та холодний періоди року регламентуються п. 5.13 [13]. Вибір чисельних значень вищезазначених температур здійснюється з використанням таблиць, наведених у [14].

Для проектування систем опалення, вентиляції та кондиціонування (О,В,К) в холодний період року приймаються параметри найхолоднішої п'ятиденки забезпеченістю 0,92.

Для розробки системи кондиціонування (К) приймаються параметри найжаркішої доби забезпеченістю 0,95.

Результати вибору розрахункових параметрів зовнішнього повітря наведені в табл.2.1.

Таблиця 2.1 – Параметри зовнішнього повітря

| Період року | $t_{\text{ext}}, ^\circ\text{C}$ (О,В,К) | $I_{\text{ext}}, \text{кДж/кг}$ (О,В,К) | $t_{\text{ext}}, ^\circ\text{C}$ (К) | $I_{\text{ext}}, \text{кДж/кг}$ (К) |
|-------------|--|---|--------------------------------------|-------------------------------------|
| Теплий | 25,0 | 52,8 | 29,0 | 56,1 |
| Холодний | -23 | -22,2 | | |

2.3 Вибір розрахункових параметрів внутрішнього повітря

В якості параметрів внутрішнього повітря розглядаються:

- температура, відносна вологість та швидкість руху повітря в робочій зоні приміщення в теплий та холодний періоди року;
- температура припливного повітря в теплий та холодний періоди року;
- температура видаляемого повітря в теплий та холодний періоди року.

Розрахункова температура внутрішнього повітря в приміщеннях торговельного комплексу в холодний період року регламентується [15].

В даному розділі наводять значення розрахункових параметрів внутрішнього повітря для основного приміщення, в якості якого обрано торговельний зал площею 760,64 м².

В результаті для даного приміщення температура повітря в робочій зоні становитиме:

- в теплий період $t_{\text{wz}}^T = 18^\circ\text{C}$;
- в холодний період $t_{\text{wz}}^X = 16^\circ\text{C}$.

Температура припливного повітря приймається:

- теплий період $t_{\text{im}}^T = 25^\circ\text{C}$;
- холодний ,⁰С:

$$t_{\text{in}}^X = t_{\text{wz}}^X - \Delta t \quad (2.1)$$

де Δt - припустима різниця температур при поглинання надлишків теплоти; $\Delta t= 3^\circ\text{C}$.

$$t_{\text{in}}^X = 16 - 3 = 13^\circ\text{C}$$

Всі значення параметрів мікроклімату в приміщеннях наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Розрахункові параметри внутрішнього повітря

| Період року | Температура в робочій зоні, °С | Рухливість повітря в робочій зоні, м/с | Відносна вологість у робочій зоні, % | Температура припливного повітря, °С | Температура повітря, що видаляється, °С |
|-------------|--------------------------------|--|--------------------------------------|-------------------------------------|---|
| Теплий | 18 | 0,4 | 75 | 25 | 20 |
| Холодний | 16 | 0,3 | 75 | 14 | 18 |

2.4 Розробка системи опалення

2.4.1 Визначення теплової потужності системи опалення приміщень

Визначення теплової потужності системи опалення приміщень блоку харчування здійснюється за методикою, наведеною в [16].

Загальні розрахункові тепловтрати приміщення, Вт, визначаються як

$$\Phi_i = (\Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}) \cdot f_{\Delta\theta,i} \quad (2.2)$$

де $f_{\Delta\theta,i}$ – поправочний температурний коефіцієнт, що враховує додаткові тепловтрати в приміщенні при розрахунковій температурі в ньому більше ніж в сусідніх приміщеннях [16];

$\Phi_{T,i}$ - трансмісійні тепловтрати опалювального приміщення, Вт;

$\Phi_{V,i}$ - вентиляційні тепловтрати опалювального приміщення, Вт.

Трансмісійні тепловтрати опалювального приміщення, Вт, обчислюються за формулою

$$\Phi_{T,i} = \sum_k f_k \cdot A_k \cdot U_k \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e), \quad (2.3)$$

де f_k – поправочний температурний коефіцієнт для к-будівельного огороження, що враховує додаткові тепловтрати через мости холоду [16];

A_k – площа теплопередачі к-ї будівельної конструкції огорожень приміщення, м²;

U_k – коефіцієнт передачі теплоти від внутрішнього повітря через k -ту будівельну конструкцію огороження приміщення до зовнішнього середовища, Вт/м²·°С;

$\theta_{int,i}$, θ_e – різниця температур внутрішнього та зовнішнього повітря, °С.

Коефіцієнт передачі теплоти від внутрішнього повітря через будівельну конструкцію до зовнішнього середовища є величиною зворотною величині опору теплопередачі даної огорожувальної конструкції.

М. Харків у відповідності до [17] належить до I кліматичної зони. У відповідності до цього для виконання розрахунків приймається, що фактичні значення опорів теплопередачі огорожувальних конструкцій дорівнюють мінімально припустимим і становлять:

- для зовнішніх стін $R_{ЗС}=4$ (м²·°К)/Вт;
- для суміщеного покриття $R_{СП}=7$ (м²·°К)/Вт;
- для перекриття $R_{ПП}=5$ (м²·°К)/Вт;
- для вікон $R_B=0,9$ (м²·°К)/Вт;
- для зовнішніх дверей $R_{ЗД}=0,7$ (м²·°К)/Вт.

Вентиляційні тепловтрати опалювального приміщення, Вт, обчислюються за формулою

$$\Phi_{V,i} = 0,34 \cdot V_{min,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e), \quad (2.4)$$

де $V_{min,i}$ – мінімальна подача повітря до опалювального приміщення за національними гігієнічними вимогами, м³/год. Вона визначається за нормованою кратністю:

$$V_{min,i} = n_{min} \cdot v_i, \quad (2.5)$$

де n_{min} – мінімальна кратність повітрообміну за санітарно-гігієнічними вимогами [16].

Теплова потужність системи опалення приміщення, Вт, розраховується по формулі

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_i + \Phi_{RH,i} + \Phi_{Q,i} \quad (2.6)$$

Розрахунок виконується в табличній формі.

Визначення теплової потужності системи опалення будівлі, Вт, за спрощеною методикою виконується за формулою

$$\Phi_{HL} = \Sigma\Phi_{T,i} + \Sigma\Phi_{V,i} + \Sigma\Phi_{RH,i} + \Sigma\Phi_{Q,i} \quad (2.7)$$

При визначенні теплової потужності для будівлі, внутрішні трансмісійні та вентиляційні теплові потоки між приміщеннями не враховуються.

Результати розрахунку наведені в таблиці 2.3.

2.4.2 Характеристика прийнятої системи опалення

Компенсація тепловтрат в різних приміщеннях торговельного комплексу передбачена різними шляхами:

- для торговельного залу №1 площею 760 м², завантажувальної зони та складу система опалення реалізуються з використанням мультizonальної VRF – системи, до складу якої входить зовнішній блок та 10 внутрішніх касетних блоків (підбір обладнання із зазначенням потужності та типорозміру наведено в розділі «Вентиляція і кондиціонування»). Також окрім роботи VRF – системи підігрівання внутрішнього повітря здійснюється за рахунок роботи припливно – витяжної системи вентиляції, яка забезпечує подавання підігрітого повітря в приміщення;

- в торговельних приміщеннях 1.1 – 21.1 та інших допоміжних приміщеннях (санвузлах, адміністративних та службових приміщеннях) підігрівання внутрішнього повітря в холодний період року здійснюється за допомогою електричних калориферів. Теплова потужність кожного з встановлених калориферів зазначена на графічній частині проєкту.

Продовження табл.2.3

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
|----------------------|--------|----|-----|------|------|--------|------|---|----|----|----|----|----|-------|-------|------|-----|-----|------|------|------|------|
| 14.1 | 114,71 | 16 | 3С1 | 18 | 3,5 | 63 | 0,25 | 1 | 0 | - | 1 | - | - | 15,75 | - | 2380 | 401 | 137 | 4914 | 1147 | 1233 | 6147 |
| Торгівельний зал №14 | | | 3С2 | 4,4 | 3,5 | 15,4 | 0,25 | 1 | 0 | - | 1 | - | - | 3,85 | - | | | | | | | |
| | | | В1 | 0,85 | 3,50 | 2,98 | 1,11 | 1 | 0 | - | 1 | - | - | 3,31 | - | | | | | | | |
| | | | В2 | 0,85 | 3,50 | 2,98 | 1,11 | 1 | 0 | - | 1 | - | - | 3,31 | - | | | | | | | |
| | | | ВД1 | 2,00 | 2,00 | 4,00 | 0,14 | 1 | 0 | - | 1 | - | - | 0,57 | - | | | | | | | |
| | | | СП | | | 114,71 | 0,20 | 1 | 0 | - | 1 | - | - | 22,94 | - | | | | | | | |
| | | | ПП | | | 114,71 | 0,14 | 1 | 0 | - | 1 | - | - | 16,39 | - | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 66,11 | | | | | | | |
| 15.1 | 66,3 | 14 | 3С1 | 4,4 | 3,5 | 15,4 | 0,25 | 1 | 0 | - | 1 | - | - | 3,85 | - | 1148 | 232 | 79 | 2682 | 663 | 485 | 3167 |
| Торгівельний зал №15 | | | В1 | 0,85 | 3,50 | 2,98 | 1,11 | 1 | 0 | - | 1 | - | - | 3,31 | - | | | | | | | |
| | | | В2 | 0,85 | 3,50 | 2,98 | 1,11 | 1 | 0 | - | 1 | - | - | 3,31 | - | | | | | | | |
| | | | ВД1 | 2,00 | 2,00 | 4,00 | 0,14 | 1 | 0 | - | 1 | - | - | 0,57 | - | | | | | | | |
| | | | СП | | | 66,3 | 0,20 | 1 | 0 | - | 1 | - | - | 13,26 | - | | | | | | | |
| | | | ПП | | | 66,3 | 0,14 | 1 | 0 | - | 1 | - | - | 9,47 | - | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 33,76 | - | | | | | | |
| 16.1 | 66,3 | 14 | 3С1 | 4,4 | 3,5 | 15,4 | 0,25 | 1 | 0 | - | 1 | - | - | 3,85 | - | 1148 | 232 | 79 | 2682 | 663 | 485 | 3167 |
| Торгівельний зал №16 | | | В1 | 0,85 | 3,50 | 2,98 | 1,11 | 1 | 0 | - | 1 | - | - | 3,31 | - | | | | | | | |
| | | | В2 | 0,85 | 3,50 | 2,98 | 1,11 | 1 | 0 | - | 1 | - | - | 3,31 | - | | | | | | | |
| | | | ВД1 | 2,00 | 2,00 | 4,00 | 0,14 | 1 | 0 | - | 1 | - | - | 0,57 | - | | | | | | | |
| | | | СП | | | 66,3 | 0,20 | 1 | 0 | - | 1 | - | - | 13,26 | - | | | | | | | |
| | | | ПП | | | 66,3 | 0,14 | 1 | 0 | - | 1 | - | - | 9,47 | - | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 33,76 | - | | | | | | |

Продовження табл.2.3

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
|----------------------|-------|----|-----|------|------|-------|------|---|----|----|----|----|----|-------|-------|------|-----|----|------|-----|-----|------|
| 17.1 | 65,55 | 14 | 3С1 | 4,4 | 3,5 | 15,4 | 0,25 | 1 | 0 | - | 1 | - | - | 3,85 | - | 1139 | 229 | 78 | 2652 | 656 | 484 | 3136 |
| Торгівельний зал №17 | | | В1 | 0,85 | 3,50 | 2,98 | 1,11 | 1 | 0 | - | 1 | - | - | 3,31 | - | | | | | | | |
| | | | В2 | 0,85 | 3,50 | 2,98 | 1,11 | 1 | 0 | - | 1 | - | - | 3,31 | - | | | | | | | |
| | | | ВД1 | 2,00 | 2,00 | 4,00 | 0,14 | 1 | 0 | - | 1 | - | - | 0,57 | - | | | | | | | |
| | | | СП | | | 65,55 | 0,20 | 1 | 0 | - | 1 | - | - | 13,11 | - | | | | | | | |
| | | | ПП | | | 65,55 | 0,14 | 1 | 0 | - | 1 | - | - | 9,36 | - | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 33,51 | - | | | | | | |
| 18.1 | 65,53 | 14 | 3С1 | 4,4 | 3,5 | 15,4 | 0,25 | 1 | 0 | - | 1 | - | - | 3,85 | - | 1139 | 229 | 78 | 2651 | 655 | 484 | 3135 |
| Торгівельний зал №18 | | | В1 | 0,85 | 3,50 | 2,98 | 1,11 | 1 | 0 | - | 1 | - | - | 3,31 | - | | | | | | | |
| | | | В2 | 0,85 | 3,50 | 2,98 | 1,11 | 1 | 0 | - | 1 | - | - | 3,31 | - | | | | | | | |
| | | | ВД1 | 2,00 | 2,00 | 4,00 | 0,14 | 1 | 0 | - | 1 | - | - | 0,57 | - | | | | | | | |
| | | | СП | | | 65,53 | 0,20 | 1 | 0 | - | 1 | - | - | 13,11 | - | | | | | | | |
| | | | ПП | | | 65,53 | 0,14 | 1 | 0 | - | 1 | - | - | 9,36 | - | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 33,50 | - | | | | | | |
| 19.1 | 62,03 | 14 | 3С1 | 4,4 | 3,5 | 15,4 | 0,25 | 1 | 0 | - | 1 | - | - | 3,85 | - | 1098 | 217 | 74 | 2510 | 620 | 478 | 2988 |
| Торгівельний зал №19 | | | В1 | 0,85 | 3,50 | 2,98 | 1,11 | 1 | 0 | - | 1 | - | - | 3,31 | - | | | | | | | |
| | | | В2 | 0,85 | 3,50 | 2,98 | 1,11 | 1 | 0 | - | 1 | - | - | 3,31 | - | | | | | | | |
| | | | ВД1 | 2,00 | 2,00 | 4,00 | 0,14 | 1 | 0 | - | 1 | - | - | 0,57 | - | | | | | | | |
| | | | СП | | | 62,03 | 0,20 | 1 | 0 | - | 1 | - | - | 12,41 | - | | | | | | | |
| | | | ПП | | | 62,03 | 0,14 | 1 | 0 | - | 1 | - | - | 8,86 | - | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 32,30 | - | | | | | | |

Продовження табл.2.3

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
|----------------------|--------|----|-----|------|------|-------|------|---|----|----|----|----|----|-------|-------|------|-----|-----|------|------|------|------|
| 20.1 | 97 | 14 | ЗС1 | 4,4 | 3,5 | 15,4 | 0,25 | 1 | 0 | - | 1 | - | - | 3,85 | - | 1506 | 340 | 115 | 3925 | 970 | 536 | 4460 |
| Торгівельний зал №20 | | | В1 | 0,85 | 3,50 | 2,98 | 1,11 | 1 | 0 | - | 1 | - | - | 3,31 | - | | | | | | | |
| | | | В2 | 0,85 | 3,50 | 2,98 | 1,11 | 1 | 0 | - | 1 | - | - | 3,31 | - | | | | | | | |
| | | | ВД1 | 2,00 | 2,00 | 4,00 | 0,14 | 1 | 0 | - | 1 | - | - | 0,57 | - | | | | | | | |
| | | | СП | | | 97 | 0,20 | 1 | 0 | - | 1 | - | - | 19,40 | - | | | | | | | |
| | | | ПП | | | 97 | 0,14 | 1 | 0 | - | 1 | - | - | 13,86 | - | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 44,29 | - | | | | | | |
| 21.1 | 140,47 | 14 | ЗС1 | 12 | 3,5 | 42 | 0,25 | 1 | 0 | - | 1 | - | - | 10,50 | - | 3387 | 492 | 167 | 5683 | 1405 | 1982 | 7666 |
| Торгівельний зал №21 | | | ЗС2 | 10 | 3,5 | 35 | 0,25 | 1 | 0 | - | 1 | - | - | 8,75 | - | | | | | | | |
| | | | ЗС3 | 3 | 3,5 | 10,5 | 0,25 | 1 | 0 | - | 1 | - | - | 2,63 | - | | | | | | | |
| | | | В1 | 7,00 | 3,50 | 24,50 | 1,11 | 1 | 0 | - | 1 | - | - | 27,22 | - | | | | | | | |
| | | | ВД1 | 2,00 | 2,00 | 4,00 | 0,14 | 1 | 0 | - | 1 | - | - | 0,57 | - | | | | | | | |
| | | | ВД2 | 2,00 | 2,00 | 4,00 | 0,14 | 1 | 0 | - | 1 | - | - | 0,57 | - | | | | | | | |
| | | | СП | 12 | 12 | 144 | 0,20 | 1 | 0 | - | 1 | - | - | 28,80 | - | | | | | | | |
| | | | ПП | 12 | 12 | 144 | 0,14 | 1 | 0 | - | 1 | - | - | 20,57 | - | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 99,61 | - | | | | | | |
| 21.2 | 2,48 | 20 | ЗС1 | 2 | 3,5 | 7 | 0,25 | 1 | 0 | - | 1 | - | - | 1,75 | - | 111 | 9 | 3 | 127 | 25 | 86 | 213 |
| Санвузол 21.2 | | | СП | 2 | 1,2 | 2,4 | 0,2 | 1 | 0 | - | 1 | - | - | 0,48 | - | | | | | | | |
| | | | ПП | 2 | 1,2 | 2,4 | 0,14 | 1 | 0 | - | 1 | - | - | 0,34 | - | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | 2,57 | - | | | | | | | |

2.5 Розробка систем вентиляції

2.5.1 Визначення повітрообміну в допоміжних приміщеннях

Як вже було зазначено в п.2.1 в якості основного приміщення при виконанні розрахунків обрано торгівельний зал №1 площею 760 м². Всі інші приміщення торговельного комплексу автоматично віднесені до категорії допоміжних. Для них величина повітрообміну визначається за кратністю. Розрахунок ведеться за рівнянням:

$$k_p = \frac{L}{V}, \quad (2.8)$$

де L – витрата повітря (повітрообмін), м³/год;

V – об'єм приміщення, м³.

Виходячи з рівняння (2.9) необхідний повітрообмін буде розраховано за формулою:

$$L = k_p \cdot V \quad (2.9)$$

Результати розрахунку зведені в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 - Розрахунок повітрообміну в приміщеннях торговельного комплексу

| № прим | Найменування приміщення | Об'єм приміщення, м ³ | Кратність | | Повітрообмін, м ³ /год | |
|--------|------------------------------|----------------------------------|-----------|-----|-----------------------------------|-----|
| | | | п | в | п | в |
| 4 | Інвентарна | 25 | - | 2 | - | 50 |
| 5 | Фасовочна ОіФ | 21 | - | 2 | - | 50 |
| 7 | Тарна | 11 | - | 2 | - | 25 |
| 9 | Склад хлібний | 21 | - | 1 | - | 20 |
| 11 | Склад непродовольчих товарів | 58 | - | 1,5 | - | 90 |
| 12 | Агрегатна | 51 | - | 10 | - | 510 |
| 13 | Вентиляційна | 21 | 1 | 1 | 20 | 20 |
| 14 | Завантажувальна зона | 118 | 2,5 | 1 | 320 | 110 |
| 16 | Склад | 366 | 1,5 | 1,5 | 615 | 615 |
| 17 | Склад піддонів | 20 | - | 20 | - | 20 |
| 18 | Мийна | 21,7 | 4 | 6 | 80 | 120 |

Продовження табл. 2.4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-----|----------------------------|---|-----|-----|-----|-----|
| 19 | Санвузол МГН | 50 м ³ на 1 унітаз, 50 м ³ на 1 умивальник | - | - | - | 100 |
| 20 | Гардеробна жіноча | 90 | 3 | 3 | 270 | 270 |
| 21 | Гардеробна чоловіча | 58 | 4 | 4 | 250 | 250 |
| 22а | Душова жіноча | 100 м ³ на 1 сітку | - | - | - | 100 |
| 22б | Душова чоловіча | 100 м ³ на 1 сітку | - | - | - | 100 |
| 23 | Кімната персоналу | 41 | 3 | 3 | 120 | 120 |
| 24 | Кімната відеоспостереження | 23 | 6 | 6 | 120 | 120 |
| 25 | Санвузол чоловічий | 50 м ³ на 1 унітаз, 50 м ³ на 1 умивальник | - | - | - | 100 |
| 26 | Санвузол жіночий | 50 м ³ на 1 унітаз, 50 м ³ на 1 умивальник | - | - | - | 100 |
| 28 | Операторська | 50 | 3,5 | 3,5 | 180 | 180 |
| 29 | Інкасаційна | 20 | 6 | 6 | 120 | 120 |

2.5.2. Організація повітророзподілення в допоміжних приміщеннях

Для організації повітророзподілення в допоміжних приміщеннях прийняті стельові припливно – витяжні пластикові дифузори серії МВ...ПФ та стельові анемостати А...ВРФ виробництва VENTS. Зовнішній вигляд обладнання наведено на рис. 2.1.

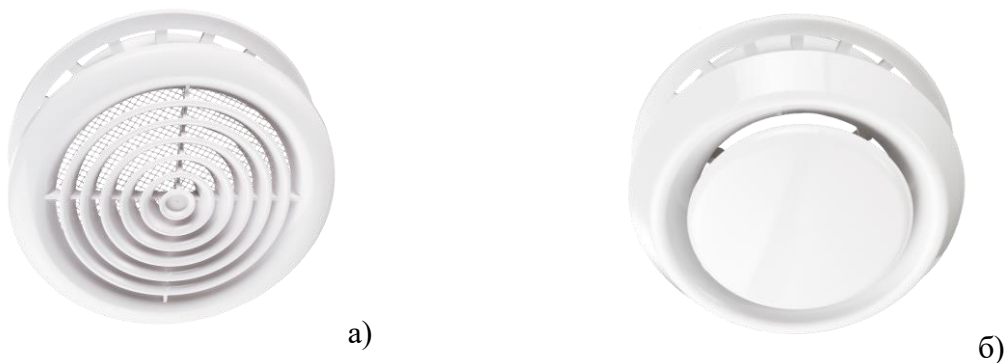


Рис.2.1. Зовнішній вигляд стельових припливно – витяжних пластикових дифузоров серії МВ...ПФ (а) та стельових анемостатів (б)

В деяких приміщеннях в якості повітророзподільників використано вентиляційні решітки типу ОНГ.

Результати підбору типорозмірів повітророзподільного обладнання наведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Результати підбору типорозмірів повітророзподільників для допоміжних приміщень

| № | Найменування приміщення | Повітророзподільник | | Кількість, шт | |
|-----|------------------------------|---------------------|---------------|---------------|---|
| | | п | в | п | в |
| 4 | Інвентарна | - | ОНГ 100 x 100 | - | 1 |
| 5 | Фасовочна ОіФ | - | МВ 100 ПФ | - | 1 |
| 7 | Тарна | - | МВ 100 ПФ | - | 1 |
| 9 | Склад хлібний | - | МВ 100 ПФ | - | 1 |
| 11 | Склад непродовольчих товарів | - | ОНГ 200x100 | - | 1 |
| 12 | Агрегатна | - | ОНГ 300x300 | - | 1 |
| 13 | Вентиляційна | МВ 150 ПФ | А 160 ВРФ | 1 | 1 |
| 14 | Завантажувальна зона | МВ 200 ПФ | МВ 200 ПФ | 2 | 1 |
| 16 | Склад | МВ 200 ПФ | МВ 200 ПФ | 2 | 2 |
| 17 | Склад піддонів | - | МВ 100 ПФ | - | 1 |
| 18 | Мийна | - | ОНГ 200x100 | - | 1 |
| 19 | Санвузол МГН | - | А 125 ВРФ | - | 1 |
| 20 | Гардеробна жіноча | А 200 ВРФ | А 160 ВРФ | 2 | 2 |
| 21 | Гардеробна чоловіча | А 125ВРФ | А 125 ВРФ | 2 | 1 |
| 22а | Душова жіноча | - | А 125ВРФ | - | 1 |
| 22б | Душова чоловіча | - | А 125ВРФ | - | 1 |
| 23 | Кімната персоналу | А 125 ВРФ | А 125 ВРФ | 1 | 1 |
| 24 | Кімната відеоспостереження | А 125 ВРФ | А 125 ВРФ | 1 | 1 |
| 25 | Санвузол чоловічий | - | А 125 ВРФ | - | 1 |
| 26 | Санвузол жіночий | - | А 125 ВРФ | - | 1 |
| 28 | Операторська | А 200 ВРФ | МВ 200 ПФ | 1 | 1 |
| 29 | Інкасаційна | А 125 ВРФ | А 125 ВРФ | 1 | 1 |

2.5.3. Організація повітрообміну в допоміжних приміщеннях

У допоміжних приміщеннях торгівельного комплексу запроектована припливно – витяжна система вентиляції з механічним спонуканням руху повітря. У відділі випічки передбачено місцеве видалення повітря від печі. В якості місцевого відсмоктувача в даному випадку використовується зонт з вбудованим вентилятором. Разом з повітропроводом він утворює витяжну систему В2.1. Загальнообмінне подавання повітря у відділ випічки здійснює система П4, а видалення - система В2. Так як відділ випічки відноситься до категорії виробничих приміщень, в структурі повітря яких містяться часточки пилу (борошна, крупи, тіста, цукру та ін.), то утилізація теплоти видаляємого повітря в приміщеннях даної категорії неприпустима по причині можливого забруднення стінок рекуператорів і зниження інтенсифікації повітрообміну.

Припливно – витяжна система ПВ2 забезпечує повітрообмін в чоловічих та жіночих гардеробних і душових, операторській та інкасаційній.

Припливна механічна система ПЗ подає підготовлене повітря в приміщення вентиляційної, завантажувальної зони, складу та мийної. Загальнообмінне видалення повітря з цих приміщень здійснюють механічні витяжні системи В7 та В8.

Зі складу непродовольчих товарів видалення повітря забезпечує механічна система В5, а з приміщення агрегатної – система В6.

Система В9 видалення повітря здійснює з санвузлу МГН, чоловічої та жіночої душових, чоловічого та жіночого санвузлів.

Механічні витяжні системи В10-В30 в кількості 20 штук видаляють повітря з приміщень санвузлів магазинів.

2.5.4. Визначення повітрообміну в основному приміщенні

Повітрообмін в основному приміщенні приймається мінімальним в залежності від кількості людей і площі приміщення [13].

Розрахунок виконується за рівнянням:

$$L = n \cdot q_p + S \cdot q_e, \quad (2.10)$$

де n – проектна кількість людей у приміщенні;

q_p – питома витрата зовнішнього повітря на 1 людину, $\text{дм}^3/(\text{с} \cdot \text{людину})$;

S – площа приміщення, м^2 ;

q_e – питома витрата зовнішнього повітря на розбавлення будівельних забруднень, $\text{дм}^3/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$.

Для виконання розрахунків приймається, що в приміщенні одночасно перебувають 90 осіб.

$$L = 90 \cdot 7 + 760 \cdot 0,7 = 1162 \text{ дм}^3 / \text{с}$$

$$L = 4200 \text{ м}^3/\text{год}$$

2.5.5. Схема організації повітрообміну в основному приміщенні

В основному приміщенні (торгівельному залі) запроєктована припливно – витяжна система вентиляції з механічним спонуканням руху повітря. Структурно торговельний зал розподілений на основну зону (продовольчих товарів) і зону продажу побутової хімії. По цій причині загальна кількість видалюваного повітря, яку визначено в попередньому пункті, розподіляється на ту його частину - більшу, яка видалюється з основної зони, і меншу. Яка видалюється з відділу побутової хімії. В результаті для обслуговування торговельного залу передбачено припливно – витяжну установку ПВ1 з витратою припливного повітря на рівні 4 200 $\text{м}^3/\text{год}$ і видалюваного на рівні 3520 $\text{м}^3/\text{год}$.

Витяжна система В1 з витратою повітря в кількості 630 $\text{м}^3/\text{год}$ забезпечує видалення повітря з відділу побутової хімії.

В якості повітророзподільних пристроїв використовуються решітки вентиляційні двоядні типу ДР. В припливно витяжні системі ПВ1 в частині припливу передбачено установку 14 решіток ДР 200 x 200, в частині видалення – 11 решіток аналогічного розміру.

В системі В1 видалення повітря забезпечується через 5 решіток ДР 200 x 100.

2.5.6. Аеродинамічний розрахунок повітроводів системи ПВ1

Розрахунок виконується в наступній послідовності:

а) площа перетину розрахункової ділянки повітропроводу визначається за формулою, м²:

$$F_{op} = \frac{L}{3600v_{max}} \quad (2.11)$$

де L - витрата повітря на ділянці, м³/год.

v_{max} – максимально допустима швидкість на ділянці, м/с:

- у магістралях $V_{max}=5\text{м/с}$;
- у відгалуженнях $V_{max}=3\text{м/с}$.

Розміри перетину повітропроводу підбираються так, щоб площа перетину

була більшою або дорівнювала F_{op} .

б) фактична швидкість руху повітря на ділянках повітропроводу визначається за формулою, м/с:

$$v = \frac{L}{3600 \cdot a \cdot b} \quad (2.12)$$

в) еквівалентний діаметр для повітропроводу прямокутного перерізу визначається як, мм:

$$d_{екв.} = \frac{2ab}{a+b} \quad (2.13)$$

г) витрати тиску на тертя на ділянці визначаються за формулою, Па:

$$\Delta p_{li} = \lambda_i \cdot \frac{l}{d_e} \cdot p_{\partial i}$$

(3.41)

де λ_i – коефіцієнт гідравлічного тертя, визначається за формулою:

$$\lambda_i = 0.11 \cdot \left(\frac{k}{d_e} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0.25} \quad (2.14)$$

де k - коефіцієнт еквівалентної шорсткості, мм;

Re - критерій Рейнольдса:

$$\text{Re} = \frac{v_i \cdot d_{ei}}{\nu} \quad (2.15)$$

де ν – кінематична в'язкість, $\text{м}^2/\text{с}$.

д) витрати тиску на місцеві опори визначається за формулою, Па:

$$\Delta P_{\text{м.с.}} = Z = \sum \xi \cdot P_{\partial} \quad (2.16)$$

$\sum \xi$ - сума коефіцієнтів місцевих опорів на ділянці;

P_{∂} – динамічний тиск, Па;

е) втрати тиску на ділянці визначаються за формулою:

$$\Delta P_{\partial} = \Delta P_{\text{тр}} + \Delta P_{\text{м.о.}} \quad (2.17)$$

Після розрахунку магістралі аналогічно виконується розрахунок відгалужень.

При цьому втрати тиску у відгалуженні повинні дорівнювати тиску у вузлі (де відгалуження приєднується до магістралі), припустимим вважається відхилення до 15%.

Розрахункові схеми систем наведені на рис. 2.2 та 2.3. Результати аеродинамічних розрахунків припливної та витяжної систем зведені в таблиці 2.6 та 2.7 відповідно.

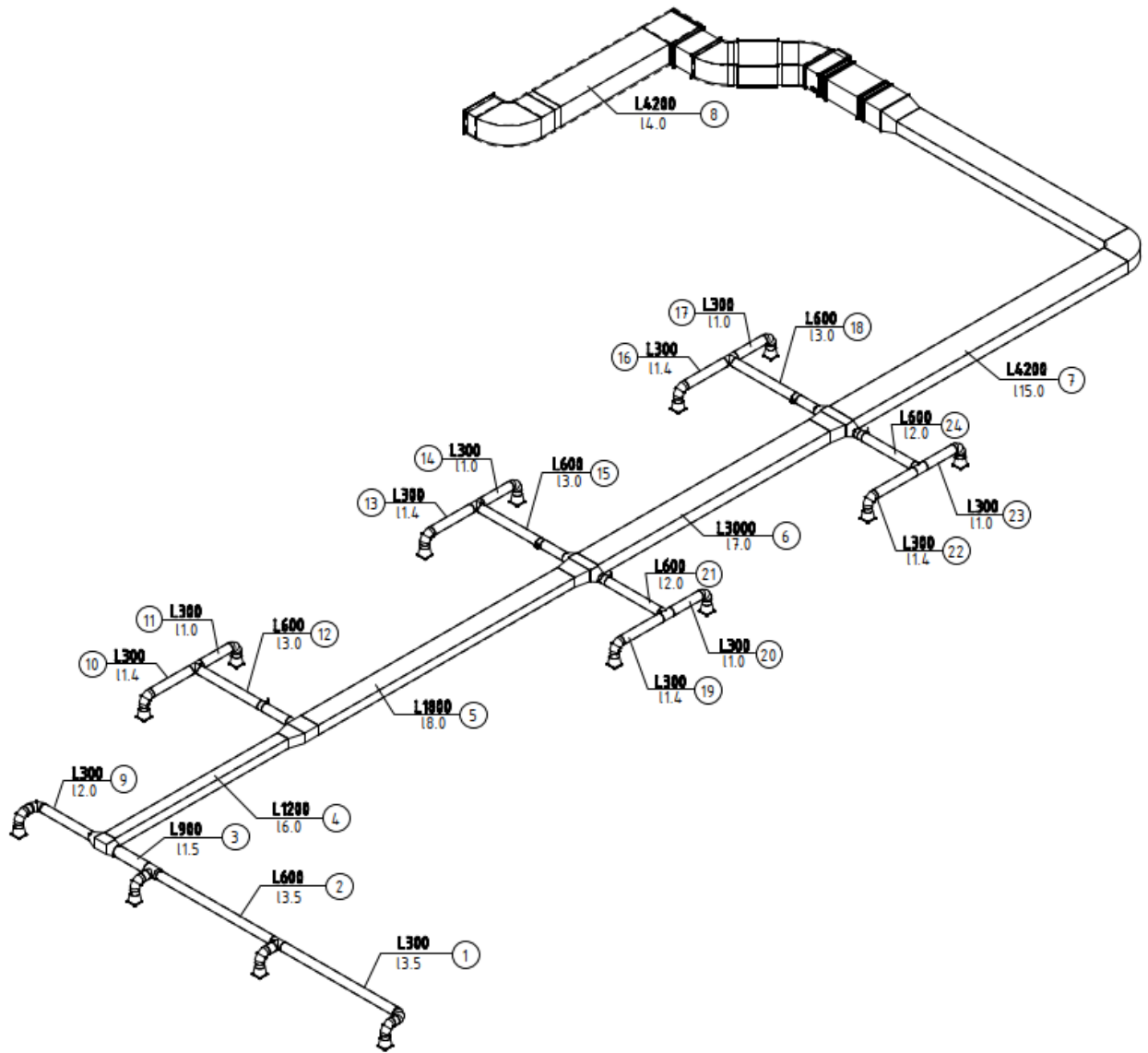


Рис.2.2. Розрахункова схема припливної частини системи ПВ1

Таблиця 2.6 - Аеродинамічний розрахунок припливної частини системи ПВ1

| № ділянки | Витрата повітря, L, м ³ /с | Довжина ділянки, l, м | Орієнтовна швидкість, v _{ор} , м/с | Орієнтовна площа перетину, F _{ор} , м ² | a, м | b, м | Фактична площа перетину, F _ф , м ² | Еквівалентний діаметр, d _э , м | Фактична швидкість повітря, v _ф , м/с | Re | λ | Динамічний тиск, P _д , Па | Втрати тиску по долині, ΔP _l , Па | Сума коефіцієнтів місцевих опорів Σζ | Втрати тиску в місцевих опорах, ΔP _{мс} , Па | Сума втрат тиску на ділянці, ΣΔP, Па |
|--|---------------------------------------|-----------------------|---|---|------|------|--|---|--|--------|-------|--------------------------------------|--|--------------------------------------|---|--------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| Магісталь | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0,083 | 3,5 | 3,0 | 0,028 | | 0,20 | 0,031 | 0,200 | 2,65 | 35245 | 0,024 | 4,23 | 1,81 | 2,45 | 10,35 | 12,16 |
| 2 | 0,167 | 3,5 | 4,0 | 0,042 | | 0,20 | 0,031 | 0,200 | 5,31 | 10616 | 0,031 | 16,90 | 9,21 | 0,3 | 5,07 | 14,28 |
| 3 | 0,250 | 1,5 | 5,0 | 0,050 | | 0,20 | 0,031 | 0,200 | 7,96 | 105734 | 0,020 | 38,03 | 5,77 | 0,65 | 24,72 | 30,49 |
| 4 | 0,333 | 6,0 | 4,0 | 0,083 | 0,30 | 0,25 | 0,075 | 0,273 | 4,44 | 80486 | 0,019 | 11,85 | 4,89 | 0,5 | 5,93 | 10,82 |
| 5 | 0,500 | 8,0 | 4,0 | 0,125 | 0,60 | 0,30 | 0,180 | 0,400 | 2,78 | 11111 | 0,031 | 4,63 | 2,88 | 0,5 | 2,31 | 5,19 |
| 6 | 0,833 | 7,0 | 4,0 | 0,208 | 0,60 | 0,30 | 0,180 | 0,400 | 4,63 | 122965 | 0,019 | 12,86 | 4,17 | 0,5 | 6,43 | 10,60 |
| 7 | 1,167 | 15,0 | 5,0 | 0,233 | 0,70 | 0,30 | 0,210 | 0,420 | 5,56 | 154936 | 0,018 | 18,52 | 11,74 | 0,85 | 15,74 | 27,48 |
| 8 | 1,167 | 4,0 | 5,0 | 0,233 | 0,80 | 0,50 | 0,400 | 0,615 | 2,92 | 119181 | 0,170 | 5,10 | 5,64 | 2,35 | 11,99 | 17,63 |
| | | | | | | | | | | | | | | | РАЗОМ | 128,64 |
| Відгалуження | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 0,083 | 2,0 | 3,0 | 0,028 | | 0,20 | 0,031 | 0,200 | 2,65 | 35245 | 0,024 | 4,23 | 1,03 | 2,75 | 11,62 | 12,65 |
| 10 | 0,083 | 1,4 | 3,0 | 0,028 | | 0,20 | 0,031 | 0,200 | 2,65 | 5308 | 0,037 | 4,23 | 2,40 | 2,75 | 11,62 | 14,02 |
| 11 | 0,083 | 1,0 | 3,0 | 0,028 | | 0,20 | 0,031 | 0,200 | 2,65 | 35245 | 0,024 | 4,23 | 1,80 | 2,75 | 11,62 | 13,42 |
| Ув'язування ділянок (10) та (11) : $\Delta = \frac{14,02 - 13,42}{14,02} = 0,042 < 0,15$. Отже, ув'язування ділянок не потрібно | | | | | | | | | | | | | | | | |

Продовження таблиці 2.6

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
|--|-------|-----|-----|-------|---|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|
| 12 | 0,167 | 3,0 | 3,0 | 0,056 | | 0,20 | 0,031 | 0,200 | 5,31 | 70489 | 0,022 | 16,90 | 1,80 | 1,2 | 20,28 | 22,08 |
| Ув'язування ділянок (11+12) з ділянками (1+2+3): $\Delta = \frac{56,93 - 35,5}{56,93} = 0,37 > 0,15$ Ув'язування ділянок здійснюється за рахунок установки дросель – клапану на ділянці (12) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 0,083 | 1,4 | 3,0 | 0,028 | | 0,20 | 0,031 | 0,200 | 2,65 | 35245 | 0,024 | 4,23 | 2,40 | 2,75 | 11,62 | 14,02 |
| 14 | 0,083 | 1,0 | 3,0 | 0,028 | | 0,20 | 0,031 | 0,200 | 2,65 | 35245 | 0,024 | 4,23 | 1,80 | 2,75 | 11,62 | 13,42 |
| 15 | 0,167 | 3,0 | 3,0 | 0,056 | | 0,20 | 0,031 | 0,200 | 5,31 | 70489 | 0,022 | 16,90 | 1,80 | 1,2 | 20,28 | 22,08 |
| Ув'язування ділянок (15+14) з ділянками (1+2+3+4+5): $\Delta = \frac{72,94 - 35,5}{72,94} = 0,51 > 0,15$ Ув'язування ділянок здійснюється за рахунок установки дросель – клапану на ділянці (15) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 0,083 | 1,4 | 3,0 | 0,028 | | 0,20 | 0,031 | 0,200 | 2,65 | 35245 | 0,024 | 4,23 | 2,40 | 2,75 | 11,62 | 14,02 |
| 17 | 0,083 | 1,0 | 3,0 | 0,028 | | 0,20 | 0,031 | 0,200 | 2,65 | 35245 | 0,024 | 4,23 | 1,80 | 2,75 | 11,62 | 13,42 |
| 18 | 0,167 | 3,0 | 3,0 | 0,056 | | 0,20 | 0,031 | 0,200 | 5,31 | 70489 | 0,022 | 16,90 | 1,80 | 1,2 | 20,28 | 22,08 |
| Ув'язування ділянок (17+18) з ділянками (1+2+3+4+5+6): $\Delta = \frac{83,54 - 35,5}{83,54} = 0,57 > 0,15$ Ув'язування ділянок здійснюється за рахунок установки дросель – клапану на ділянці (18) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | 0,083 | 1,4 | 3,0 | 0,028 | | 0,20 | 0,031 | 0,200 | 2,65 | 35245 | 0,024 | 4,23 | 2,40 | 2,75 | 11,62 | 14,02 |
| 20 | 0,083 | 1,0 | 3,0 | 0,028 | | 0,20 | 0,031 | 0,200 | 2,65 | 35245 | 0,024 | 4,23 | 1,80 | 2,75 | 11,62 | 13,42 |
| 21 | 0,167 | 2,0 | 3,0 | 0,056 | | 0,20 | 0,031 | 0,200 | 5,31 | 70489 | 0,022 | 16,90 | 1,80 | 1,2 | 20,28 | 22,08 |
| Ув'язування ділянок (11) та (1+2): $\Delta = \frac{72,94 - 35,5}{72,94} = 0,51 > 0,15$ Ув'язування ділянок здійснюється за рахунок установки дросель – клапану на ділянці (21) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | 0,083 | 1,4 | 3,0 | 0,028 | | 0,20 | 0,031 | 0,200 | 2,65 | 35245 | 0,024 | 4,23 | 2,40 | 2,75 | 11,62 | 14,02 |
| 23 | 0,083 | 1,0 | 3,0 | 0,028 | | 0,20 | 0,031 | 0,200 | 2,65 | 35245 | 0,024 | 4,23 | 1,80 | 2,75 | 11,62 | 13,42 |
| 24 | 0,167 | 2,0 | 3,0 | 0,056 | | 0,20 | 0,031 | 0,200 | 5,31 | 70489 | 0,022 | 16,90 | 1,80 | 1,2 | 20,28 | 22,08 |
| Ув'язування ділянок (23+24) з ділянками (1+2+3+4+5+6): $\Delta = \frac{83,54 - 35,5}{83,54} = 0,57 > 0,15$ Ув'язування ділянок здійснюється за рахунок установки дросель – клапану на ділянці (24) | | | | | | | | | | | | | | | | |

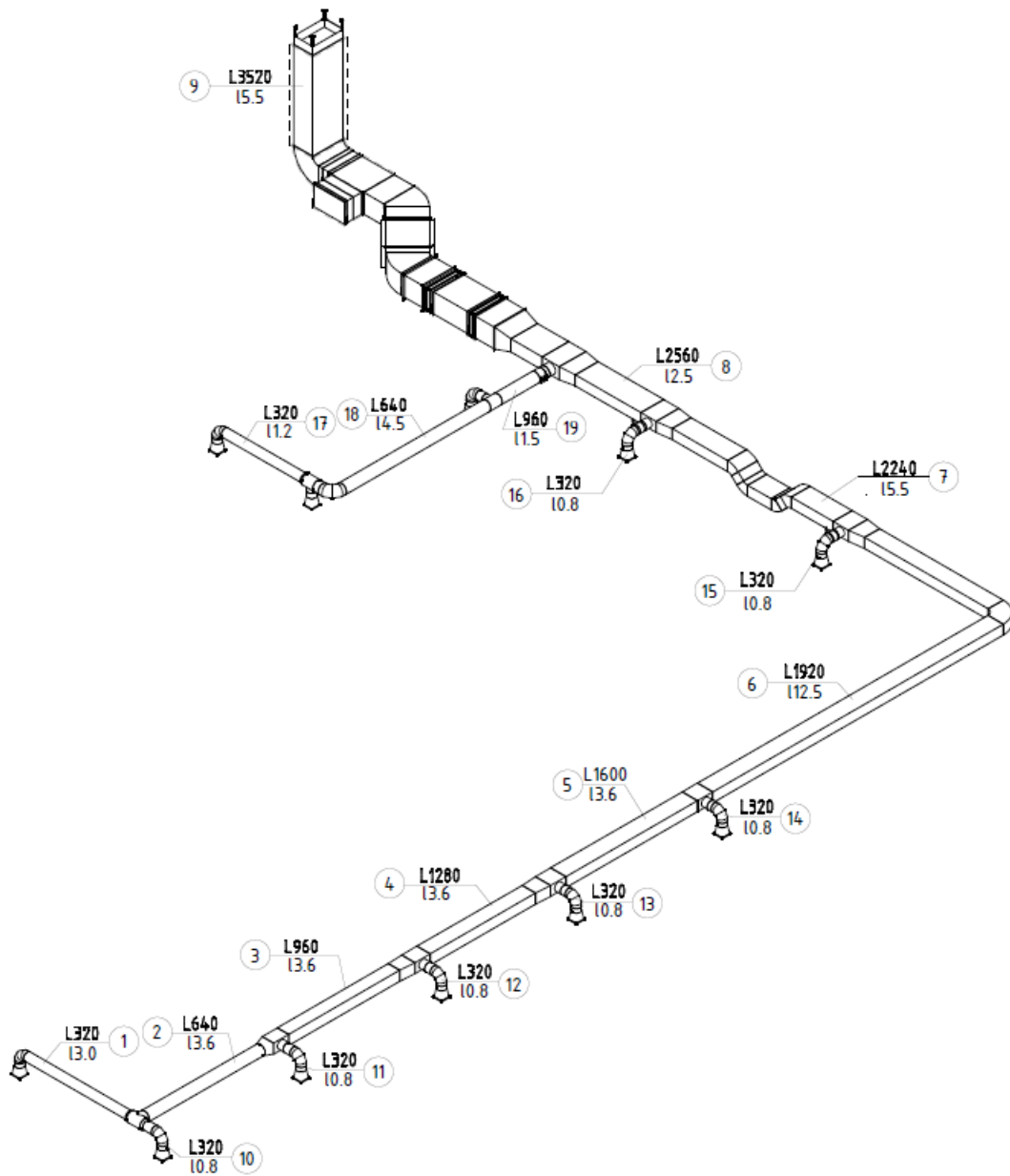


Рис.2.3. Розрахункова схема припливної частини системи ПВ1

Таблиця 2.7 - Аеродинамічний розрахунок витяжної частини системи ПВ1

| № ділянки | Витрата повітря, L, м ³ /с | Довжина ділянки, l, м | Орієнтовна швидкість, v _{ор} , м/с | Орієнтовна площа перетину, F _{ор} , м ² | a, м | b, м | Фактична площа перетину, F _ф , м ² | Еквівалентний діаметр, d _э , м | Фактична швидкість повітря, v _ф , м/с | Re | λ | Динамічний тиск, P _д , Па | Втрати тиску по долині, ΔP _l , Па | Сума коефіцієнтів місцевих опорів Σζ | Втрати тиску в місцевих опорах, ΔP _{мс} , Па | Сума втраг тиску на ділянці, ΣΔP, Па |
|--|---------------------------------------|-----------------------|---|---|------|------|--|---|--|--------|-------|--------------------------------------|--|--------------------------------------|---|--------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| Магістраль | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0,089 | 3,0 | 3,0 | 0,030 | | 0,20 | 0,031 | 0,200 | 2,83 | 37594 | 0,024 | 4,81 | 1,74 | 2,45 | 11,78 | 13,52 |
| 2 | 0,178 | 3,6 | 4,0 | 0,044 | | 0,25 | 0,049 | 0,250 | 3,62 | 9059 | 0,033 | 7,88 | 3,72 | 1,5 | 11,82 | 15,54 |
| 3 | 0,267 | 3,6 | 4,0 | 0,067 | 0,30 | 0,25 | 0,075 | 0,273 | 3,56 | 64389 | 0,021 | 7,59 | 2,14 | 1,5 | 11,38 | 13,52 |
| 4 | 0,356 | 3,6 | 4,0 | 0,089 | 0,35 | 0,25 | 0,088 | 0,292 | 4,06 | 11852 | 0,031 | 9,91 | 3,76 | 1,5 | 14,86 | 18,62 |
| 5 | 0,444 | 3,6 | 4,5 | 0,099 | 0,40 | 0,25 | 0,100 | 0,308 | 4,44 | 90805 | 0,020 | 11,85 | 2,76 | 1,5 | 17,78 | 20,54 |
| 6 | 0,533 | 12,5 | 5,0 | 0,107 | 0,40 | 0,25 | 0,100 | 0,308 | 5,33 | 108966 | 0,019 | 17,07 | 13,39 | 1,5 | 25,60 | 38,99 |
| 7 | 0,622 | 5,5 | 5,0 | 0,124 | 0,50 | 0,25 | 0,125 | 0,333 | 4,98 | 110177 | 0,019 | 14,87 | 4,70 | 3 | 44,60 | 49,30 |
| 8 | 0,711 | 2,5 | 5,0 | 0,142 | 0,60 | 0,25 | 0,150 | 0,353 | 4,74 | 111102 | 0,019 | 13,48 | 1,82 | 1,5 | 20,23 | 22,04 |
| 9 | 0,978 | 5,5 | 5,0 | 0,196 | 0,80 | 0,50 | 0,400 | 0,615 | 2,44 | 99885 | 0,019 | 3,59 | 0,60 | 3 | 10,76 | 11,36 |
| | | | | | | | | | | | | | | | РАЗОМ | 170.01 |
| Відгалуження | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 0,089 | 0,8 | 3,0 | 0,030 | | 0,20 | 0,031 | 0,200 | 2,83 | 37594 | 0,024 | 4,81 | 0,46 | 2,45 | 11,78 | 13,52 |
| 11 | 0,089 | 0,8 | 3,0 | 0,030 | | 0,20 | 0,031 | 0,200 | 2,83 | 37594 | 0,024 | 4,81 | 0,46 | 1,5 | 11,82 | 15,54 |
| <p>Ув'язування ділянок (11) та (1+2) : $\Delta = \frac{29,06 - 13,52}{29,06} = 0,53 > 0,15$. Ув'язування ділянок здійснюється за рахунок установки дросель – клапану на ділянці (11)</p> | | | | | | | | | | | | | | | | |

Продовження табл.2.7

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
|--|-------|-----|-----|-------|---|------|-------|-------|------|-------|-------|------|------|-----|-------|-------|
| 12 | 0,089 | 0,8 | 3,0 | 0,030 | | 0,20 | 0,031 | 0,200 | 2,83 | 37594 | 0,024 | 4,81 | 0,46 | 1,5 | 11,38 | 13,52 |
| Ув'язування ділянок (12) та (1+2+3): $\Delta = \frac{42,58 - 13,52}{42,58} = 0,71 > 0,15$. Ув'язування ділянок здійснюється за рахунок установки дросель – клапану на ділянці (12) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 0,089 | 0,8 | 3,0 | 0,030 | | 0,20 | 0,031 | 0,200 | 2,83 | 37594 | 0,024 | 4,81 | 0,46 | 1,5 | 14,86 | 18,62 |
| Ув'язування ділянок (13) та (1+2+3+4): $\Delta = \frac{61,2 - 18,62}{61,2} = 0,7 > 0,15$. Ув'язування ділянок здійснюється за рахунок установки дросель – клапану на ділянці (13) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | 0,089 | 0,8 | 3,0 | 0,030 | | 0,20 | 0,031 | 0,200 | 2,83 | 37594 | 0,024 | 4,81 | 0,46 | 1,5 | 17,78 | 20,54 |
| Ув'язування ділянок (14) та (1+2+3+4+5): $\Delta = \frac{81,74 - 20,54}{81,74} = 0,75 > 0,15$. Ув'язування ділянок здійснюється за рахунок установки дросель – клапану на ділянці (15) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 0,089 | 0,8 | 3,0 | 0,030 | | 0,20 | 0,031 | 0,200 | 2,83 | 37594 | 0,024 | 4,81 | 0,46 | 1,5 | 25,60 | 38,99 |
| Ув'язування ділянок (15) та (1+2+3+4+5+6): $\Delta = \frac{100,19 - 38,99}{100,19} = 0,61 > 0,15$. Ув'язування ділянок здійснюється за рахунок установки дросель – клапану на ділянці (15) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 0,089 | 0,8 | 3,0 | 0,030 | | 0,20 | 0,031 | 0,200 | 2,83 | 37594 | 0,024 | 4,81 | 0,46 | 3 | 44,60 | 49,30 |
| Ув'язування ділянок (16) та (1+2+3+4+5+6=7): $\Delta = \frac{149,49 - 49,3}{149,49} = 0,67 > 0,15$. Ув'язування ділянок здійснюється за рахунок установки дросель – клапану на ділянці (16) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | 0,089 | 1,2 | 3,0 | 0,030 | | 0,20 | 0,031 | 0,200 | 2,83 | 37594 | 0,024 | 4,81 | 2,40 | 1,5 | 20,23 | 22,04 |
| 18 | 0,178 | 4,5 | 4,0 | 0,044 | | 0,25 | 0,049 | 0,250 | 3,62 | 60151 | 0,022 | 7,88 | 1,80 | 3 | 10,76 | 11,36 |

Продовження табл.2.7

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
|--|-------|-----|-----|-------|---|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|-----|-------|-------|
| 19 | 0,267 | 1,5 | 5,0 | 0,053 | | 0,25 | 0,049 | 0,250 | 5,44 | 90226 | 0,020 | 17,73 | 1,80 | 1,2 | 21,27 | 23,07 |
| <p>Ув'язування ділянок (17+18+19) та (1+2+3+4+5+6+7+8) : $\Delta = \frac{171,53 - 56,47}{171,53} = 0,67 > 0,15$. Ув'язування ділянок здійснюється за рахунок установки дросель – клапану на ділянці (19)</p> | | | | | | | | | | | | | | | | |

2.5.7. Підбір припливно – витяжної установки системи ПВ1

Для забезпечення належної обробки повітря перед подавання його в приміщення до установки приймається припливно – витяжна установка Systemair Topvex SR11. Установка обладнана пластинчастим рекуператором та електричним повітрянагрівачем. Для забезпечення належних температурних показників припливного повітря.

З метою очищення припливного повітря від механічних домішок і надання повітря відповідної якості установка обладнана фільтром тонкого очищення F7. Для захисту пластинок рекуператора від пилу, який може потрапити на їх поверхню в структурі видаляемого повітря передбачено установка фільтра середнього очищення M5.

Вентиляторні агрегати припливного та видаляемого повітря забезпечені ЕС – двигунами, які на відміну від двигунів з частотними перетворювачами працюють з високою ефективністю навіть при низьких швидкостях. Це сприяє високим показникам енергоефективності. ЕС-двигуни також забезпечують низький рівень шуму на всьому звуковому діапазоні.

2.6. Розробка системи кондиціонування

Система кондиціонування повітря забезпечує підтримання необхідних температурних параметрів в теплий період року. Тому розрахунок всіх теплонадходжень виконується саме для нього.

2.6.1. Розрахунок надходжень теплоти від людей в основному приміщенні

Тепловиділення від людей, Вт, визначаються по формулі:

$$Q_{л(п/я)} = q_{п(я)} \cdot n \quad (2.18)$$

де n – кількість осіб, які одночасно можуть перебувати в приміщенні, чол;

$q_{п(я)}$ – надходження повної від однієї людини, Вт/чол [18].

У випадку, який розглядається, виконувана робота відноситься до категорії легкої. Отже:

- для теплого періоду року:

$$t_{wz}^T = 18^0 C \Rightarrow q_n^T = 150 \text{ Вт} / \text{чел}$$

Для розрахунків приймається, що в торговельному залі одночасно перебувають 90 осіб. Отже,

- для теплого періоду року:

$$Q_{л(n)}^T = 90 \cdot 150 = 13500 \text{ Вт}$$

2.6.2. Розрахунок надходжень теплоти від джерел штучного освітлення в основному приміщенні

Розрахунок ведеться за рівнянням:

$$Q_{осв} = F \cdot E \cdot q_{осв} \cdot \eta_{осв}, \text{ Вт}, \quad (2.19)$$

де E - освітленість, лк, [18];

F - площа підлоги в приміщенні, м^2 ;

$q_{осв}$ – питомі тепловиділення, Вт/($\text{м}^2 \cdot \text{лк}$), приймаються по [18], залежно від площі та висоти приміщення, а також від типу світильників

$\eta_{осв}$ – частка теплоти, що надходить у приміщення [18].

$$Q_{осв} = 760 \cdot 200 \cdot 0,05 \cdot 0,42 = 3192 \text{ Вт}$$

2.6.3. Розрахунок надходжень теплоти від сонячної радіації

Розрахунок даного типу теплонадходжень здійснюється для завантажувальної зони та складу.

Теплота від сонячної радіації в приміщення надходить через вікна та через суміщення покриття. В результаті загальних розрахунків даного виду теплонадходжень являє собою суму величин теплонадходжень через світлопрозорі огорожувальні конструкції та покриття. У випадку, який розглядається, всі приміщення не містять в своїй структурі вікна. Таким чином джерелом надходжень теплоти від сонячної радіації буде тільки суміщене покриття.

Розрахунок теплонадходжень виконується за рівнянням:

$$Q_{c.p.} = F_n \cdot q_n^{c.p.}, \text{Вт}, \quad (2.20)$$

де F_n - площа покриття, м^2 ;

$q_n^{c.p.}$ - питомі теплонадходження від сонячної радіації через покриття, $\text{Вт}/\text{м}^2$.

$$Q_{c.p.}^{T3} = 760 \cdot 17 = 12920 \text{Вт} - \text{для торговельного залу}$$

$$Q_{c.p.}^{33} = 33,87 \cdot 17 = 576 \text{Вт} - \text{для завантажувальної зони}$$

$$Q_{c.p.}^C = 104,61 \cdot 17 = 1778 \text{Вт} - \text{для завантажувальної зони}$$

2.6.4. Розрахунок надходжень теплоти від торговельного обладнання в основному приміщенні

В приміщенні торговельного залу розміщено торговельне обладнання у вигляді холодильників, яке використовується для зберігання продуктів харчування.

Розрахунок теплонадходжень даного типу виконується за рівнянням [19]:

$$Q_o = N_e \cdot m \cdot i, \text{Вт}, \quad (2.21)$$

де N_e - електрична потужність одиниці обладнання, Вт ;

m - кількість встановленого обладнання;

i - коефіцієнт перетворення електричної енергії в теплову (для холодильного обладнання і вітрин дорівнює 1)

У торговельному залі встановлено наступне холодильне обладнання:

- холодильна гірка (15 шт) – 58 Вт;
- холодильна вітрина (10 шт) – 158 Вт;
- морозильна скриня (10 шт) – 200 Вт;
- холодильна вітрина кондитерська (5 шт) – 300Вт.

$$Q_o = 15 \cdot 58 + 10 \cdot 158 + 10 \cdot 200 + 5 \cdot 300 = 5950 \text{Вт}$$

Кількість надлишкової теплоти, Вт, залежно від періоду року визначається виходячи із залежностей:

- для теплого періоду року

$$\Sigma Q_n^T = Q_n^T + Q_{c.p.} + Q_{ocv} + Q_T, \text{Вт} \quad (2.22)$$

$$\Sigma Q_n^T = 13500 + 12920 + 3192 + 5950 = 35562 \text{Вт}$$

2.6.5. Характеристика прийнятої системи кондиціонування повітря в торговельному залі, завантажувальній зоні та складі

У зазначених приміщеннях передбачено влаштування мультизональної VRF- системи. Внутрішні блоки прийняті касетного типу. Зовнішній блок розміщено на фундаменті біля будівлі в антівандальному захисті.

2.6.6. Підбір обладнання мультизональної системи кондиціонування

До установки приймається обладнання виробництва Hitachi. В приміщенні торговельного залу передбачена установка 4-хпоточних касетних стельових блоків 800 x 800 RCI-3,0FSR в кількості 7 шт. Технічна характеристика внутрішніх блоків наведена на рис. 2.4.

Касетні блоки 4-поточні 800 x 800

| Внутрішній блок | Од. вим. | RCI-1.0FSR | RCI-1.5FSR | RCI-2.0FSR | RCI-2.5FSR | RCI-3.0FSR | RCI-4.0FSR | RCI-5.0FSR | RCI-6.0FSR |
|---|---------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Потужність (регульована) | к.с. | 1,00 | 1,30 – 1,50 | 1,80 – 2,00 | 2,30 – 2,50 | 3,00 | 4,00 | 5,00 | 6,00 |
| Потужність номінальна на холод UTOPIA Prime & IVX | кВт | 2,50 | 3,60 | 5,00 | 5,60 | 7,10 | 11,20 | 14,00 | 16,00 |
| Потужність номінальна на тепло UTOPIA Prime & IVX | кВт | 2,80 | 4,00 | 5,60 | 6,30 | 8,00 | 12,50 | 16,00 | 18,00 |
| Потужність номінальна на холод SET FREE | кВт | 2,80 | 3,80 – 4,00 | 5,20 – 5,60 | 6,70 – 7,10 | 8,00 | 11,2 | 14 | 16 |
| Потужність номінальна на тепло SET FREE | кВт | 3,20 | 4,20 – 4,80 | 5,60 – 6,30 | 7,50 – 8,50 | 9,00 | 12,5 | 16 | 18 |
| Рівень звукового тиску(холод) | дБ(А) | 27 / 28 / 30 / 33 | 27 / 30 / 31 / 35 | 27 / 30 / 32 / 37 | 28 / 30 / 32 / 37 | 28 / 30 / 32 / 37 | 30 / 32 / 34 / 38 | 30 / 32 / 34 / 38 | 31 / 33 / 35 / 39 |
| Звукова потужність | дБ(А) | 52 | 53 | 55 | 56 | 57 | 64 | 64 | 65 |
| Витрати повітря | м ³ /год | 540 / 660 / 780 / 900 | 660 / 840 / 1020 / 1260 | 660 / 840 / 1020 / 1320 | 840 / 1080 / 1380 / 1620 | 840 / 1080 / 1380 / 1620 | 1200 / 1440 / 1800 / 2220 | 1260 / 1560 / 1980 / 2220 | 1320 / 1680 / 2100 / 2220 |
| Дренажний насос | - | | | | | так | | | |
| Максимальна висота підйому | мм | | | | | 50 | | | |
| Діаметри підключення(Рід - Газ) | дюйм | | 1/4 - 1/2 | | | | 3/8 - 5/8 | | |
| Діаметр зливу конденсату (зовнішній) | мм | | | | | 32 | | | |
| Розмір корпусу (В x Д x Ш) | мм | | 248 x 840 x 840 | | | | 298 x 840 x 840 | | |
| Розмір панелі (В x Д x Ш) | мм | | | | 40 x 860 x 950 | | | | |
| Вага корпус+панель | кг | 20 + 6,50 | 21 + 6,50 | | 22 + 6,50 | | 26 + 6,50 | | |
| Живлення | - | | | | 1 ~ 230 В 50 Гц | | | | |
| Кабельне підключення(EN 60 335-1) | мм ² | | | | 3 | 0,75 | | | |
| Пусковий струм | A | | | | | 5 | | | |

Рис.2.4. Технічна характеристика внутрішніх блоків RCI-3,0FSR

Загальна теплова потужність обладнання, встановленого в торговельному залі, становить 56,0 кВт, холодильна - 47,9 кВт. Обидві величини перевищують розрахункові.

У завантажувальній зоні запроєктовано один 4-хпоточний касетний стельовий блок 800 x 800 RCI-1,0FS холодильною потужністю 2,5 кВт, а тепловою 2,8кВт.

У приміщенні складу передбачена установка двох 4-хпоточний касетний стельовий блок 800 x 800 RCI-1,0FS загальною холодильною потужністю 5 кВт, а тепловою 5,6 кВт. Технічні характеристики обраних типорозмірів внутрішніх блоків наведені на рис. 2.5.

Касетні блоки 4-поточні 800 x 800

| Внутрішній блок | Од. вим. | RCI-1.0FSR | RCI-1.5FSR | RCI-2.0FSR | RCI-2.5FSR | RCI-3.0FSR | RCI-4.0FSR | RCI-5.0FSR | RCI-6.0FSR |
|---|----------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Потужність (регульована) | к.с. | 1,00 | 1,30 – 1,50 | 1,80 – 2,00 | 2,30 – 2,50 | 3,00 | 4,00 | 5,00 | 6,00 |
| Потужність номінальна на холод UTOPIA Prime & IVX | кВт | 2,50 | 3,60 | 5,00 | 5,60 | 7,10 | 11,20 | 14,00 | 16,00 |
| Потужність номінальна на тепло UTOPIA Prime & IVX | кВт | 2,80 | 4,00 | 5,60 | 6,30 | 8,00 | 12,50 | 16,00 | 18,00 |
| Потужність номінальна на холод SET FREE | кВт | 2,80 | 3,80 – 4,00 | 5,20 – 5,60 | 6,70 – 7,10 | 8,00 | 11,2 | 14 | 16 |
| Потужність номінальна на тепло SET FREE | кВт | 3,20 | 4,20 – 4,80 | 5,60 – 6,30 | 7,50 – 8,50 | 9,00 | 12,5 | 16 | 18 |
| Рівень звукового тиску(холод) | дБ(А) | 7 / 28 / 30 / 3 | 27 / 30 / 31 / 35 | 27 / 30 / 32 / 37 | 28 / 32 / 36 / 42 | 33 / 39 / 43 / 48 | 35 / 40 / 45 / 48 | 37 / 41 / 46 / 48 | |
| Звукова потужність | дБ(А) | 52 | 53 | 55 | 56 | 57 | 64 | 64 | 65 |
| Витрати повітря | м³/год | 540 / 660 / 780 / 900 | 660 / 840 / 1020 / 1260 | 660 / 840 / 1020 / 1320 | 840 / 1080 / 1380 / 1620 | 840 / 1080 / 1380 / 1620 | 1200 / 1440 / 1860 / 2220 | 1260 / 1560 / 1980 / 2220 | 1320 / 1680 / 2100 / 2220 |
| Дренажний насос | - | | | | | Так | | | |
| Максимальна висота підйому | мм | | | | | 850 | | | |
| Діаметри підключення(Рід - Газ) | дюйм | | 1/4 - 1/2 | | | | 3/8 - 5/8 | | |
| Діаметр зливу конденсату (зовнішній) | мм | | | | | 32 | | | |
| Розмір корпусу (В x Д x Ш) | мм | | 248 x 840 x 840 | | | | 298 x 840 x 840 | | |
| Розмір панелі (В x Д x Ш) | мм | | | | | 40 x 950 x 950 | | | |
| Вага корпус+панель | кг | 20 + 6,50 | 21 + 6,50 | | 22 + 6,50 | | 26 + 6,50 | | |
| Живлення | - | | | | | 1 ~ 230 В 50 Гц | | | |
| Кабельне підключення(EN 60 335-1) | мм² | | | | | 3 x 0,75 | | | |
| Пусковий струм | А | | | | | 5 | | | |

Рис.2.5. Технічна характеристика внутрішніх блоків RCI-1,0FSR

Загальна холодильна потужність встановленого обладнання дорівнює 55,4 кВт, а теплова – 64,4 кВт. До установки приймається зовнішній блок RAS-22FSXNSE номінальною холодильною потужністю 61,5 кВт, а тепловою – 69,0 кВт. Всі технічні характеристики блоку наведені на рис. 2.6.

VRF SET FREE Sigma Standard

| Охолодження | Од. вим. | RAS-8FSXNSE | RAS-10FSXNSE | RAS-12FSXNSE | RAS-14FSXNSE | RAS-16FSXNSE | RAS-18FSXNSE | RAS-20FSXNSE | RAS-22FSXNSE | RAS-24FSXNSE |
|---------------------------------|----------|-------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Номінальна потужність | кВт | 22,4 | 28 | 33,5 | 40 | 45 | 50 | 56 | 61,5 | 67 |
| Номінальне енергоспоживання | кВт | 5,40 | 7,27 | 8,89 | 12,12 | 13,85 | 14,9 | 18,6 | 20,4 | 22,4 |
| EER | - | 4,15 | 3,85 | 3,77 | 3,30 | 3,25 | 3,35 | 3,01 | 3,01 | 2,99 |
| SEER | - | 7,50 | 7,17 | 6,97 | 7,47 | 7,30 | 6,96 | 6,29 | 6,76 | 6,20 |
| Робочий діапазон температур | - | | | | | -10°C / 48°C BS | | | | |
| Нагрів | | | | | | | | | | |
| Номінальна потужність | кВт | 25 | 31,5 | 37,5 | 45 | 50 | 56 | 63 | 69 | 77,5 |
| Номінальне енергоспоживання | кВт | 5,26 | 6,89 | 9,15 | 12,03 | 15 | 17 | 19 | 22 | 23 |
| Потужність за -7°C | кВт | 19,92 | 25,1 | 26,46 | 33,08 | 35,57 | 39,73 | 44,70 | 48,95 | 51,7 |
| Потужність за -15°C (або -20°C) | кВт | 15,8 | 19,8 | 20,3 | 25,5 | 27 | 30,20 | 34 | 37,30 | 39,5 |
| COP | - | 4,75 | 4,57 | 4,10 | 3,74 | 3,37 | 3,29 | 3,35 | 3,19 | 3,4 |
| SCOP | - | 4,17 | 4,11 | 4,29 | 4,48 | 4,42 | 4,18 | 4,14 | 4,43 | 4,43 |
| Робочий діапазон температур | - | | | | | -20°C / 15°C BH | | | | |

Рис.2.6. Технічні характеристики зовнішнього блоку

2.6.7. Розробка систем кондиціонування в допоміжних торгівельних приміщеннях

Для забезпечення належних температурних умов в приміщеннях допоміжних торгівельних залів використовуються настінні спліт - системи. Для визначення холодильної потужності обирається спрощений метод розрахунку. Для охолодження 10 м² площі приміщення витрачається 1 кВт холодильної потужності.

Результати розрахунку необхідної холодильної потужності для всіх допоміжних торгівельних приміщень наведені в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Результати розрахунку холодильної потужності допоміжних торгівельні приміщення

| № | Найменування приміщення | Площа приміщення, м ² | Розрахункова холодильна потужність, кВт |
|----|----------------------------|----------------------------------|---|
| 1 | Торгівельне приміщення №1 | 66,88 | 6,69 |
| 2 | Торгівельне приміщення №2 | 65,66 | 6,57 |
| 3 | Торгівельне приміщення №3 | 67,16 | 6,72 |
| 4 | Торгівельне приміщення №4 | 67,16 | 6,72 |
| 5 | Торгівельне приміщення №5 | 66,06 | 6,61 |
| 6 | Торгівельне приміщення №6 | 65,98 | 6,60 |
| 7 | Торгівельне приміщення №7 | 65,98 | 6,60 |
| 8 | Торгівельне приміщення №8 | 65,98 | 6,60 |
| 9 | Торгівельне приміщення №9 | 68,66 | 6,87 |
| 10 | Торгівельне приміщення №10 | 62,14 | 6,21 |
| 11 | Торгівельне приміщення №11 | 66 | 6,60 |
| 12 | Торгівельне приміщення №12 | 66 | 6,60 |

Продовження табл.2.8

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|----|----------------------------|--------|-------|
| 13 | Торгівельне приміщення №13 | 108 | 10,80 |
| 14 | Торгівельне приміщення №14 | 104,71 | 10,47 |
| 15 | Торгівельне приміщення №15 | 66,3 | 6,63 |
| 16 | Торгівельне приміщення №16 | 66,3 | 6,63 |
| 17 | Торгівельне приміщення №17 | 65,55 | 6,56 |
| 18 | Торгівельне приміщення №18 | 65,53 | 6,55 |
| 19 | Торгівельне приміщення №19 | 62,03 | 6,20 |
| 20 | Торгівельне приміщення №20 | 97 | 9,70 |
| 21 | Торгівельне приміщення №21 | 140,47 | 14,05 |

До установки приймаються спліт – системи виробництва Midea та Osaka. Результати підбору моделей та типорозміру обладнання для кожного приміщення наведені в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Підбір типорозміру кондиціонерів спліт – систем для допоміжних торгівельних приміщень

| № | Найменування приміщення | Розрахункова Холодильна потужність, кВт | Модель та типорозмір спліт - системи | Установча холодильна потужність, кВт | Кількість, шт | Загальна установча холодильна потужність, кВт |
|---|---------------------------|---|---|--------------------------------------|---------------|---|
| 1 | Торгівельне приміщення №1 | 6,69 | Midea E FUTURE MSEF-24N8D0-I /MSEF-24N8D0-O | 2,23-8,79 | 1 | 2,23-8,79 |
| 2 | Торгівельне приміщення №2 | 6,57 | Midea E FUTURE MSEF-24N8D0-I /MSEF-24N8D0-O | 2,23-8,79 | 1 | 2,23-8,79 |

Продовження табл.2.9

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---------------------------|------|---|-----------|---|-----------|
| 3 | Торгівельне приміщення №3 | 6,72 | Midea E FUTURE MSEF-24N8D0- I /MSEF- 24N8D0-O | 2,23-8,79 | 1 | 2,23-8,79 |
| 4 | Торгівельне приміщення №4 | 6,72 | Midea E FUTURE MSEF-24N8D0- I /MSEF- 24N8D0-O | 2,23-8,79 | 1 | 2,23-8,79 |
| 5 | Торгівельне приміщення №5 | 6,61 | Midea E FUTURE MSEF-24N8D0- I /MSEF- 24N8D0-O | 2,23-8,79 | 1 | 2,23-8,79 |
| 6 | Торгівельне приміщення №6 | 6,60 | Midea E FUTURE MSEF-24N8D0- I /MSEF- 24N8D0-O | 2,23-8,79 | 1 | 2,23-8,79 |
| 7 | Торгівельне приміщення №7 | 6,60 | Midea E FUTURE MSEF-24N8D0- I /MSEF- 24N8D0-O | 2,23-8,79 | 1 | 2,23-8,79 |
| 8 | Торгівельне приміщення №8 | 6,60 | Midea E FUTURE MSEF-24N8D0- I /MSEF- 24N8D0-O | 2,23-8,79 | 1 | 2,23-8,79 |
| 9 | Торгівельне приміщення №9 | 6,87 | Midea E FUTURE MSEF-24N8D0- I /MSEF- 24N8D0-O | 2,23-8,79 | 1 | 2,23-8,79 |

Продовження табл.2.9

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|----|----------------------------|-------|---|-----------|---|-----------|
| 10 | Торгівельне приміщення №10 | 6,21 | Midea E FUTURE MSEF-24N8D0- I /MSEF- 24N8D0-O | 2,23-8,79 | 1 | 2,23-8,79 |
| 11 | Торгівельне приміщення №11 | 6,60 | Midea E FUTURE MSEF-24N8D0- I /MSEF- 24N8D0-O | 2,23-8,79 | 1 | 2,23-8,79 |
| 12 | Торгівельне приміщення №12 | 6,60 | Midea E FUTURE MSEF-24N8D0- I /MSEF- 24N8D0-O | 2,23-8,79 | 1 | 2,23-8,79 |
| 13 | Торгівельне приміщення №13 | 10,80 | OSAKA ST- 36HH Elite | 10,5 | 1 | 10,5 |
| 14 | Торгівельне приміщення №14 | 10,47 | OSAKA ST- 36HH Elite | 10,5 | 1 | 10,5 |
| 15 | Торгівельне приміщення №15 | 6,63 | Midea E FUTURE MSEF-24N8D0- I /MSEF- 24N8D0-O | 2,23-8,79 | 1 | 2,23-8,79 |
| 16 | Торгівельне приміщення №16 | 6,63 | Midea E FUTURE MSEF-24N8D0- I /MSEF- 24N8D0-O | 2,23-8,79 | 1 | 2,23-8,79 |
| 17 | Торгівельне приміщення №17 | 6,56 | Midea E FUTURE MSEF-24N8D0- I /MSEF- 24N8D0-O | 2,23-8,79 | 1 | 2,23-8,79 |

Продовження табл.2.9

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|----|----------------------------|-------|---|-----------|---|------------|
| 18 | Торгівельне приміщення №18 | 6,55 | Midea E FUTURE MSEF-24N8D0- I /MSEF- 24N8D0-O | 2,23-8,79 | 1 | 2,23-8,79 |
| 19 | Торгівельне приміщення №19 | 6,20 | Midea E FUTURE MSEF-24N8D0- I /MSEF- 24N8D0-O | 2,23-8,79 | 1 | 2,23-8,79 |
| 20 | Торгівельне приміщення №20 | 9,70 | OSAKA ST- 36HH Elite | 10,5 | 1 | 10,5 |
| 21 | Торгівельне приміщення №21 | 14,05 | Midea E FUTURE MSEF-24N8D0- I /MSEF- 24N8D0-O | 2,23-8,79 | 2 | 4,46-17,58 |

РОЗДІЛ 3

АНАЛІЗ ВПЛИВУ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ ПРИПЛИВНИХ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ УСТАНОВОК НА РІВЕНЬ ЇХ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ

3.1. Варіанти розміщення вентилятора та повітрянагрівача в структурі повітрообробного агрегату

Як вже зазначалось в розділі 1, однією з найбільш актуальних задач, які стоять в процесі експлуатації будівель різного призначення, є зниження енергоспоживання системами мікроклімату зокрема системою вентиляції. Для цього існують певні методи. Найбільш розповсюджені з них розглянуті в початкових розділах роботи.

В системах вентиляції енергія витрачається на привід вентиляторів (припливних і витяжних), які забезпечують пересування повітря системами, і на підігрівання припливного повітря в холодний період року від температури зовнішнього повітря до параметрів припливного. При чому найбільша кількість енергії (теплової або електричної в залежності від обраного типу теплообмінника) витрачається саме на підігрівання повітря.

В структурі припливних або припливно – витяжних установок (припливної її частини) найрозповсюдженим варіантом розміщення обладнання, а саме калорифера та вентилятора, є наступний – спочатку калорифер, а потім нагнітач (рис.3.1).



Рис.3.1. Найрозповсюдженіший (класичний) варіант розміщення калорифера та нагнітача в структурі повітрообробного агрегату

У випадку реалізації такої послідовності розміщення структурних елементів припливне повітря спочатку підігрівається в калориферній установці, а потім за рахунок роботи вентилятора пересувається по системі повітропроводів. При цьому в процесі переходу повітря з нагрівача у вентилятора і в процесі роботи останнього відбувається зниження температури повітря перед подавання його в робочу зону приміщення. І в результаті до споживача повітря надходить з нижчими температурними параметрами ніж планувалось.

Для того, щоб відстежити зміну температури припливного повітря доцільно проаналізувати випадок, коли калорифер буде розміщено після нагнітача (рис.3.2.).

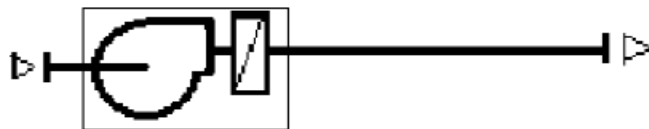


Рис.3.2. Альтернативний варіант розміщення структурних елементів (калорифера і вентилятора) в структурі повітрообробного агрегату

Нагнітач підбирається за параметрами робочої точки та характеристик мережі. На останню впливає значення густини повітря, яке пересувається системою. Густина в свою чергу залежить від температури повітря. На рис.3.3 наведена графічна залежність характеристики мережі від густини повітря [20].

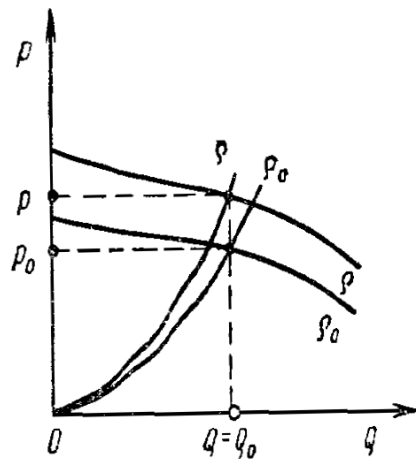


Рис.3.3. Графічна залежність характеристики мережі та вентилятора від густини повітря

При зниженні температури повітря його густина збільшується. У випадку сталості витрати повітря робоча точка пересувається догори і паралельно збільшується тиск вентилятора в системі. При збільшенні тиску збільшується кількість електричної енергії, яка споживається нагнітачем.

В каталогах з підбору вентиляторних агрегатів характеристики нагнітачів наводяться для стандартних мов роботи (ρ_0). Для визначення характеристики обладнання за реальних умов використовуються спеціальні рівняння для перерахунку:

$$P_0 = P \frac{\rho_0}{\rho} \quad (3.1)$$

$$Q_0 = Q \quad (3.2)$$

У випадку сталості витрати повітря і зміні лише його температурних показників

$$P_0 = P \frac{T}{T_0} \quad (3.3)$$

Характеристики роботи нагнітача, які визначені для стандартних умов роботи, визначається коефіцієнт його корисної дії (ККД) та швидкість обертання колеса. Якщо необхідно визначити потужність двигуна за реальними умовами роботи використовують формулу

$$N = \frac{Q}{102 \cdot \eta} \quad (3.4)$$

Весь вищенаведений аналіз показує, що на роботу вентилятора (його потужність і як наслідок кількість споживаної електричної енергії) впливає густина повітря, яке пересувається системою. А значить його температура.

У випадку роботи калорифера температура повітря збільшується, як наслідок зменшується його густина і зменшується його об'ємна маса. При цьому відбувається зміна характеристики як мережі, так і вентилятора. Цей випадок проілюстровано на рис.3.4.

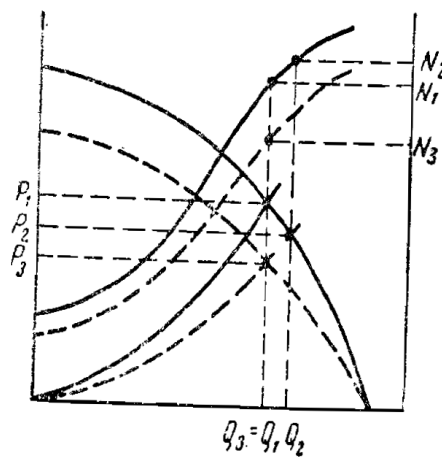


Рис.3.4. Зміна характеристик мережі та вентилятора у випадку зміни послідовності розміщення калорифера і нагнітача

В разі розміщення вентилятора перед калорифером витрата повітря (Q_2) та потужність нагнітача (N_2) збільшуються, але тиск в системі (P_2) не змінюється.

В разі розміщення нагнітача перед калорифером витрата повітря та потужність нагнітача збільшуються, але тиск в системі при цьому стає меншим.

В разі розміщення нагнітача за калорифером величина витрати повітря залишається сталою ($Q_3=Q_1$), а значення потужності (N_3) і тиску (P_3) зменшуються.

3.2. Порівняльний аналіз енергетичної ефективності двох компоновальних рішень механічної припливної вентиляції на прикладі системи ПВ1

Аналіз рівня енергетичної ефективності двох можливих варіантів розміщення обладнання в структурі повітрообробного агрегату (рис.3.1 та 3.2) буде проводитись при двох значеннях температур повітря:

- температурі повітря після рекуператора при розрахунковому значення температури зовнішнього повітря ($t_{ext}=-23^{\circ}\text{C}$) $t_{ext\ p}=-4^{\circ}\text{C}$;
- температурі повітря після рекуператора при середній температурі за опалювальний період ($t_{ext\ cp.o.}=-1^{\circ}\text{C}$) $t_{ext\ cp.o.\ p.}=13^{\circ}\text{C}$ [14].

Окрім температур зовнішнього повітря важливе значення мають температури припливного повітря:

- при розрахункові температурі зовнішнього повітря вентиляції $t_{in.p.}=21^{\circ}\text{C}$;
- при середній температурі за опалювальний період $t_{in.cp.o.}=18^{\circ}\text{C}$.

Для кожній із зазначених температур відповідає своє значення густини (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 – Відповідність густини повітря його температурним значенням

| Температура, °C | | Густина повітря, кг/м ³ | |
|--------------------|-----|------------------------------------|------|
| $t_{ext\ p.}$ | -4 | $\rho_{ext\ p.}$ | 1,28 |
| $t_{ext\ cp.o.p.}$ | -13 | $\rho_{ext\ cp.o.p.}$ | 1,2 |
| $t_{in\ p}$ | 19 | $\rho_{in\ p}$ | 1,17 |
| $t_{in\ cp.o.p.}$ | 16 | $\rho_{in\ cp.o.p.}$ | 1,19 |

Побудова характеристики мережі відбувається з використанням рівняння :

$$\Delta P = k \cdot Q^2, \quad (3.5)$$

де ΔP – втрати тиску в мережі, Па (за результатами аеродинамічного розрахунку);

Q – витрата повітря, м³/год;

k – константа мережі.

Розрахунок чисельного значення константи мережі ведеться з використанням формули (3.5):

$$k = \frac{129}{4200^2} = 7,31 \cdot 10^{-6}$$

Також з використанням рівняння (3.5) здійснюється побудова характеристики мережі при сталому значенні константи мережі за зміні витрати повітря від 1000 до 6000 м³/год.

Результати розрахунків наведені в таблиці 3.2.

| | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|---|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| Q, м ³ /год | 0 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 | 4500 | 5000 | 5500 | 6000 |
| P, Па | 0 | 4,49 | 10,10 | 17,96 | 28,06 | 40,41 | 55,00 | 71,84 | 90,92 | 112,25 | 135,82 | 161,64 |

Як вже зазначалось в ході аналізу рис.3.3 у випадку зміні температури припливного повітря (при зміні температури внутрішнього) тиск нагнітача збільшується. В використанні рівняння перерахунку величина тиску вентилятора за новими умовами експлуатації визначається за рівнянням:

$$P_{e1} = P_p \frac{\rho_{inc.o.}}{\rho_{inp}} \quad (3.6)$$

$$P_{e1} = 129 \frac{1,19}{1,17} = 131,2 \text{ Па}$$

Значення константи мережі при нових умовах роботи вентилятора буде дорівнювати $k = 7,36 \cdot 10^{-6}$. Розрахунок характеристик мережі за новими умовами експлуатації здійснюється аналогічно першому випадку з використанням рівняння (3.5).

Для цих же самих умов роботи здійснюється побудова характеристик нагнітача. Характеристика припливного вентилятора, який входить до складу припливно – витяжної установки (з боку припливу) наведена на рис. 3.5.

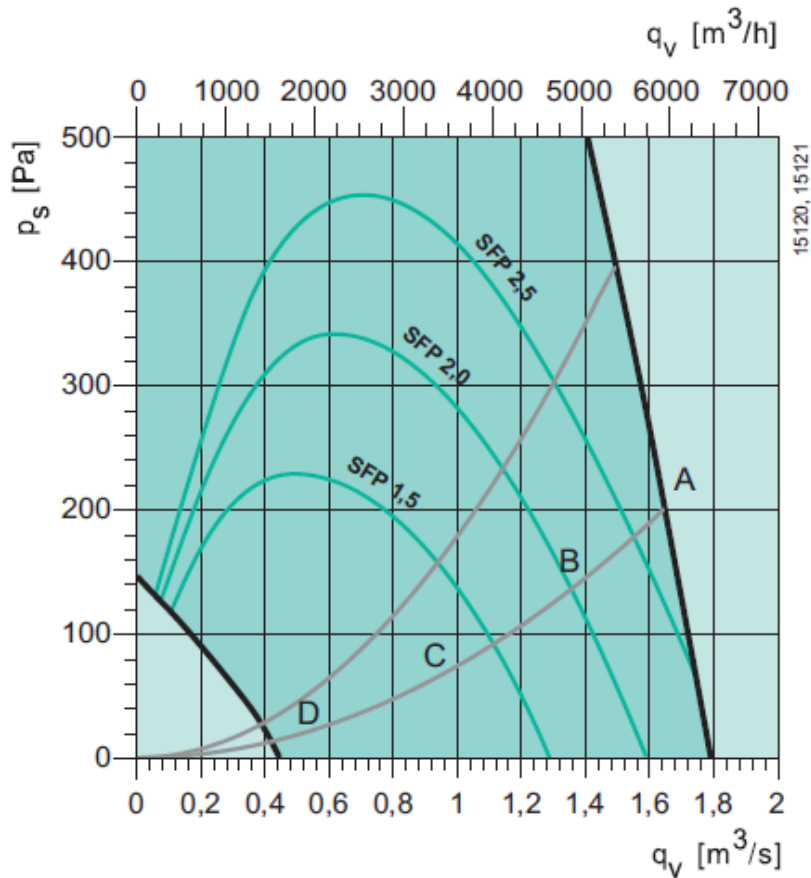


Рис.3.5. Характеристика нагнітача, який входить до складу припливно – витяжної установки ПВ 1 з боку припливу

На рис.3.6 проілюстровано як змінюються аеродинамічні параметри вентилятора в мережі в разі його розміщення після повітрянагрівача (рис.3.1) при різних параметрах припливного повітря (при розрахунковому значенні зовнішнього та при середній його величині за опалювальний період).

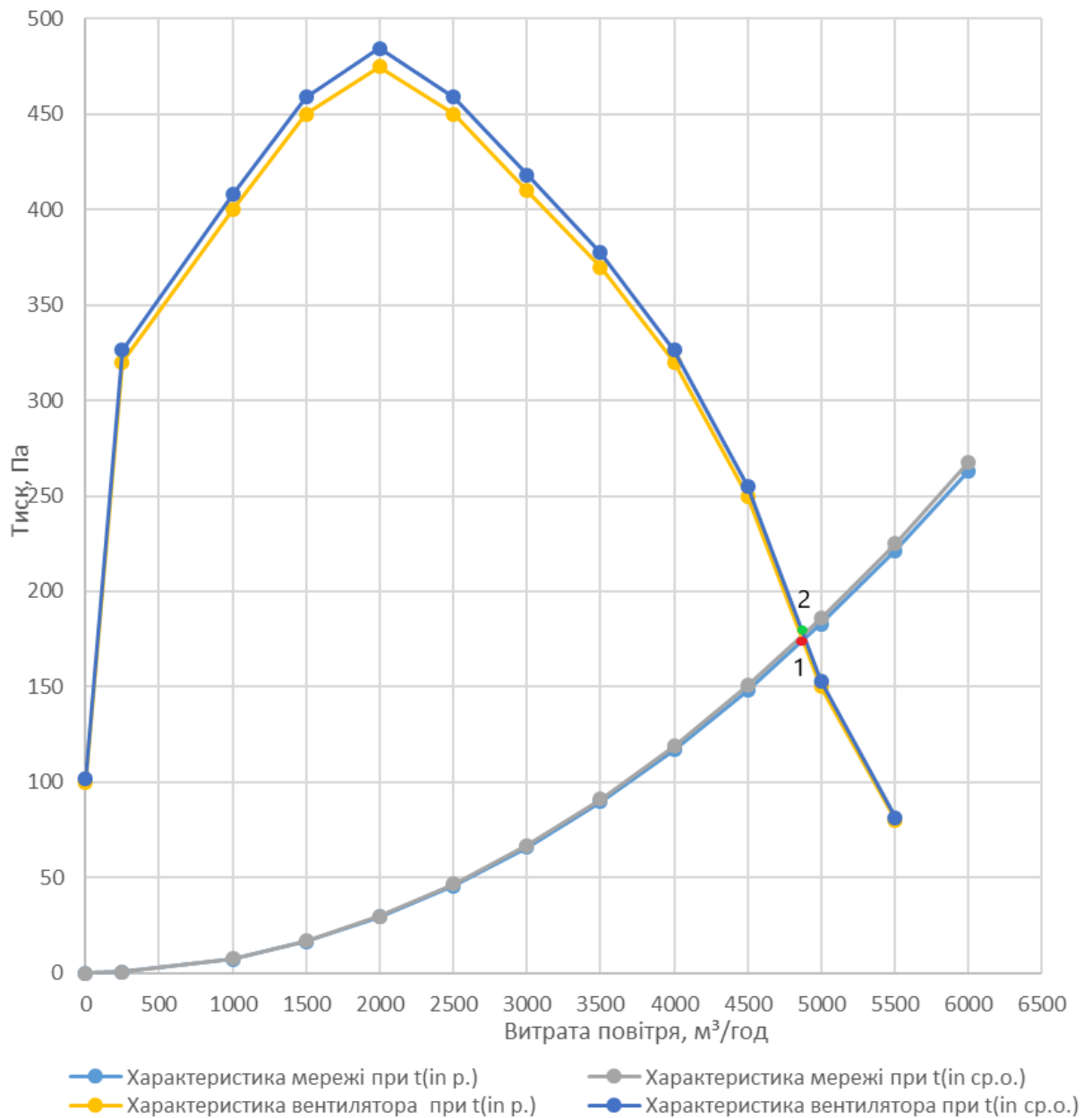


Рис.3.6. Ілюстрація зміни параметрів роботи вентилятора в мережі при роботі за схемою 1 при різних температурах припливного повітря (т.1 та т.2 - робочі точки вентилятора при температурах припливного повітря при розрахунковій температурі зовнішнього повітря $t_{in p}$ та при середній температурі за опалювальний період $t_{in ср.о}$)

Потужність вентилятора є енергетичним показником його роботи. У випадку розміщення обладнання за схемою №1 (рис.3.1) його потужність в процесі роботи не змінюється і $N_e^1 = N_p = 2,5кВт$. У випадку зміни температури

припливного повітря потужність нагнітача змінюється. Нове значення потужності може бути визначено за рівнянням:

$$N_{\epsilon}^1 = N_p \frac{\rho_{incn.o.}}{\rho_{inp}} \quad (3.7)$$

$$N_{\epsilon}^1 = 2,5 \cdot \frac{1,19}{1,17} = 2,54 \text{ кВт}$$

У випадку розміщення нагнітача після калорифера (реалізація схемного рішення №1) при зниженні температури припливного повітря потужність роботи вентилятора збільшиться. Величина збільшення становитиме 1,57 %.

Такий самий аналіз доцільно провести і для конструктивної схеми №2 (рис.3.2). В цьому випадку нагнітач розміщено перед нагрівачем повітря. Тобто він пересуває не підігріте повітря, а охолодження: в першому випадку повітря при температурі після рекуператора при розрахунковому значенні температури зовнішнього повітря, а в другому - температурі після рекуператора при середньому значенні температури зовнішнього повітря за опалювальний період.

Витрата повітря може бути визначена за рівнянням:

$$Q_{\epsilon} = Q_p \frac{\rho_{inp}}{\rho_{exp.}} \quad (3.8)$$

$$Q_{\epsilon} = 4200 \frac{1,2}{1,28} = 3938 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Величина тиску в мережі не зміниться: $P_p = 129 \text{ Па}$.

При новому значенні витрати повітря з використанням рівняння (3.5) визначається константа мережі: $k = \frac{129}{3938^2} = 8,32 \cdot 10^{-6}$

Аналогічно до першого випадку розрахунки для побудови характеристики мережі виконуються при зміні витрати повітря від 1000 до 6000 м³/Год.

У випадку зміни температури повітря на вході у вентилятор рівняння (3.8) прийме вигляд:

$$Q_{e2} = Q_p \frac{\rho_{in.p}}{\rho_{incn.o.p.}} \quad (3.9)$$

$$Q_{e2} = 4200 \frac{1,19}{1,2} = 4165 \text{ м}^3 / \text{год}$$

При зміні температури зовнішнього повітря змінюється і тиск вентилятора. Його величина визначається за рівнянням:

$$P_{e2} = P_p \frac{\rho_{exch.o.p.}}{\rho_{ex.p.}} \quad (3.10)$$

$$P_{e2} = 129 \frac{1,2}{1,28} = 121 \text{ Па}$$

Використовуючи отримані результати розрахунків константа мережі дорівнюватиме $k = \frac{121}{4165^2} = 6,98 \cdot 10^{-6}$.

Ілюстрація змін аеродинамічних параметрів роботи нагнітача за умови зміни розміщення структурних елементів в припливно – витяжній установці (реалізація схемного рішення №2) наведена на рис.3.7.

Потужність вентилятора змінюється при зміні температурних параметрів повітря, яке пересувається системою. Величина потужності вентилятора при роботі за новими умовами може бути визначена за рівнянням:

$$N_{e2} = N_p \frac{\rho_{in.p.}}{\rho_{exp.}} \quad (3.11)$$

$$N_{e2} = 2,5 \cdot \frac{1,17}{1,28} = 2,29 \text{ кВт}$$

У випадку зміни температури на значення середньої за опалювальний період розрахунок величини потужності нагнітача може бути виконаний за рівнянням:

$$N_{e2} = N_p \frac{\rho_{inp.} \cdot \rho_{excp.o.p.}}{\rho_{exp.}^2} \quad (3.12)$$

$$N_{e2} = 2,5 \frac{1,17 \cdot 1,22}{1,28^2} = 2,17 \text{ кВт}$$

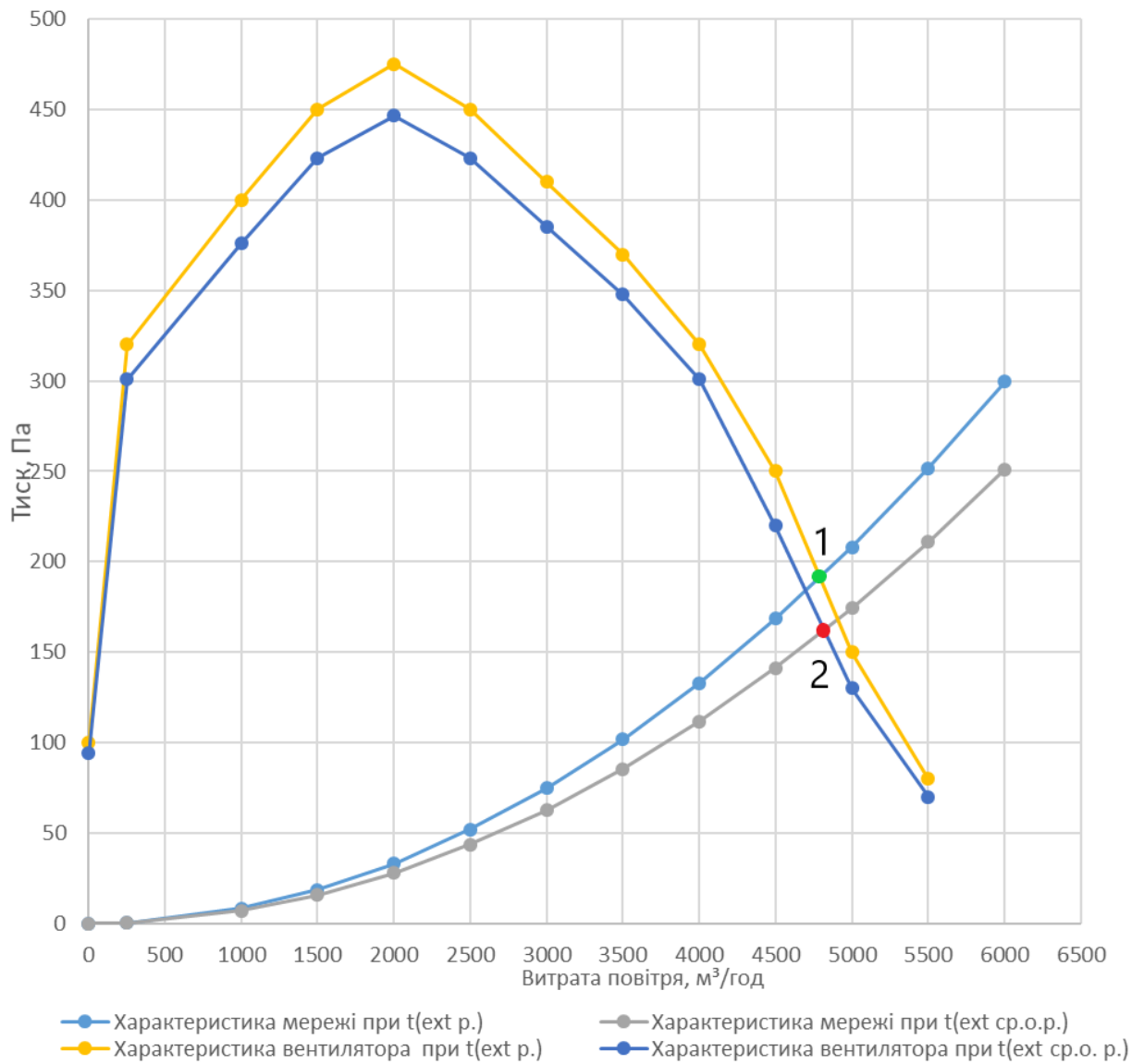


Рис.3.7. Ілюстрація змін аеродинамічних параметрів роботи нагнітача за умови зміни розміщення структурних елементів в припливно – витяжній установці (1,2 – робочі точки вентилятора при температурах повітря після рекуператора при розрахунковій температурі зовнішнього повітря $t_{ext p}$ та при середній температурі за опалювальний період $t_{ext cp.o}$)

В таблиці 3.2 наведені всі характеристики вентилятора при роботі за схемами №1 та №2.

Таблиця 3.2 - Характеристики роботи вентилятора при роботі за схемами №1 та №2

| Температура зовнішнього повітря, °C | Принципова схема №1 | | | Принципова схема №2 | | |
|-------------------------------------|--------------------------------------|---------------------|----------------------|--------------------------------------|---------------------|----------------------|
| | L ₁ , м ³ /год | P ₁ , Па | N ₁ , кВт | L ₂ , м ³ /год | P ₂ , Па | N ₂ , кВт |
| t _{ext p.} | 4800 | 175 | 2,5 | 4700 | 190 | 2,29 |
| t _{ext ср.о р.} | 4800 | 180 | 2,54 | 4700 | 165 | 2,17 |

Дані щодо параметрів роботи вентилятора в мережі, які наведені в таблиці 3.2, свідчать про те, що з точки зору енергоспоживання конструктивна схема №2 найбільш приваблива ніж схема №1. У випадку роботи системи за розрахунковими параметрами зовнішнього повітря потужність вентилятора за умови роботи за схемою №2 на 12,4% менша, ніж за схемою 1. У випадку роботи за середнім значенням температури зовнішнього повітря за опалювальний період – на 14,6% менша.

Таким чином можна зробити загальний висновок, що в холодний період року чим більше значення температури зовнішнього повітря, тим менше потужність двигуна.

Реалізація схемного рішення №2 розміщення нагнітача та калорифера в структурі припливно-витяжних агрегатів дає можливість подавати повітря в приміщення з розрахунковою температурою. Зниження його величини не буде відбуватись у вентиляторі.

РОЗДІЛ 4

АВТОМАТИКА

4.1. Завдання і переваги автоматизації систем мікроклімату

Автоматизація кліматичних систем вирішує ряд найважливіших завдань, таких як:

- створення та підтримка комфортних параметрів мікроклімату. Наприклад, при зниженні температури зовнішнього повітря, система автоматизації дасть сигнал опалювальних приладів збільшити температуру теплоносія;
- автоматика дозволяє спростити процес управління параметрами повітряного середовища. Після інструктажу, який проведуть наші фахівці, запровадивши систему автоматизації, Ви самостійно зможете регулювати температуру та інші параметри повітря;
- сучасні системи автоматизації здатні працювати по заданому тимчасовому алгоритмом. Так, наприклад, задавши системі управління часовий алгоритм від однієї доби до року, кліматична система буде функціонувати без втручання обслуговуючого персоналу;
- забезпечення безперебійної роботи систем опалення, вентиляції та кондиціонування у разі виникнення аварійних ситуацій. Якщо відбудеться, наприклад, стрибок напруги, система автоматизації відключить обладнання, з метою його захисту;
- автоматика дозволяє контролювати стан устаткування і всіх механізмів системи, що обумовлює своєчасне проведення обслуговування та ремонту. Пам'ятайте, що навіть вчасно не очищений фільтр може стати причиною зупинки роботи всієї системи;

- автоматизація дає можливість віддаленого управління системами вентиляції, кондиціонування та опалення. Деякими системами можна управляти за допомогою інтернету (диспетчеризація систем);
- автоматика системи вентиляції, кондиціонування та опалення може бути інстальована в загальну систему управління, таку як «Розумний будинок» [20].

Автоматизація систем мікроклімату дає організації ряд переваг:

- економічні: персонал своєчасно реагує на аварійні ситуації та усуває їх. Своєю чергою, це дає змогу зберегти працездатність обладнання та заощадити на його ремонті;
- деякі ситуації усуваються самою системою без залучення персоналу. Це дає змогу працівникам повністю зосередитися на виконанні своїх обов'язків;
- раціональне споживання електричної енергії. Це досягається за рахунок оптимальної роботи чиллерів, фанкойлів, припливно-витяжних установок та іншого обладнання;
- точний контроль споживаних енергоресурсів. Завдяки цьому підприємство ретельніше відстежує свої витрати;
- ретельне планування профілактичних робіт інженерних комунікацій;
- оперативне співробітництво різних інженерних служб.

Автоматизація систем вентиляції та кондиціонування повітря буває частковою та комплексною. У роботі таких систем використовують вимірювальні прилади: манометри, термометри, поплавкові покажчики рівня рідини та багато інших. Зміна параметрів відбувається регуляторами прямої дії. Для цього використовується обладнання загальнопромислового призначення, проте іноді застосовуються і вузькоспеціалізовані прилади.

Щити управління можуть бути як цифровими, так і аналоговими. Останні являють собою панель із приладами, що показують. Контроль проміжних параметрів може контролюватися за допомогою вимірювачів, встановлених безпосередньо в місцях зняття показників. Системи

автоматизації бувають як електричними, так і пневматичними. Останні використовуються в пожежонебезпечних приміщеннях. Також існують змішані електропневматичні системи.

Можливості автоматизації:

- програмування системи вентиляції відповідно до режиму роботи підприємства або окремих приміщень у ньому. Наприклад, у вихідні дні та вночі система вентиляції та кондиціонування повітря автоматично переходить в енергоощадний режим роботи.
- автоматичне інтелектуальне визначення системою оптимальних параметрів кондиціонування повітря. Системи оснащуються датчиками руху, тому в присутності людей працюють в оптимальному режимі;
- автоматичне самоналаштування системи кондиціонування залежно від вологості, температури та тиску повітря, а також від вмісту в ньому вуглекислого газу;
- самодіагностика системи кондиціонування щодо забрудненості фільтрів. Про це система вентиляції повідомляє оператору за допомогою індикації;
- попередження оператора про виникнення несправностей у системі вентиляції;
- індикація виникнення задимлення та загоряння в приміщенні, автоматичний запуск системи пожежогасіння та видалення диму.

Система автоматичного контролю вентиляції та кондиціонування повітря в будівлі – це ключова ланка в управлінні інженерними комунікаціями. Вона дає змогу ефективно контролювати стан обладнання, зберігати параметри в журнал, сповіщати про неполадки за допомогою СМС або email розсилок. Низка проблемних ситуацій може бути вирішена прямо з віддаленого пульта без виїзду на місце події. Все це зменшує витрати і зводить до мінімуму час відновлення нормальної роботи підприємства.

Завдяки автоматизації за процесом кондиціонування повітря може стежити всього одна людина. Мало того, цей фахівець може поєднувати цей обов'язок і з іншими функціями. Це можливо завдяки самодостатності системи та високій інформативності виведених параметрів. Втручання людини потрібне тільки у виняткових ситуаціях, коли для НП, що виникла, у програмному забезпеченні не знайшлося відповідного сценарію. На практиці такі випадки бувають вкрай рідко.

4.2. Компоненти системи автоматики

До складу компонентів системи автоматики входять [20]:

1. Блок управління



Блок управління являє собою контролер, який програмується згідно з необхідними параметрами внутрішнього повітря приміщення. Блок управління можна підключити до загальної системи диспетчеризації об'єкта

2. Частотні перетворювачі



Частотні перетворювачі в системі вентиляції застосовуються з метою плавного регулювання роботи електродвигуна вентилятора



3. Датчик тиску

Датчик тиску використовується для виявлення в системі перепадів тиску, наявності вакууму або розрідженого повітря



4. Термостат

Термостати застосовуються для запобігання замерзання в системі з водяними нагрівачами. Коли показники температури досягають граничних, спрацьовує контакт-перемикач



5. Електропривод повітряних заслінок

Електроприводи для повітряних заслінок регулюють роботу повітряних заслінок в вентиляційних системах і системах кондиціонування повітря



6. Трансформаторні регулятори напруги

Трансформаторні регулятори напруги можуть бути однофазними і трифазними. Використовуються вони для регулювання продуктивності вентилятора, завдяки чому досягається економія електроенергії



7. Електроприводи для регулюючих кульових кранів

Електроприводи для двох і трьох ходових регулюють кульових клапанів

4.3. Функціональна схема автоматики припливно – витяжної установки з пластинчастим рекуператором та електричним нагрівачем

Функціональна схема автоматики припливно – витяжної установки з роторним рекуператором та електричним нагрівачем наведена на рис. 3.1[21].

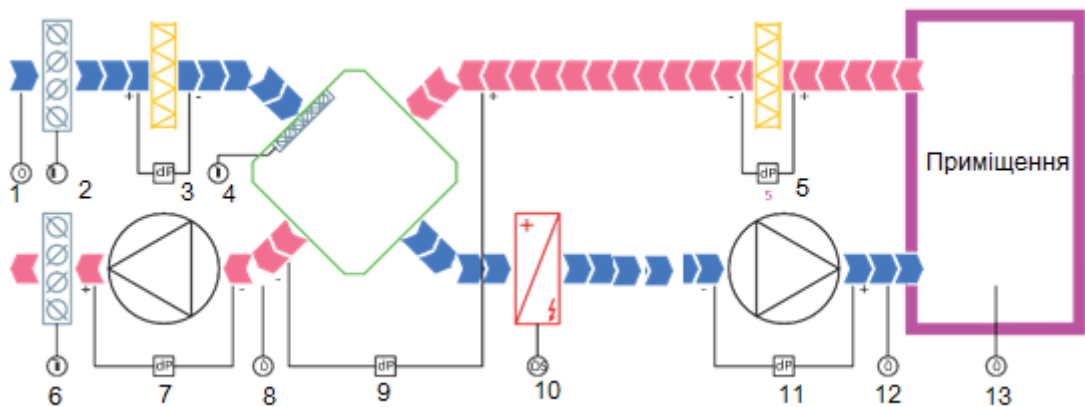


Рис. 4.1. Функціональна схема автоматики припливно – витяжної установки з роторним рекуператором та електричним нагрівачем

СПЕЦИФІКАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ

| № поз. | Найменування |
|--------|---|
| 1 | Датчик температури зовнішнього повітря |
| 2,6 | Привід повітряної заслінки (24 В або 220 В) |
| 3,5 | Диференціальне реле тиску (контроль забруднення фільтру) |
| 4 | Привід обвідної заслінки (з аналоговим управлінням 0...10В) |
| 7,9,11 | Диференціальне реле тиску (контроль роботи вентилятора) |
| 8,12 | Канальний датчик температури повітря |
| 10 | Термостат захисту |
| 13 | Датчик температури в приміщенні або виносний пульт управління |

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Освітлюваність робочих місць

Світлові випромінювання – це електромагнітні випромінювання певної частки оптичного діапазону. За довжиною хвилі оптичні випромінювання знаходяться в діапазоні довжини хвилі від 10 до 340000 нм. У цьому діапазоні видимі випромінювання займають незначну ділянку – діапазон від 380 до 760 нм. Таким чином, при однаковому енергетичному рівні оптичні випромінювання з довжиною хвилі 380–760 нм сприймаються органами зору людини, а за межами цього хвильового діапазону не сприймаються.

Світло – один із суттєвих чинників виробничого середовища, завдяки якому забезпечується зоровий зв'язок працівника з його оточенням. Відомо, що біля 80% всієї інформації про навколишнє середовище надіходить до людини через очі – наш зоровий апарат. Правильно організоване освітлення позитивно впливає на діяльність центральної нервової системи, знижує енерговитрати організму на виконання певної роботи, що сприяє підвищенню працездатності людини, продуктивності праці і якості продукції, зниженню виробничого травматизму тощо. Так, наприклад, збільшення освітленості від 100 до 1000 люкс при напруженій зоровій роботі приводить до підвищення продуктивності праці на 10–20%, зменшення браку на 20%, зниження кількості нещасних випадків на 30%. Вважають, що 5% травм можуть спричинюватись такою професійною хворобою як робоча міопія (короткозорість).

Слід відмітити особливо важливу роль в життєдіяльності людини природного освітлення, його ультрафіолетової частини спектру. Природне освітлення стимулює біохімічні процеси в організмі, поліпшує обмін речовин, загартовує організм, йому властива проти бактеріцидна дія тощо. У зв'язку з цим при недостатньому природному освітленні в умовах виробництва санітарно-гігієнічні нормативи вимагають у системі штучного освітлення застосовувати джерела штучного світла з підвищеною складовою ультрафіолетового випромінювання - еритемні джерела світла.

Спроможність зорового сприйняття визначається енергетичними, просторовими, часовими та інформаційними характеристиками сигналів, що надходять до людини. Видимість об'єкту залежить від властивості ока, а також освітлення (або власного світла об'єкту).

Під час здійснення будь-якої трудової діяльності втомлюваність очей, в основному, залежить від напруженості процесів, що супроводжують зорове сприйняття. До таких процесів відносяться адаптація, акомодация, конвергенція.

Адаптація – здатність ока пристосовуватися до різної освітленості звуженням і розширенням зіниці в діапазоні 2–8 мм.

Акомодация – пристосування ока до зрозумілого бачення предметів, що знаходяться від нього на різній відстані, за рахунок зміни кривизни кришталика.

Конвергенція – здатність ока при розгляданні близьких предметів займати положення, при якому зорові осі обох очей перетинаються на предметі.

5.2. Види виробничого освітлення

Залежно від джерел світла освітлення може бути природним, що створюється прямими сонячними променями та розсіяним світлом небосхилу; штучним, що створюється електричними джерелами світла, та суміщеним, при якому недостатнє за нормами природне освітлення доповнюється штучним.

Природне освітлення поділяється на: бокове (одно або двобічне), що здійснюється через світлові отвори (вікна) в зовнішніх стінах; верхнє, здійснюється через отвори (ліхтарі) в дахах і перекриттях; комбіноване – поєднання верхнього та бокового освітлення.

Штучне освітлення може бути загальним та комбінованим. Загальне освітлення передбачає розміщення світильників у верхній зоні приміщення (не нижче 2,5 м над підлогою) для здійснювання загальне рівномірного або загального локалізованого освітлення (з урахуванням розтушування обладнання та робочих місць). Місцеве освітлення створюється світильниками, що концентрують світловий потік безпосереднього на робочих місцях. Комбіноване освітлення складається із

загального та місцевого. Його доцільно застосувати при роботах високої точності, а також, якщо необхідно створити певний або змінний, в процесі роботи, напрямок світла. Одне місцеве освітлення у виробничих приміщеннях заборонене.

За функціональним призначенням штучне освітлення поділяється на робоче, чергове, аварійне, евакуаційне, охоронне .

Робоче освітлення створює необхідні умови для нормальної трудової діяльності людини.

Чергове освітлення – зніжений рівень освітлення, що передбачається у неробочий час, при цьому використовують частину світильників інших видів освітлення.

Аварійне освітлення вмикається при вимиканні робочого освітлення. Світильники аварійного освітлення живляться від автономного джерела і повинні забезпечувати освітленість не менше 5% величини робочого освітлення, але не менше 2 лк на робочих поверхнях виробничих приміщень і не менше 1 лк на території підприємства.

Евакуаційне освітлення вмикається для евакуації людей з приміщення під час виникнення небезпеки. Воно встановлюється у виробничих приміщеннях з кількістю працюючих більше 50, а також у приміщеннях громадських та допоміжних будівель промислових підприємств, якщо в них одночасно можуть знаходитися більше 100 чоловік. Евакуаційна освітленість у приміщеннях має бути 0,5 лк, поза приміщенням – 0,2 лк.

Охоронне освітлення передбачається вздовж границь територій, що охороняються, і має забезпечувати освітленість 0,5 лк.

5.3. Основні вимоги до виробничого освітлення

Для створення сприятливих умов зорової роботи освітлення робочих приміщень повинне задовольняти таким умовам:

- рівень освітленості робочих поверхонь має відповідати гігієнічним нормам для даного виду роботи згідно до ДБН В. 2.5 -28 – 2018 «Природне та штучне освітлення» ;
- мають бути забезпечені рівномірність та часова стабільність рівня освітленості у приміщенні, відсутність різких контрастів між освітленістю робочої поверхні та навколишнього простору, відсутність на робочій поверхні різких тіней (особливо рухомих);
- у полі зору предмета не повинно створювати сліпучого блиску;
- штучне світло, що використовується на підприємствах, за своїм спектральним складом має наближатися до природного;
- не створювати небезпечних та шкідливих факторів (шум, теплові випромінювання, небезпеку ураження струмом, пожежо- та вибухонебезпечність);
- бути надійним, простим в експлуатації та економічним.

5.4. Штучне освітлення

Штучне освітлення передбачається у всіх приміщеннях будівель, а також на відкритих робочих ділянках, місцях проходу людей та руху транспорту.

Штучне освітлення проектується для двох систем: загальне (рівномірне або локалізоване) та комбіноване (до загального додається місцеве).

При штучному освітленні нормативною величиною є абсолютне значення освітленості, яке залежить від характеристики зорової праці та системи освітлення (загальне, комбіноване). Всього визначено вісім розрядів (в залежності від розміру об'єкта розпізнавання), в свою чергу розряди (I–V) містять чотири підрозряди (а, б, в, г) – в залежності від контрасту між об'єктом і фоном та характеристики фону (коефіцієнта відбиття). Найбільша нормована освітленість складає 5000 лк (розряд I а), а найменша – 30 лк (розряд VIII в). Витяг з ДБН В. 2.5 -28 – 2018 «Природне та штучне освітлення» нормативних значень освітлення приводиться у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Нормативні значення освітлення

| Характеристика та розряд зорової роботи | Найменший лінійний розмір об'єкта розпізнавання, мм | Штучне освітлення, лк | | Природне освітлення, КПОЩ, % | |
|---|---|-----------------------|----------|------------------------------|--------|
| | | комбіноване | загальне | верхнє | бокове |
| Найвищої точності – I | менше 0,15 | 5000–1500 | 1500–400 | 10 | 3,5 |
| Дуже високої точності – II | 0,15–0,3 | 4000–1000 | 1250–300 | 7 | 2,5 |
| Високої точності – III | 0,3–0,5 | 2000–400 | 500–200 | 5 | 2 |
| Середньої точності – IV | 0,5–1 | 750–300 | 300–150 | 4 | 1,5 |
| Малої точності – V | 1–5 | 300–200 | 200–100 | 3 | 1 |
| Груба – VI | більше 5 | – | 150 | 2 | 0,5 |
| Робота з матеріалами, що світяться – VII | більше 0,5 | – | 200 | 3 | 1 |
| Загальне спостереження за ходом технологічного процесу – VIII | – | – | 75–30 | 1 | 0,3 |

Як джерела світла при штучному освітленні використовуються лампи розжарювання та газорозрядні лампи. Основними характеристиками джерел світла є номінальна напруга, споживана потужність, світловий потік, питома світлова віддача та строк служби.

У газорозрядних лампах балон наповнюється парами ртуті та інертним газом, на внутрішню поверхню балона можуть наноситися

люмінофор. Газорозрядні лампи бувають низького (люмінесцентні) та високого тиску. Люмінесцентні лампи мають великий строк служби (10000 год), більшу світлову віддачу (50–80 лм/Вт), малу яскравість поверхні, що світиться, кращий спектральний склад світла – ближчий до денного. До недоліків

люмінесцентних ламп відноситься: пульсація світлового потоку, нестійка робота при низьких температурах і зниженій напрузі та більш складна схема вмикання. Пульсація світлового потоку негативно впливає на стан зору, а також може викликати стробоскопічний ефект, який полягає у тому, що частини обладнання, що обертаються, здаються нерухомими або такими, що обертаються у протилежному напрямі. Стробоскопічний ефект можна знизити вмиканням сусідніх ламп у різні фази мережі, але повністю усунути його не вдається. Зниження негативної дії пульсуючого світлового потоку здійснюють підвищенням частоти (до 11 кГц) струму живлення, що пов'язано з інерційною характеристикою формування зорового образу.

Розрізняють кілька типів люмінесцентних ламп залежно від спектру трального складу світла: ЛД – лампи денні, ЛБ – білі, ЛДЦ – денного світла правильної кольорової передачі, ЛТБ – теплобілі, ЛХБ – холоднобілі.

Лампи високого тиску – дугові ртутні (ДРЛ) та натрієві лампи (ДНАТ) мають строк служби більш 10000 год та світловіддачу відповідно 50 і 130 лм/Вт.

У галогенних лампах колби наповнені парами галогену (йоду або броду). За принципом дії вони бувають розжарювання, газорозрядні і метало галогенові. Галогенні лампи мають строк служби (2000–5000 год) і світловіддачу (20–75 лм/Вт).

Джерело світла (лампи) разом з освітлюваною арматурою складає світильник. Він забезпечує кріплення лампи, подачу до неї електричної енергії, запобігання забрудненню, механічному пошкодженню, а також вибухову і пожежобезпеку та електробезпеку. Здатність світильника захищати очі працюючого від надмірної яскравості джерела характеризується захисним кутом.

При проектуванні освітлювальних установок необхідно, дотримуючись норм та правил освітлення, визначити потребу в освітлювальних пристроях, установчих матеріалах і конструкціях, а також в електричній енергії. Проект, як правило, складається з чотирьох частин: світлотехнічної, електричної, конструктивної та кошторисної фінансової.

Світлотехнічна частина передбачає виконання таких робіт:

знайомство з об'єктом проектування, яке полягає в оцінці характеру й точності зорової роботи на кожному робочому місці; при цьому обов'язково треба

встановити роль зору у виробничому процесі, мінімальні розміри об'єктів розрізнювання та відстань від них до очей працюючого; визначити коефіцієнт відбиття робочих поверхонь і об'єктів розрізнення, розташування робочих поверхонь у просторі, бажану спрямованість світла, наявність об'єктів розрізнювання, що рухаються, можливість збільшення контрасту об'єкта з фоном, можливість виникнення травматично небезпечних ситуацій, стробоскопічного ефекту; виявити конструкції та об'єкти, на яких можна розмістити освітлювальні прилади, а також конструкції та об'єкти, які можуть утворювати тіні тощо;

вибір системи освітлення, який визначається вимогами до якості освітлення та економічності установки освітлення;

вибір джерела світла що визначається вимогами до спектрального складу випромінювання, питомою світловою віддачею, одиничною потужністю ламп, а також пульсацією світлового потоку;

визначення норм освітленості та інших нормативних параметрів освітлення для даного виду робіт відповідно до точності робіт, системи освітлення та вибраного джерела світла;

вибір приладу освітлення, що регламентується його конструктивним виконанням за умовами середовища, кривою світлорозподілу, коефіцієнтом корисної дії та величиною блиску;

вибір висоти підвісу світильників здійснюється, як правило, сумісно з вибором варіанту їх розташування і визначається в основному найвигіднішим відношенням $L:h$ (відстань між світильниками до розрахункової висоти підвісу), а також умовами засліплення; залежно від кривої світлорозподілу (типу світильника) відношення $L:h$ прийнято від 0,9 до 2,0.

Після визначення основних параметрів освітлювальної установки (нормованої освітленості, системи освітлення, типу освітлювальних приладів та схеми їх розташування) приступають до світлотехнічних розрахунків.

Розрахунок освітлювальної установки може бути виконано різними способами, які базуються на двох основних методах розрахунків: за світловим потоком і точковий. Найбільш розповсюджений в проектній практиці розрахунок за

методом коефіцієнта використання потоку світла. Цей метод використовується для розрахунку загального рівномірного освітлення і дає змогу визначити світловий потік джерел світла, необхідний для створення нормованого освітлення розрахункової горизонтальної площини. Цим методом враховується прямий та відбитий (від стелі, стін та підлоги) потік світла.

5.5. Експлуатація освітлювальних установок

Ретельний і регулярний догляд за устаткуванням природного та штучного освітлення має важливе значення для створення раціональних умов освітлення, а саме, – забезпечення потрібних величин освітленості без додаткових витрат електроенергії. В приладах з газорозрядними лампами необхідно слідкувати за належним станом схем вмикання та пускорегулюючих апаратів, про несправність яких свідчить значний шум дроселів та блимання світла. Терміни чищення світильників та віконного скла в залежності від рівня пилу та газів в повітряному середовищі передбачаються діючими нормами (для віконного скла від двох до чотирьох разів на рік; для світильників – від чотирьох до дванадцяти раз на рік). Своєчасно повинна проводитися заміна несправних ламп та ламп, що відпрацювали робочий строк. Після заміни ламп та чищення світильників необхідно перевіряти рівень освітленості в контрольних точках не рідше одного разу на рік. Фактично отримана освітленість повинна бути більшою або дорівнювати нормативній освітленості з урахуванням коефіцієнта запасу.

Для вимірювання рівнів освітленості на робочих поверхнях використовують люксметри, які складаються з фотоелемента та увімкненого до нього міліамперметра. При надходженні світлового потоку на фотоелемент у колі приладу виникає фотострум, пропорційний світловому потоку, що падає. Шкала приладу градується в одиницях освітленості – люксах, що дає змогу за показаннями приладу оцінити освітленість поверхні [22].

5.6. Розрахунок штучного освітлення для приміщення торговельного залу

Завдання. Розрахувати систему загального рівномірного освітлення для торговельного залу, якщо приміщення має світлу побілку: коефіцієнт відбиття стелі $\rho_{\text{стелі}} = 70\%$, стін $\rho_{\text{стін}} = 50\%$, підлоги $\rho_{\text{підлоги}} = 30\%$. Висота приміщення $H=3,5\text{м}$; відстань від світильника до стелі $h_c = 0,2\text{ м}$. Тип світильників – ЛПО-01.

Розв'язування

1. Визначається орієнтовна кількість світильників загального освітлення в приміщенні:

$$N = \frac{F}{L^2} \quad (5.1)$$

де F – площа підлоги, м^2 ;

L – відстань між рядами світильників, м , яка визначається зарівнянням:

$$L = 1,5 \cdot H_p, \quad (5.2)$$

H_p – висота підвісу світильників над рівнем робочої поверхні.

Для приміщення торговельного залу в якості робочої поверхні розглядається підлога. Тому величина H_p визначається за рівнянням:

$$H_p = H - h_c, \quad (5.3)$$

де H – висота приміщення;

h_c – відстань від світильників до стелі, м .

$$H_p = 3,5 - 0,2 = 3,3\text{м}$$

$$L = 1,5 \cdot 3,3 = 4,95\text{м}$$

$$N = \frac{760}{4,95^2} = 31\text{шт}$$

2. Визначається світловий потік однієї лампи за формулою:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot F \cdot Z \cdot K_3}{N \cdot n \cdot \eta}, \quad (5.4)$$

де E_n – нормована освітленість, лк (200 лк);

F – площа підлоги, m^2 ;

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

K_3 – коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в результаті забруднення або старіння ламп (для торговельних залів $K_3=1,5$);

N – кількість світильників, шт;

n – кількість ламп у світильнику, шт (для ламп ЛПО-01 дорівнює 2);

η – коефіцієнт використання світлового потоку (25% прийнято в залежності від типу лампи, коефіцієнтів відбиття стелі та стін).

$$\Phi = \frac{200 \cdot 760 \cdot 1,1 \cdot 1,5}{31 \cdot 2 \cdot 0,25} = 16180_{лм}$$

РОЗДІЛ 6

ТЕХНОЛОГІЇ МОНІТОРИНГУ МІКРОКЛІМАТУ

6.1. Мікроклімат та комфорт у приміщенні

Мікроклімат приміщення відіграє важливу роль у створенні комфортного, безпечного та здорового середовища для людини. Він включає сукупність факторів, які мають прямий вплив на самопочуття, працездатність і здоров'я людей, і регламентується різними нормативними документами, які встановлюють оптимальні та допустимі значення параметрів мікроклімату з урахуванням санітарно-гігієнічних вимог.

Існують оптимальні і допустимі умови мікроклімату.

З поняттям мікроклімату нерозривно пов'язано поняття про комфорт. Комфорт – це суб'єктивне поняття, що залежить від індивідуальних уподобань та фізіологічних особливостей кожної людини.

Комфорт у приміщенні – це суб'єктивне відчуття затишку та зручності, яке людина відчуває за умови сприятливого поєднання фізичних параметрів навколишнього середовища. Комфортний стан не вимагає від людини напруги як фізичних, так і психологічних механізмів.

Взаємозв'язок понять мікроклімату та комфорту можна сформулювати так: комфорт безпосередньо залежить від мікрокліматичних умов. Оптимальний мікроклімат створює умови, за яких людина відчуває комфорт. А відмінність цих понять у тому, що мікроклімат – це об'єктивний стан довкілля, який можна виміряти і регулювати за допомогою приладів. Комфорт же – це суб'єктивне сприйняття цих умов, яке може змінюватись у різних людей залежно від їх фізіологічних особливостей та вподобань.

Таким чином, система моніторингу мікроклімату в приміщенні повинна надавати можливість, з одного боку, визначати відповідність параметрів мікроклімату нормативним вимогам, а з іншого – давати можливість користувачеві адаптувати параметри мікроклімату під свої індивідуальні

потреби для досягнення максимального рівня комфорту в житловому чи робочому просторі.

Характеристика мікроклімату у приміщенні включає кілька ключових параметрів, які визначають стан внутрішнього середовища та його вплив на здоров'я та самопочуття людини. Основними серед них є температура повітря, відносна вологість та якість повітря у приміщенні.

У більшості країн, так само, як і в Україні, існують стандарти, що регулюють параметри мікроклімату в житлових та громадських будівлях. Наприклад, норми щодо температури, вологості та вентиляції для офісних приміщень, шкіл, лікарень та виробничих підприємств. Оцінка параметрів мікроклімату необхідна для дотримання цих норм та запобігання соціальним, юридичним та фінансовим ризикам, пов'язаним з порушеннями санітарних вимог.

Системи моніторингу мікроклімату необхідні у різних типах приміщень, де параметри повітря та інші кліматичні умови можуть суттєво впливати на здоров'я, безпеку, комфорт та ефективність роботи людей. Перелік основних категорій таких приміщень включає:

- житлові приміщення, у яких люди проводять значну частину часу. Надмірна вологість, наприклад, може призводити до появи плісняви, а недостатність вентиляції – до накопичення вуглекислого газу, що негативно позначається на стані здоров'я. Контроль температури, вологості, рівня CO₂ та інших параметрів повітря у цьому випадку необхідний для підтримки комфорту та профілактики захворювань;

- офіси та робочі простори, де поганий мікроклімат на робочих місцях може знижувати продуктивність співробітників та погіршувати їхнє здоров'я. Недостатня вентиляція, високі рівні CO₂, низька вологість та некомфортна температура ведуть до втоми, зниження концентрації та підвищення ризику захворювань. Моніторинг мікроклімату необхідний для підтримки оптимальних умов роботи, підвищення продуктивності праці та зниження кількості захворювань серед співробітників;

– навчальні заклади (школи, університети, дитячі садки). Низький рівень кисню, неправильна температура або висока вологість можуть знижувати концентрацію, погіршувати самопочуття та сприяти поширенню вірусних інфекцій серед дітей. Моніторинг параметрів мікроклімату необхідний для забезпечення безпечного та здорового середовища навчання;

– медичні установи, де якість повітря має критичне значення для підтримки здоров'я пацієнтів та персоналу. Поганий мікроклімат може сприяти поширенню інфекцій, уповільненню одужання пацієнтів та погіршенню умов роботи медперсоналу. Необхідність контролю чистоти повітря, температурного режиму, вологості має особливе значення у реанімаціях, операційних та палатах з пацієнтами з ослабленим імунітетом;

– приміщення на виробничих об'єктах за умовами праці можуть значно відрізнятися в залежності від типу діяльності. Вплив високої температури, вологості, пилу, токсичних речовин може суттєво знижувати безпеку праці та впливати на здоров'я працівників. Системи моніторингу мікроклімату особливо важливі для таких галузей, як хімічна, металургійна та будівельна промисловості для запобігання перегріву, забезпечення вентиляції та контролю рівня шкідливих речовин на робочих місцях;

– складські приміщення для зберігання певних типів товарів (продукти харчування, фармацевтичні препарати, електроніка), де потрібні чітко задані параметри температури, вологості та інше. Неправильні умови зберігання можуть призвести до псування продукції або зниження її якості. Моніторинг мікроклімату необхідний для контролю умов зберігання та запобігання збиткам;

– музеї, бібліотеки та архіви, де зберігаються предмети, чутливі до коливань температури, вологості та інших кліматичних факторів (картини, книги, документи, історичні артефакти). Невідповідні умови можуть спричинити деградацію та руйнування цінних експонатів. Мета моніторингу в даному випадку – підтримання стабільних кліматичних умов та запобігання ушкодженню культурних цінностей;

– транспортні засоби та інфраструктура, які потребують систем моніторингу мікроклімату для створення комфортних умов для пасажирів та запобігання погіршенню самопочуття у тривалих поїздах;

– серверні приміщення та дата-центри, що потребують суворого контролю температури та вологості, оскільки перегрів обладнання може призвести до збоїв у роботі систем та великих фінансових втрат [23,24].

6.2. Застосування технологій інтернету речей в системах мікроклімату

Концепція інтернету речей (Internet of Things, IoT) полягає у створенні мережі, що складається з фізичних об'єктів, здатних збирати, передавати та аналізувати дані за допомогою датчиків та програмного забезпечення. Ці об'єкти – «розумні речі» – можуть бути різними пристроями: від простих побутових приладів до складних промислових систем [24].

Одним із ключових аспектів інтернету речей є можливість автономного обміну даними, або так звана взаємодія "машина-машина" (M2M). Це означає, що пристрої можуть взаємодіяти один з одним без участі людини, що дозволяє підвищити ефективність їхньої роботи та автоматизувати різні процеси. Найважливішу роль у цьому відіграють бездротові мережі та сучасні мікропроцесори, які дозволяють створювати різноманітні компактні та доступні пристрої для реалізації концепції інтернету речей у всіх сферах життя.

Системи на основі IoT дозволяють здійснювати віддалений моніторинг та керування, тобто віддалено відстежувати параметри мікроклімату в режимі реального часу через смартфони, планшети або комп'ютери та надсилати повідомлення, якщо параметри мікроклімату виходять за межі допустимих норм. Користувач може контролювати температуру, вологість, якість повітря та інші параметри з будь-якої точки світу, що дозволяє швидко реагувати на проблеми, запобігаючи перегріву обладнання, псуванню матеріалів або погіршенню здоров'я людей. Це особливо корисно для великих об'єктів, де

неможливо фізично контролювати усі приміщення вручну.

IoT-пристрої, оснащені різноманітними датчиками, можуть інтегруватися із системами опалення, вентиляції та кондиціонування (HVAC), а також із зволожувачами або осушувачами повітря. Системи автоматично регулюють температуру, вологість та інші параметри на основі даних датчиків [29]. Наприклад, при підвищенні рівня CO₂ система вентиляції включається автоматично або при досягненні критичної температури система кондиціонування коригує режим роботи. Це дозволяє підтримувати оптимальний мікроклімат без постійного втручання людини. Це особливо актуально для офісів, навчальних закладів та медичних закладів, де високі концентрації CO₂ та інших забруднювачів можуть негативно впливати на самопочуття та працездатність людей.

Концепція інтернету речей передбачає, що різні IoT-пристрої можуть працювати в єдиній екосистемі з іншими системами розумного будинку або офісу, такими як системи освітлення, безпеки, керування вікнами та дверима. Наприклад, система моніторингу мікроклімату може синхронізуватися з автоматичними вікнами або жалюзі, які відкриваються або закриваються для регулювання сонячного світла та температури у приміщенні. Це дозволяє покращити енергоефективність будівлі, скорочуючи витрати на кондиціонування та опалення [26].

IoT-рішення допомагають оптимізувати використання енергоресурсів шляхом більш точного та своєчасного регулювання роботи кліматичних систем. Пристрої можуть автоматично вимикати або знижувати інтенсивність роботи систем опалення та кондиціонування в неробочий час або коли в приміщенні нікого немає. Це знижує споживання енергії та експлуатаційні витрати, роблячи будівлю більш екологічною та економічно вигідною.

Таким чином, можна виділити такі переваги використання технологій IoT для моніторингу мікроклімату:

- віддалений моніторинг та керування параметрами мікроклімату;
- автоматизація систем клімат-контролю;

- збір та аналіз даних для виявлення тенденцій та закономірностей;
- інтеграція з іншими системами розумного будинку чи офісу;
- підвищення енергоефективності приміщень та економія ресурсів;
- підвищення безпеки та запобігання аваріям обладнання.

6.3. Існуючі системи моніторингу мікроклімату в приміщенні

В результаті аналізу існуючих рішень у галузі моніторингу мікроклімату в приміщеннях були виділені декілька, найбільш розповсюджених пристроїв, що є типовими та в цілому характеризують сучасний стан галузі: Aqara TVOC AAQS-S01, Xiaomi MIIW, Bosean T-Z01, PROTMECH PTH-5 та IQAir AirVisual Pro. Кожен з них має свої характеристики, функції та можливості, які дозволяють вимірювати та аналізувати умови у приміщенні.

Зовнішній вигляд пристрою для моніторингу якості повітря Aqara TVOC AAQS-S01 наведений на рис. 6.1.



Рис.6.1. Монітор якості повітря Aqara TVOC AAQS-S01

Пристрій вимірює температуру, вологість та рівень загальних летких органічних сполук (Total Volatile Organic Compounds, TVOC) з точністю до 0,01 мг/м³. Оснащений вбудованим екраном E-Ink, завдяки якому користувач отримує чітке зображення навіть при прямому сонячному світлі. Зручне магнітне кріплення до будь-яких металевих поверхонь. Прилад живиться від двох батарейок типу CR2450. Для роботи датчик необхідно підключити до Центру розумного будинку (Hub) Aqara з підтримкою Zigbee 3.0. Сумісний

також з системами «розумний дім»: Apple Homekit, Mi Home та іншими.

Суттєвими недоліками прилада є відстеження лише одного параметру якості повітря – летких органічних сполук, відсутність сповіщення користувача про порушення нормативів температурного режиму та вологості, відсутність вбудованої пам'яті для збереження статистики.

На рис. 6.2 наведений термогігрометр Xiaomi MHPW.



Рис. 6.2. Монітор якості повітря Xiaomi MHPW

Пристрій оснащений рідкокристалічним дисплеєм, що відображає інформацію про температуру, вологість, час і дату. Значок рівня комфорту у центрі екрана вказує рівень комфорту на основі відносної вологості (Relative Humidity, %RH).

Всього цей монітор якості повітря відображає три рівні комфорту:

- сухо (жовтогарячий): вологість менше 30%
- комфортно (зелений): вологість від 30% до 69%
- волого (синій): вологість вище 70%

Недоліками пристрою є відсутність контролю якості повітря (вмісту вуглекислого газу, летких органічних сполук, пилу та інше), відсутність вбудованої пам'яті для збереження статистики.

Зовнішній вигляд пристрою моніторингу Bosean T-Z01 наведений на рис. 6.3.



Рис.6.3. Монітор якості повітря Bosean T-Z01

Монітор вимірює температуру та вологість повітря, концентрацію летких органічних сполук (Total Volatile Organic Compounds, TVOC), концентрацію формальдегіду (НСНО), кількість зважених твердих частинок РМ2.5.

Цей прилад настільного типу заряджається через кабель USB та має вбудований акумулятор Li-ion з напругою 3.7 В та ємністю 1500 мА·ч. Формфактор акумулятора нестандартний, можливість заміни акумулятора користувачем не передбачена. Отже, ресурс роботи приладу обмежений.

На рис. 6.4 наведений графічний інтерфейс Bosean T-Z01. Дані відображаються на LCD-дисплеї з роздільною здатністю 320 x 240 пікселів. Інтерфейс є більш інформативним, ніж у пристроїв Aqara TVOC AAQS-S01 та Xiaomi MHPW, адже дозволяє переглядати статистику за останні 8 годин роботи монітору. На головному екрані графічної оболонки пристрою функціонує кольорова індикація рівня якості повітря – індексу якості повітря (Air Quality Index, AQI).



Рис. 6.4. Графічний інтерфейс монітору якості повітря Bosean T-Z01

Індикація має чотири рівні:

- 1) 0-50: Good (зелений) – якість повітря задовільна, і забруднення повітря не становить небезпеки або не становить жодного ризику;
- 2) 51-100: Slight (жовтий) – якість повітря прийнятна, однак деякі забруднювачі можуть викликати занепокоєння у дуже невеликої кількості чутливих осіб;
- 3) 101-150: Moderate (помаранчевий) – люди, що належать до чутливих груп (наприклад, люди з респіраторними або серцевими захворюваннями, діти та люди похилого віку) можуть мати негативні наслідки для здоров'я;
- 4) 151-300: Serious (фіолетовий) – попередження про погані наслідки для здоров'я, кожен може відчувати серйозніші наслідки для здоров'я.

У разі відхилення параметрів від норми спрацьовує звукове сповіщення. Норми допустимих значень, мову англійську або китайську, яскравість дисплею, час переходу у режим сну можна налаштувати в меню налаштувань пристрою, яке наведене на рисунку 1.5 в нижньому лівому куті.

На рис. 6.5 наведене розміщення датчиків у моніторі якості повітря Bosean T-Z01.

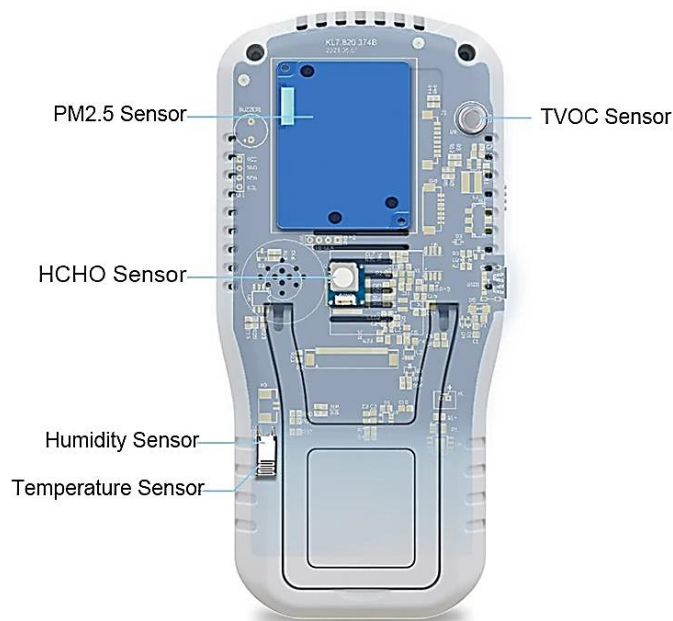


Рис. 6.5. Датчики якості повітря монітору Borean T-Z01

Всередині приладу знаходяться датчики температури, вологості, летких органічних сполук (TVOC), концентрації формальдегіду (HCHO), кількості зважених твердих частинок PM2.5. Суттєвим недоліком BOSEAN T-Z01 є відсутність датчика вуглекислого газу. Концентрацію вуглекислого газу прилад вираховує опосередковано через концентрацію летких органічних сполук, вологість, температуру, що не є точним методом. Також BOSEAN T-Z01 не має можливості калібрування рівня вуглекислого газу. Отже, показники вуглекислого газу даного пристрою не є надійними. На відміну від попереднього приладу, BOSEAN T-Z01 має пам'ять для статистики, але 8 годин збереженої статистики це дуже мало. Користувач не зможе порівняти дані за декілька днів між собою для кращого уявлення про стан повітря.

Зовнішній вигляд монітор якості повітря компанії PROTMEХ моделі РТН-5 наведений на рис. 6.6.

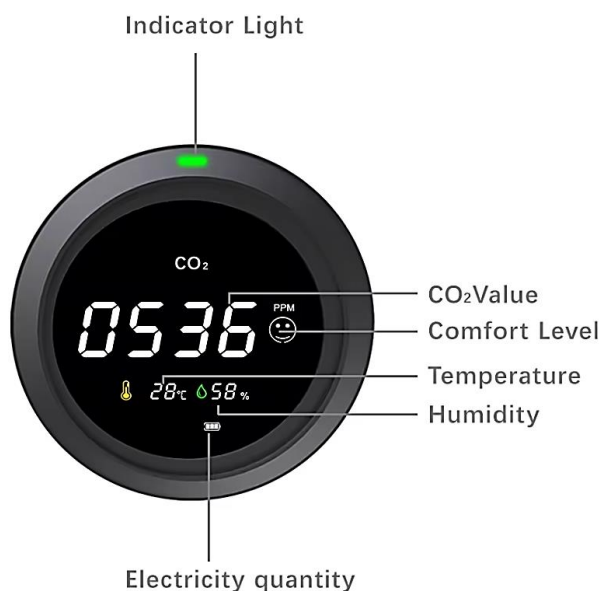


Рис.6.6. Монітор якості повітря PROTMECH PTH-5

Портативний пристрій PROTMECH PTH-5 призначений для визначення базових параметрів повітря: вологості, температури, рівня вуглекислого газу. Пристрій має вбудований акумулятор Li-ion з напругою 3.7 В типорозміру 18650, що дозволяє користувачу замінити акумулятор у разі виходу його з ладу. PROTMECH PTH-5 для вимірювання концентрації вуглекислого газу використовує датчик, заснований на принципі недисперсійного інфрачервоного поглинання з температурною корекцією, який може точно вимірювати концентрацію вуглекислого газу в повітрі в діапазоні концентрацій від 0 ppm до 5000 ppm, на відміну від монітору якості повітря Bosean T-Z01, що вимірював концентрацію вуглекислого газу опосередковано.

На рідкокристалічному екрані з підсвіткою монітор відображає температуру, вологість повітря, концентрацію вуглекислого газу в частинках на мільйон та рівень заряду акумулятора. Над екраном пристрою знаходиться індикаторний світлодіод, який разом з вбудованим п'єзоелементом попереджають користувача у разі перевищення допустимого рівня концентрації вуглекислого газу.

Останнім розглянемо пристрій для моніторингу якості повітря компанії IQAir моделі AirVisual Pro. Монітор IQAir AirVisual Pro оснащений

кольоровим рідкокристалічним дисплеєм (рисю 6.7). Кольоровий LCD-дисплей пристрою відображає дані про якість повітря у приміщенні за чотири параметрами: температура, вологість, забрудненість найдрібнішими частинками PM2.5 та рівень CO₂. Аналізатор показує інформацію в реальному часі, а також зберігає дані за останню добу. Вбудований акумулятор ємністю 1900 mAh дозволяє приладу працювати автономно протягом доби. На відміну від попередніх моніторів якості повітря, IQAir AirVisual Pro має додатки для IOS та Android. Додатки використовують Wi-Fi для зв'язку з пристроєм та дозволяють переглянути збережену в ньому інформацію.



Рис. 6.7. Монітор якості повітря IQAir AirVisual Pro

Недоліком IQAir AirVisual Pro є малий проміжок часу збереження статистики (лише одна доба). Другим суттєвим недоліком монітору якості повітря є відсутність можливості калібрування датчику вуглекислого газу у випадку заміни датчика.

Основні характеристики пристроїв для моніторингу якості повітря зведені у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Основні характеристики моніторів якості повітря

| | Параметри мікроклімату, що вимірюються | | | | | | Протокол зв'язку | Час запису даних, годин | Ціна, грн. |
|---------------------|--|------|------|-----------------|-------|-----|------------------|-------------------------|------------|
| | PM2.5 | НСНО | TVOC | CO ₂ | t, °C | %RH | | | |
| Aqara TVOC AAQS-S01 | Ні | Ні | Так | Ні | Так | Так | Zigbee | - | 999 |
| Xiaomi MHPW | Ні | Ні | Ні | Ні | Так | Так | - | - | 460 |
| Bosean T-Z01 | Так | Так | Так | Ні | Так | Так | - | 8 | 5495 |
| PROTMEX PTH-5 | Ні | Ні | Ні | Так | Так | Так | - | - | 2070 |
| IQAir AirVisual Pro | Так | Так | Ні | Так | Так | Так | Wi-Fi | 24 | 18000 |

Отже, треба зазначити, що розглянуті монітори мають кілька суттєвих обмежень, які можуть впливати на їхню ефективність та зручність використання.

Перш за все, більшість таких пристроїв або взагалі не мають функції збереження статистичних даних, або зберігають інформацію не більше ніж за одну добу. Це не дає можливості робити аналіз довготривалих змін якості повітря, проводити узагальнення отриманих результатів для визначення проблемних зон у будівлях. Крім того, всі вищезгадані прилади потребують постійного мануального контролю за показниками.

По-друге, пристрої, що є доступними широкому колу споживачів, мають дуже обмежений функціонал: вимірюють лише декілька показників: температуру повітря, вологість та від 1 до 3 забруднювачів, серед яких немає, наприклад, диму, горючих газів, монооксиду вуглецю, та часто відсутній навіть датчик вуглекислого газу. Це значно звужує коло споживачів та галузей використання. Також дешеві пристрої мають низьку точність вимірювання показників; не мають можливості калібрування датчиків; не надають дистанційного доступу до результатів вимірювання.

Пристрої, що мають більш розширений функціонал, мають завищену ціну,

що стає серйозною перешкодою для широкого впровадження їх використання серед звичайних користувачів.

Перелічені недоліки існуючих моделей моніторів параметрів мікроклімату підкреслюють необхідність розвитку більш доступних рішень з вдосконаленим функціоналом на основі технологій інтернету речей, які б відповідали сучасним вимогам до стану мікроклімату в приміщеннях різного призначення.

ЛІТЕРАТУРА

1. L. Pérez-Lombard, et al., «HVAC systems energy comparisons for an office building», *Proceedings of the Climamed*, Lisbon, 2004, pp. 121-127.
2. H. El-Dessouky, H. Ettouney, and A. Al-Zeefari, «Performance analysis of two stage evaporative coolers», *Chemical Engineering Journal*, vol. 102, no. 3, pp. 255-266, 2004.
3. K. Biswas et al., «Insulation materials for commercial buildings in North America: An assessment of lifetime energy and environmental impacts» *Energy and Buildings*, vol. 112, pp. 256-269, 2016.
4. Z. Bako-Biro, «Human perception, SBS symptoms and performance of office work during exposure to air polluted by building materials and personal computers», *International Centre for Indoor Environment and Energy*, 2004.
5. Z. Bakó-Biró, et al., «Ventilation rates in schools and pupils' performance» *Building and environment*, vol. 48, pp. 215-223, 2012.
6. Заходи з енергозбереження в системах опалення, вентиляції та кондиціонування повітря. URL: <https://patriot-nrg.com/uk/content/zahody-z-energozberzhennya-v-systemah-opalennya-ventylyaciyi-ta-kondycionuvannya-povitrya>
7. Енергоефективна вентиляція. URL: https://vents-shop.com.ua/statti-pro-ventilyaciyu-uk/energoefektivna-ventilyaciya/?srsIid=AfmBOoqdKYihdlaCU8Nt867iHX5_fk-cNm8RJMMCWLnQbkKdoCVezsOJ
8. Енергозберігаючі вентилятори. URL: <https://vents-shop.com.ua/statti-pro-ventilyaciyu-uk/energozberigayuchi-es-ventilyatori/?srsIid=AfmBOooODQW85xzdNJeVlhYOeVTViCpm2RU-3tWvIEAvBXwRCWPBJKT1>
9. V. Vakiloroyaya, et al., «A review of different strategies for HVAC energy saving», *Energy conversion and management*. vol. 77, pp. 738-754, 2014.
10. Пластинчасті рекуператори. URL: <https://delling-standart.com/54ua.html>
11. Частотні перетворювачі. URL: <https://refit.com.ua/productions-category/peretvoriuvachi-chastoty-uk/>
12. Частотний перетворювач – принцип роботи, переваги та застосування в

промисловості. URL: <https://ukrprommotor.com.ua/blog/chastotnij-peretvoryuvach---printsip-roboti-perevagi-ta-zastosuvannya-v-promislovosti?srsltid=AfmBOoqin9YepQ7ffIsK8ARA64mcP7bHNvAad6z4uRSIo8hEW3okZvUI>

13. ДБН В. 2.5 – 67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування». – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово – комунального господарства України, 2013. – 113 с.
14. ДСТУ-Н Б В.1.1 – 27:2010 «Будівельна кліматологія». – К.: Мінрегіонбуд, 2010. – 123 с.
15. ДБН В. 2.2 – 23:2009 «Підприємства торгівлі». – К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2009. – 52 с.
16. Методичні вказівки «Визначення теплової потужності системи опалення» для студентів спеціальності «Будівництво та цивільна інженерія.» (спеціалізація «Теплогазопостачання і вентиляція»)/ Уклад.: О.П.Любарець, М.П.Сенчук, В.О.Любарець. – К.: КНУБА, 2016. – 34с.
17. ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція будівель». – К.: Міністерство розвитку громад та територій, 2022. – 27 с.
18. Зінич П.Л. Вентиляція громадських будівель :навчальний посібник Для студ. вищ. навч.закл. / П.Л. Зінич; Київськ. нац.. ун-т буд-ва і архіт. – К.: 2002, 255 с.
19. Розрахунок теплонадходжень приміщення. URL: https://www.klimatvdomi.com/condition/cond_teplopritoki_ua.html
20. Автоматика систем вентиляції і кондиціонування. URL: <https://www.airvent.com.ua/uslugi-uk/avtomatika-uk>
21. Системы автоматического управления. URL: <https://vents.ua/uploads/download/automaticcatalogue012016rus.pdf>
22. Основи охорони праці: Підручник. 2-ге видання, доповнене та перероблене. / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний, Д. В. Зеркалов, Р. В. Сабарно, О. І. Полукаров, В. С. Коз'яков, Л. О. Мітюк. За ред. К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського. - К.: Основа, 2006 - 448 с.
23. Колесник Є. Мікроклімат приміщень: нормування. Європейський підхід. Міжнародний портал з енергозбереження. URL: <https://patriot-nrg.com/uk/content-yevropeyskyy-pidhid> .

24. Немчинський С. Що таке СУБД і для чого вони потрібні. URL: <https://foxminded.ua/systema-upravlinnia-danykh/>.
25. Жураковський, Б. Ю., Зенів І. О. Технології інтернету речей : навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Інформаційне забезпечення робототехнічних систем». Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 271 с. URL: https://ela.kpi.ua/bitstream/internet_rechey.pdf
26. Hersent O., Boswarthick D., Elloumi O. The Internet of Things: Key Applications and Protocols. John Wiley & Sons Ltd, 2012. 353 p. URL: <https://nasrinword.files.wordpress.com/2018/05/>