МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Запорізький національний університет
Навчально-науковий інженерний інститут ім. Ю.М. Потебні

Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем

Кваліфікаційна робота

перший (бакалаврський) рівень

на тему Підвищення енергоефективності електроприводів у системах вентиляції та кондиціонування

Виконала: студентка групи 6.1411
Андрусенко-Якотюк Д.О.

спеціальності
141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

освітньо-професійна програма
Енергетика, електротехніка та електромеханіка

Керівник Артемчук В.В.

Запоріжжя
2025 рік

Запорізький національний університет

Навчально-науковий інженерний інститут ім. Ю.М. Потебні

(повне найменування вищого навчального закладу)

Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем

(повна назва кафедри)

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський) рівень

(повна назва кафедри)

Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва)

Спеціалізація

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма Електроенергетика, електротехніка

(шифр і назва)

та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

д.т.н., доц.  В.Л. Коваленко

“_10_” __травня__2024 року

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу студенту

_____ Андрусенко-Якотюк Д.О._____

1. Тема роботи: Підвищення енергоефективності електроприводів у системах вентиляції та кондиціонування

Керівник роботи:_____Артемчук В.В._____

затверджені наказом ЗНУ від «_27_»_грудня__2024__року №_2029 - с__

2. Строк подання студентом роботи: 23 травня 2025 року___

3. Вихідні дані до роботи: паспортні дані електроприводів.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які рекомендовано розробити):

4.1 Особливості вентиляційних систем

4.2 Системи кондиціонування повітря .

4.3 Поняття енергоефективності

4.4 Вибір та аргументація раціонального типу електропривода для вентилятора .

5. Перелік графічного матеріалу:

5.1.Побудова системи вентиляції

5.2.Циркуляція повітря в приміщенні при різних видах вентиляції

5.3. Припливно – витяжна вентиляція

5.4. Будова кондиціонера

6. Консультанти розділів дипломної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Артемчук В.В., професор		
Розділ 2	Артемчук В.В., професор		
Розділ 3	Артемчук В.В., професор		
Нормоконтроль	Коваленко І.І., асистент		

7. Дата видачі завдання 01.06.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів магістерської роботи	Примітка
1	Особливості конвеєрних ліній.	01.10.2024	
2	Дослідження задачі підвищення енергетичної ефективності конвеєрних ліній	01.11.2024	
3	Розрахунок навантажень	25.11.2024	

Студент _____ Андрусенко-Якотюк Д.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник дипломної роботи _____ Артемчук В.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтролер _____ Коваленко І.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

У даній роботі вирішені наступні завдання: описані особливості вентиляційних систем; досліджені системи кондиціонування повітря, розкрито поняття енергоефективності; проведений вибір та аргументація раціонального типу електропривода для вентилятора.

Ключові слова: ВЕНТИЛЯЦІЙНА СИСТЕМА, КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ, ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ, НАПРУГА, СТРУМ, ПОТУЖНІСТЬ, ЕЛЕКТРОПРИВОД, ВЕНТИЛЯТОР.

ABSTRACT

This work solves the following problems: the features of ventilation systems are described; air conditioning systems are investigated, the concept of energy efficiency is revealed; a rational type of electric drive for a fan is selected and argued.

Keywords: VENTILATION SYSTEM, AIR CONDITIONING, ENERGY EFFICIENCY, VOLTAGE, CURRENT, POWER, ELECTRIC DRIVE, FAN.

ЗМІСТ

ВСТУП..... 6
1 ОСОБЛИВОСТІ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ СИСТЕМ 8
1.1 Загальні засади 8
1.2 Різновиди вентиляції 10
1.3 Припливно – витяжна вентиляція 14
2 СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ 18
2.1 Класифікація систем 18
2.2 Центральні однозональні системи кондиціонування повітря 21
2.3 Центральні багатозональні системи кондиціонування повітря 23
2.4 Місцеві системи кондиціонування повітря 24
3 ПОНЯТТЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ 29
4 ВИБІР ТА АРГУМЕНТАЦІЯ РАЦІОНАЛЬНОГО ТИПУ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ДЛЯ ВЕНТИЛЯТОРА 51
ВИСНОВОК..... 60
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ 61

ВСТУП

Системи вентиляції стали невід'ємною частиною сучасного життя та надзвичайно актуальні у різних сферах, від житлових приміщень до промислових підприємств. Їх використання важливе для підтримки комфортного та здорового мікроклімату, а також для запобігання різноманітним проблемам, пов'язаним з недостатнім повітрообміном.

Вентиляція забезпечує надходження свіжого повітря, що є важливим для нормального функціонування організму, допомагає боротися з інфекціями та алергіями, а також покращує загальне самопочуття.

Вентиляція підтримує оптимальну температуру та вологість повітря, що створює комфортні умови для перебування людей у приміщенні.

Вентиляція дозволяє позбавитися від забруднень, запахів, пилу та інших шкідливих речовин, що покращує якість повітря та сприяє більш ефективній роботі чи навчанню.

Вентиляція важлива у разі пожеж або витоків шкідливих речовин, оскільки допомагає швидко видаляти дим та небезпечні гази.

Сучасні системи вентиляції, такі як рекуператори тепла, дозволяють заощаджувати енергію на опалення та охолодження приміщень.

Активне використання вентиляційних систем сприяє створенню екологічно безпечного середовища та сталого розвитку.

Системи вентиляції важливі для підтримки здорового мікроклімату в квартирах та будинках, запобігаючи утворенню плісняви та мінімізуючи алергени.

Системи вентиляції необхідні для підтримки комфортних умов праці та навчання у офісах, школах та інших комерційних будинках.

Системи вентиляції відіграють важливу роль у забезпеченні безпеки на виробництві, видаленні шкідливих газів та пилу.

Системи вентиляції особливо важливі в приміщеннях, де є високий рівень забруднення, таких як лабораторії або лікарні.

Насамкінець, системи вентиляції є важливим і багатогранним інструментом, який допомагає покращити якість життя, здоров'я, ефективність роботи та безпеку в різних сферах.

У даній роботі будуть вирішені наступні завдання: описані особливості вентиляційних систем; досліджені системи кондиціонування повітря, розкрито поняття енергоефективності; проведений вибір та аргументація раціонального типу електропривода для вентилятора.

1 ОСОБЛИВОСТІ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ СИСТЕМ

1.1 Загальні засади

За допомогою вентиляції можна забезпечити оптимальний мікроклімат. Система створює правильні умови для високої активності на робочому місці чи під час відпочинку, і навіть підтримує нормативні показники складу повітря, встановлені санітарно-гігієнічними нормами (рис. 1.1) [1].



Рисунок 1.1 – Система вентиляції

Система вентиляції повинна виконувати наступні завдання:

1. Забезпечення нормативної концентрації шкідливих речовин в повітрі. Тобто показники вуглекислого газу повинні відповідати санітарним нормам. Регулювання показників CO_2 може відбуватися за допомогою спеціальних датчиків.

2. Дотримання балансу повітря, що подається і видаляється. В тому випадку коли система незбалансована, в будинку буде неякісний повітрообмін, що призведе до недотримання норм і загального дискомфорту перебування в приміщенні. Отже, щоб запобігти появі дисбалансу, необхідно:
   - Організувати подачу повітряного потоку до «чистих зон» – це житлові приміщення, в яких людина проводить максимум свого часу.
   - Здійснювати видалення повітряних мас у «брудних зонах»: санвузлі, кухні, пральні, вбиральні.
3. Підтримка оптимальних параметрів вологості у житлі. Це можна забезпечити із застосуванням таких пристроїв, як парогенератор або припливно-витяжна установка з ентальпійним рекуператором. Якщо задіяти в системі парогенератор, то вологість у приміщенні дорівнює оптимальним показникам – 60%. Ентальпійний рекуператор у припливно-витяжній вентиляції передає надмірну вологу, яка виділяється у ванних кімнатах, потоку повітря, що подається. В результаті відбувається пасивне зволоження повітря у житлі.

Система вентиляції – це не тільки циркуляція повітря, але і його фільтрація, іонізація, контроль за вологістю і температурними показниками. Фільтрація необхідна для очищення повітря, яке вдихається, від пилу, алергенів (вовни, пилку рослин), неприємних запахів і бактерій. На рис 1.2 представлено приклад побудови система вентиляції [2].

У процесі життєдіяльності живі організми поглинають кисень і виділяють вуглекислий газ, що накопичується в приміщенні. Використання текстилю і килимів збільшує запиленість і в повітрі з'являються продукти життєдіяльності пилових кліщів. Восени, в міжсезоння, в повітрі з'являються віруси грипу та інших простудних захворювань.

Вологість, з показниками 55-65% забезпечить хорошу схоронність стін і труб водопроводу і опалення, відсутність плісняви та грибка, продовжить термін експлуатації будинку без капітального ремонту.

Отже правильно організована вентиляція обов'язкова в офісі, приватному будинку або квартирі. Типи вентиляційних систем можуть бути різними. Їх вибір обумовлений розміром приміщення, наявністю вентиляційних каналів та іншими особливостями будівлі.

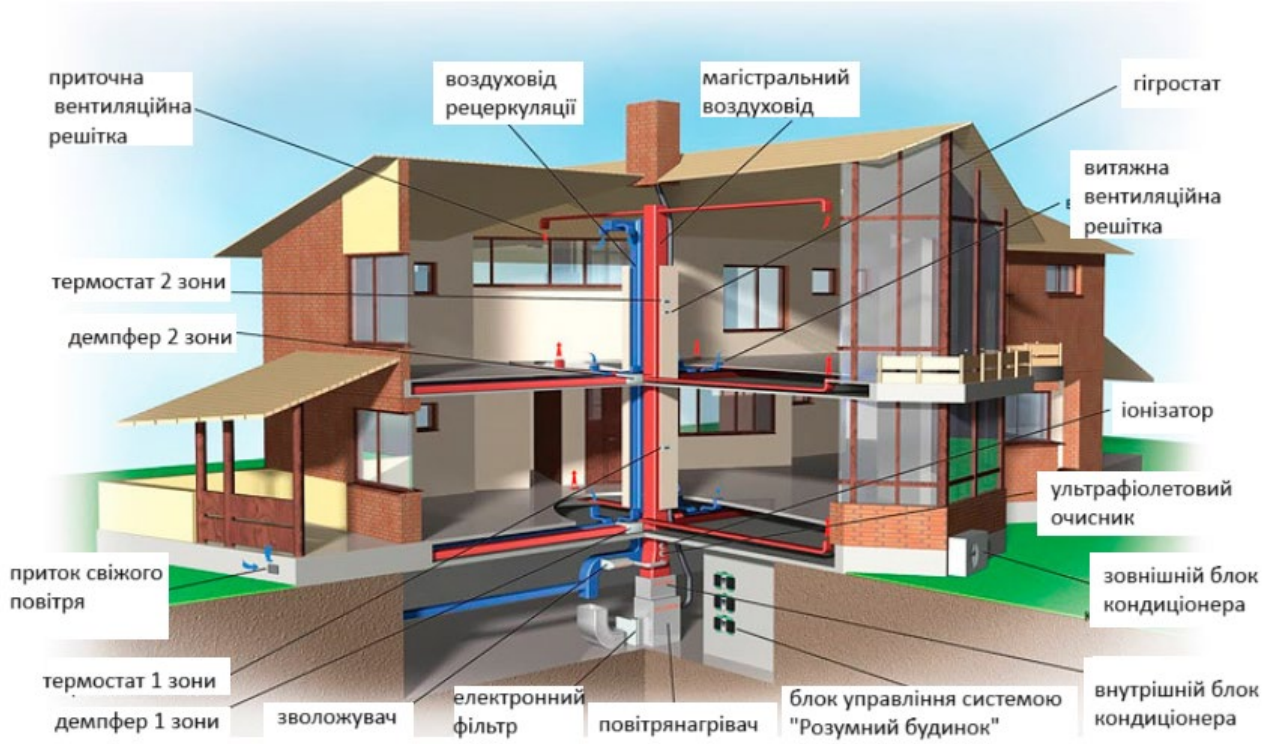


Рисунок 1.2 – Приклад побудови система вентиляції

1.2 Різновиди вентиляції

Знання про те, що таке вентиляція і як вона працює, допоможуть у створенні якісного повітрообміну в приміщенні (рис. 1.3). На етапі проектування повинна бути розрахована необхідна продуктивність обладнання, розмічені точки установки вентиляторів і додаткових джерел змін мікроклімату: осушувачів, опалювальних приладів та іншої техніки.

Вентиляція в приміщенні – це майже завжди поєднання кількох видів вентиляційних систем. Найчастіше розглядається припливно-витяжна вентиляція, організована за допомогою приточно-витяжних каналів і поєднує природні і механічні способи впливу на обмін повітрям.

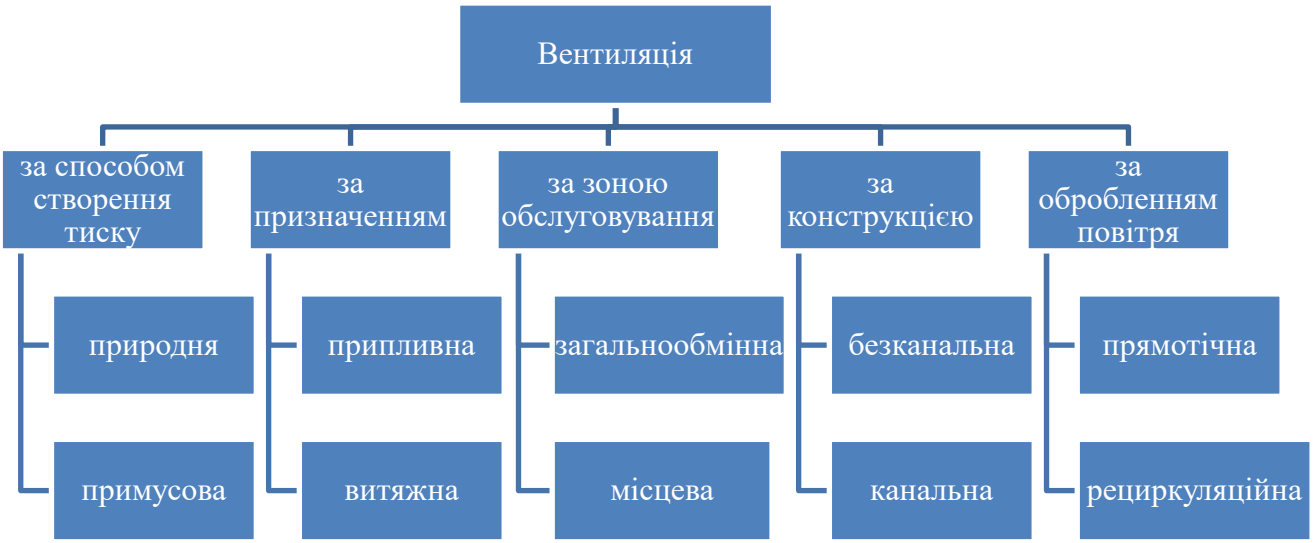


Рисунок 1.3 – Різновиди вентиляції

Природним способом повітря надходить через вікна, двері, димоходи і невеликі щілини у дверних та віконних отворах (рис. 1.4).

Примусову вентиляцію зазвичай забезпечують вентилятори, побутові рекуператори, інша кліматична техніка.

Припливна вентиляція подає повітря в приміщення через припливні канали, а витяжна – видаляє забруднене (рис. 1.5). Щоб допомогти відтоку повітря, купують і встановлюють витяжний вентилятор.

При закладанні будівлі обов'язково проектують і створюють канали, через які буде здійснюватися повітрообмін. Канальна вентиляція зазвичай буває припливно-витяжною. Безканальна – це організація циркуляції повітряних мас з допомогою люстри-вентилятора, спеціальних клапанів або вентилятора, встановленого у вікні.

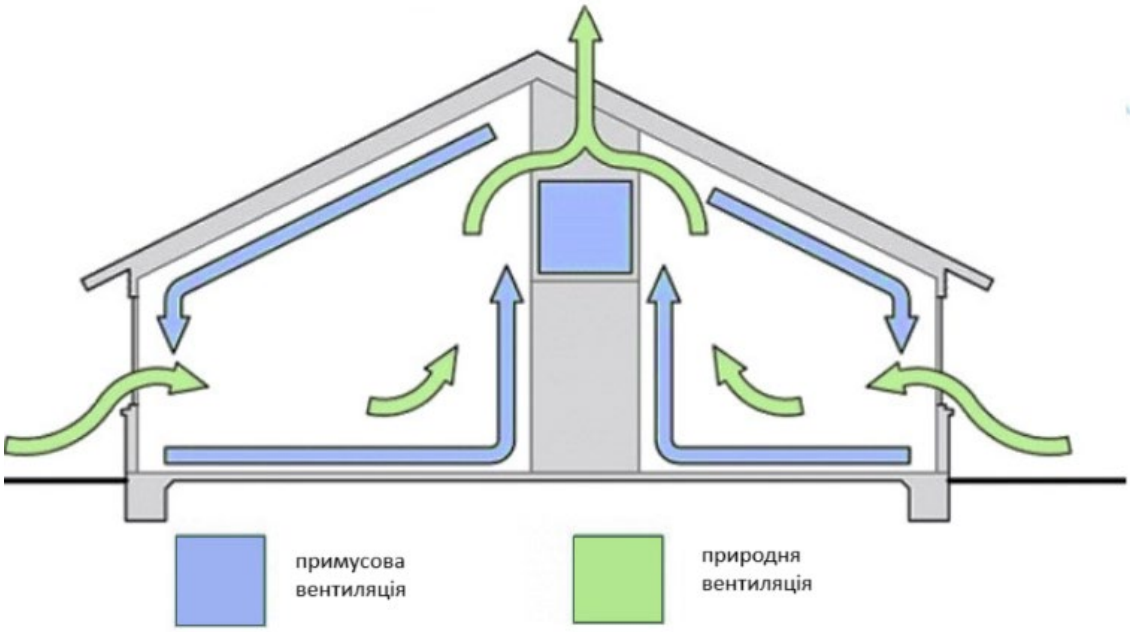


Рисунок 1.4 – Циркуляція повітря в приміщенні при різних видах вентиляції

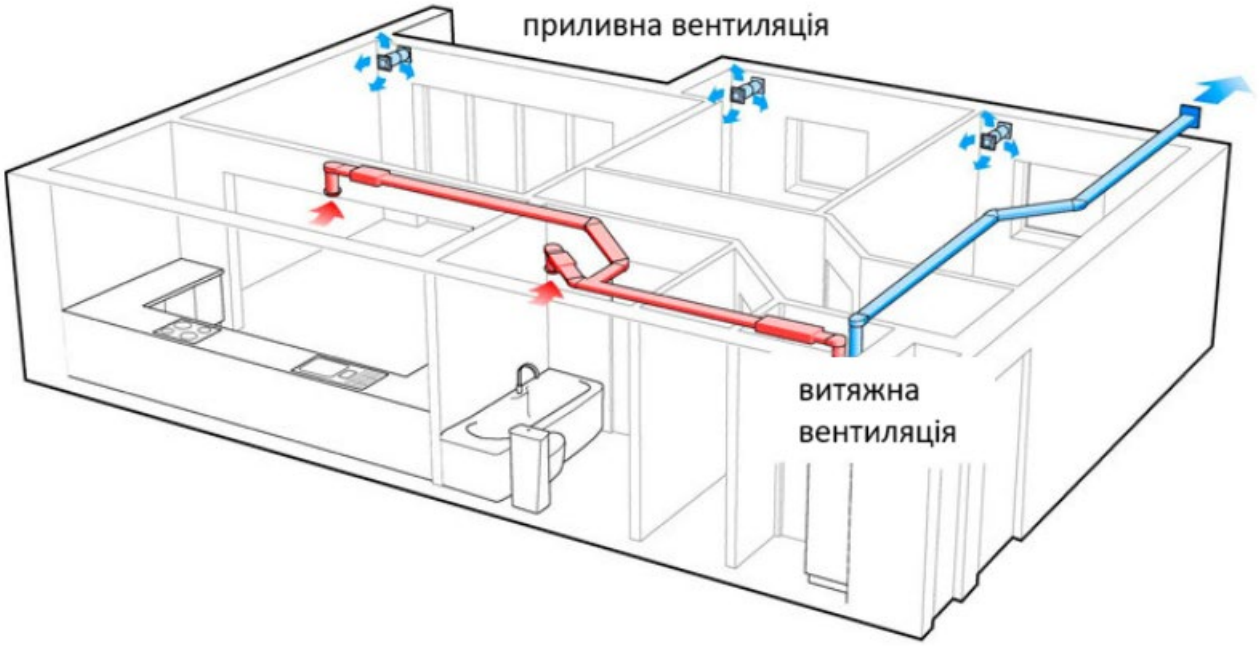


Рисунок 1.5 – Різниця між приливною та витяжною вентиляцією

Якщо організується повітрообмін в одному конкретному приміщенні або робочій зоні, то це місцева вентиляція. Вона особливо важлива для виробничих приміщень, де необхідно організувати виведення повітря з високим вмістом шкідливих речовин або знизити вологість у приміщенні.

Комфортні температурні показники для кожного індивідуальні. Хтось встановлює кондиціонер, а комусь достатньо вентилятора.

Побутовий рекуператор може виконати ту ж роботу, що і кондиціонер, подаючи в приміщення вже підігріте повітря (рис. 1.6).

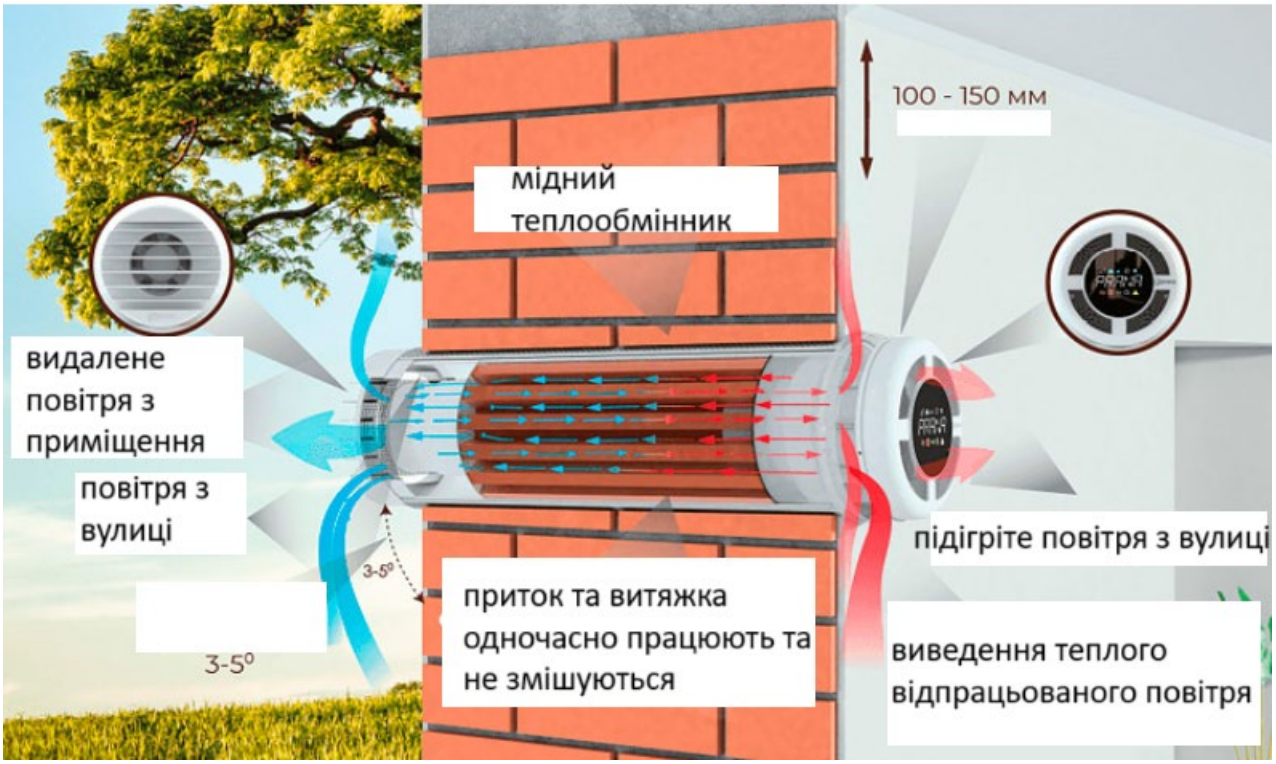


Рисунок 1.6 – Побутовий рекуператор

Засобом фільтрації і регулювання повітрообміну виступає канальний вентилятор, який встановлюються в димарі. Сучасна кліматична техніка також «уміє» осушувати або зволожувати повітря, нагрівати, охолоджувати та очищати (рис. 1.7).

Агрегати, які входять у вентиляційну систему, забезпечують ефективну циркуляцію повітря. Крім вентиляторів і повітроводів, це можуть бути повітряні клапани.



Рисунок 1.7 – Фільтрація і регулювання повітрообміну

1.3 Припливно – витяжна вентиляція

Для забезпечення попадання повітря в будь-яке приміщення, виробники пропонують припливно-витяжні системи вентиляції різних конструкцій і комплектацій (рис. 1.8). Вони передбачають природне або штучне (примусове) переміщення повітря, бувають місцевого і загального використання, канальними чи безканальними.

При встановленні таких систем для примусового повітрообміну можуть використовуватися вентилятор канального типу, рекуператор повітря для дому, різні автоматичні і електронні пристрої. У більшості випадків такі системи працюють з високою потужністю, а тому забезпечують подачу повітря по всьому приміщенню.

При її монтажі по всій площі будинку чи квартири проводяться спеціальні канали, по яких у приміщення буде проходити потік повітря, і встановлюється вентилятор для витяжки. Зовні монтується реверсивний (припливно-витяжний) вентилятор. Квартира або будинок оснащується

спеціальним конвектором, завдяки якому, повітря, що надходить з вулиці, нагрівається/остуджується в залежності від погодних умов.



Рисунок 1.8 – Припливно – витяжна вентиляція

Перед придбанням і установкою тієї або іншої конструкції в обов'язковому порядку проводяться спеціальні розрахунки, створюється схема майбутніх робіт. В таких документах зазначаються місця, на яких будуть розміщені всі вузли та елементи системи. Важливо розрахувати оптимальну потужність витяжки.

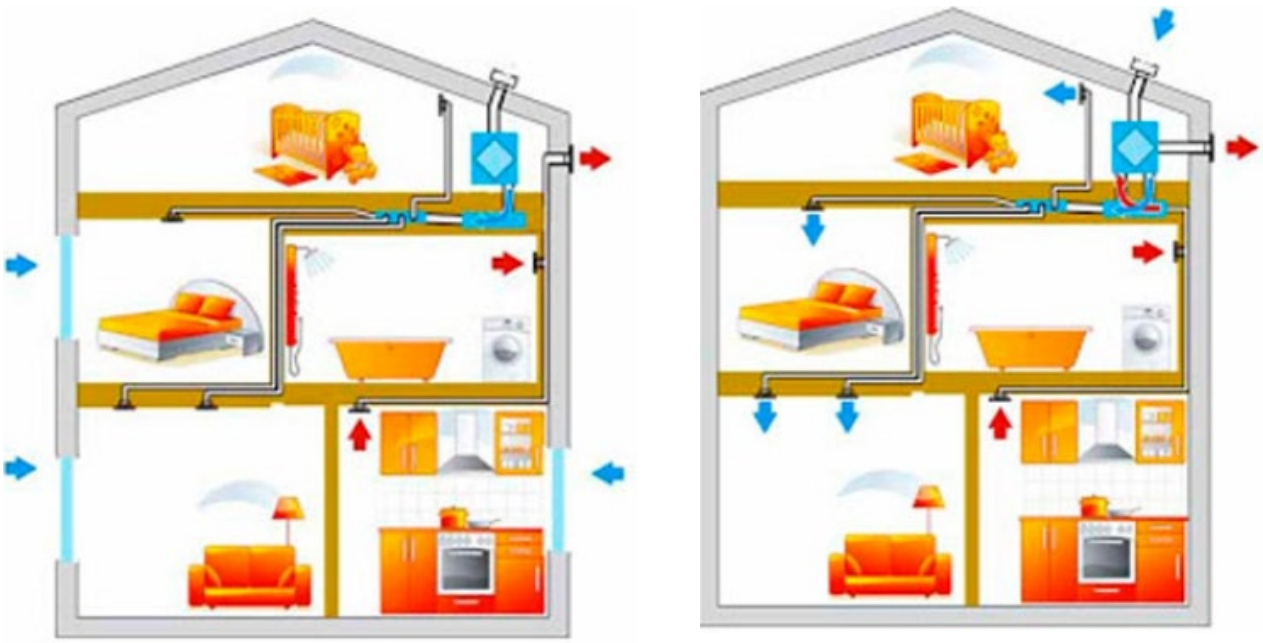
Прогрів повітря взимку може відбуватися завдяки спеціальному теплообміннику (рекуператору), який нагріває вступник повітря за рахунок тепла повітря, що виходить (рис. 1.9). Важливо, що при цьому обидва потоки між собою не змішуються, а тому в приміщенні буде повітря чисте і без запахів.

Система припливно-витяжної вентиляції з рекуперацією має наступні переваги:

- Автоматична подача і відведення повітря. У більшості випадків виконується просте налаштування в меню, після чого всі дії виконуються за допомогою дистанційного пульта управління.

- Ретельна фільтрація вхідних і видаляємих потоків повітря. Здійснюється за допомогою спеціальних фільтрів глибокого очищення.
- Повне провітрювання приміщення. В залежності від налаштування меню, через певний час у всіх кімнатах повітря освіжається і очищається від запахів. В результаті, у всій квартирі постійно чисте і свіже повітря.
- Повна відсутність неприємних запахів. Завдяки цьому, значно поліпшується стан здоров'я: проходять головні болі, алергія, поліпшується якість сну і відпочинку.
- Істотна економія на обігрів кімнат. Тепле повітря не виходить назовні, за рахунок чого витрати на опалення зменшуються на 30-40%.

а) б)



а – літній режим, б – зимовий режим

Рисунок 1.9 – Режими роботи припливно – витяжної вентиляції

Припливно витяжна система вентиляції з рекуперацією коштує дорожче звичайної. Але витрачені гроші компенсуються здоров'ям усіх членів сім'ї і економією при оплаті комунальних послуг. Кожна система має свої особливості (рис. 1.10).

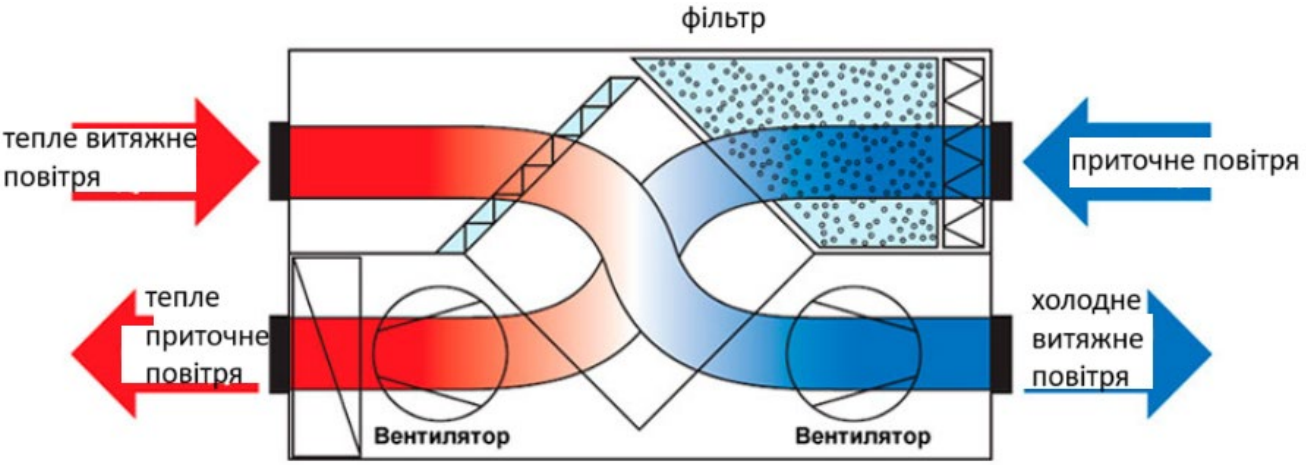


Рисунок 1.10 – Принцип роботи рекуператора

2 СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

2.1 Класифікація систем

За призначенням кондиціонування повітря поділяють на наступні види (рис 2.1).

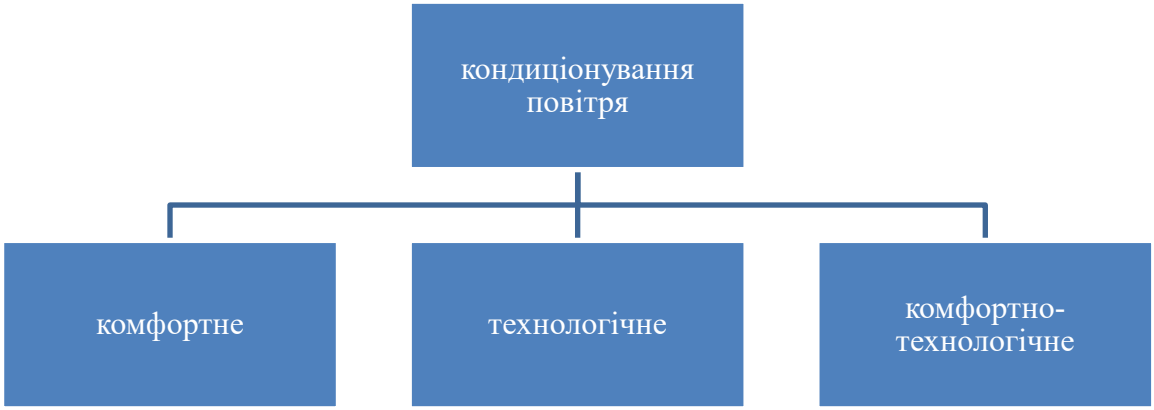


Рисунок 2.1 – Класифікація систем кондиціонування повітря

Комфортне кондиціонування застосовується в житлових, суспільних і промислових будівлях з метою забезпечення оптимальних санітарно-гігієнічних умов для людей, що знаходяться в приміщенні.

Технологічне кондиціонування використовується для забезпечення необхідних умов протікання виробничих процесів. В цьому випадку параметри повітряного середовища можуть бути абсолютно непридатні для людини.

При комфортно-технологічному кондиціонуванні параметри повітряного середовища, що приймаються для забезпечення оптимальних умов протікання виробничих процесів, відрізняються несуттєво або взагалі не відрізняються від параметрів, відповідних комфортним умовам.

За розташуванням основних елементів системи кондиціонування повітря поділяють на:

- центральні,
- місцеві.

У центральних системах повітря обробляється в одному центральному кондиціонері, від якого він розподіляється по окремих приміщеннях.

У місцевих системах повітря обробляється в кондиціонерах, розташованих в окремих приміщеннях. Розподільна система повітропроводів в будівлі в цьому випадку відсутня.

За принципом централізації основних елементів тепло- і холодопостачання системи кондиціонування повітря поділяють на:

- автономні,
- неавтономні.

У автономних системах кожен кондиціонер має свою систему теплохолодопостачання, в саме, вбудовану в нього холодильну машину, мережу трубопроводів і апарати, які є джерелами і стоками тепла і вологи.

Неавтономні системи мають централізовані, єдині для всієї будівлі або ряду будівель генератори тепла і холоду, від яких розгалуженою мережею тепло- і холодоносії підводиться до окремих кондиціонерів.

У великих громадських і промислових будівлях часто застосовують комбіновані системи, в яких первинна обробка зовнішнього повітря централізована, а остаточне його доведення для отримання потрібних для окремих приміщень параметрів припливного повітря здійснюється в місцевих вентиляторах або ежекційних довідниках, розташованих в окремих зонах або приміщеннях будівлі. Центральні системи влаштовують для обслуговування декількох приміщень з аналогічним температуро-вологісним режимом або одного крупного приміщення. Продуктивність таких систем зазвичай вимірюється десятками і сотнями тисяч кубічних метрів повітря за 1 год. Для підтримки необхідних параметрів повітря в декількох приміщеннях з різними вимогами до температуро-вологісних умов застосовують місцеві системи кондиціонування повітря. Якщо

загальна потреба в холоді і теплі декількох місцевих систем в будівлі є дуже великою, доцільно передбачати централізоване теплохолодопостачання з пристроєм неавтономних місцевих установок кондиціонування повітря (кондиціонерів). Якщо кондиціонування повітря передбачається тільки в окремих приміщеннях при порівняно невеликій загальній потребі їх в теплі і холоді, застосування централізованого теплохолодопостачання виявляється недоцільним. У таких умовах використовують місцеві автономні установки кондиціонування повітря, оснащені джерелами тепла і холоду. Зазвичай як джерело тепла для вказаних установок застосовують трубчасті електронагрівачі, а як джерело холоду — вбудовані холодильні машини.

За сезонністю забезпечення необхідних параметрів повітря в приміщенні системи кондиціонування поділяють на:

- цілорічні
- сезонні.

Цілорічні системи забезпечують необхідний режим в теплий, перехідний і холодний періоди року. Сезонні системи забезпечують внутрішній розрахунковий режим або в холодний, або (частіше) в теплий період року.

Системи кондиціонування поділяють по забезпеченості заданих внутрішніх умов.

Системи кондиціонування, які забезпечують строгу підтримку заданих оптимальних значень температури і вологості повітря в приміщенні протягом року, відносять до систем повного кондиціонування. Для таких систем характерна можливість здійснення процесу охолодження і осушення повітря в літній період, для чого необхідна наявність штучних джерел холоду.

До систем неповного кондиціонування відносять системи, що в літній період можуть забезпечувати підтримку заданого допустимого значення температури повітря в приміщенні при зміні відносної вологості в деяких межах залежно від стану зовнішнього повітря. У представлених системах для охолодження достатньо використання тільки процесу адіабатичної обробки повітря. В такому випадку відпадає необхідність в штучних джерелах холоду.

2.2 Центральні однозональні системи кондиціонування повітря

Центральні однозональні системи кондиціонування повітря застосовуються для обслуговування одного або декількох окремих приміщень з близьким по характеру температуро-вологісним режимом.

Одним з основних питань проектування систем кондиціонування є вибір схеми обробки повітря. Центральні кондиціонери мають різноманітні схеми тепловологісної обробки повітря. Вони можуть бути прямоточними, які оброблюють тільки зовнішнє повітря, або з однією або двома рециркуляціями, а саме з підмішуванням в певних пропорціях внутрішнього повітря до основного потоку оброблюваного зовнішнього повітря.

Найбільш розповсюдженими є форсункові кондиціонери. Ця назва продиктована наявністю в їх зрошувальній камері форсунок для розбризкування води. У камері може відбуватися процес адіабатичної або політропної обробки повітря. На рис. 2.2 приведена схема форсункового кондиціонера з двома рециркуляціями і повним кондиціонуванням повітря. Зовнішнє повітря через повітрозабірний пристрій 1, утеплений клапан 2 і повітряний фільтр 3 надходить в калорифери першого ступеня підігріву 4. Калорифер має обвідний канал 5. Перед обвідним каналом і калорифером встановлені регулюючі клапани 6, за допомогою яких можна змінювати співвідношення кількості повітря, що проходить через калорифер і по обвідному каналу. На підведеннях теплоносія до калорифера встановлені регулюючі засувки 7. Після калорифера до підігрітого зовнішнього повітря підмішується внутрішнє повітря 8 (перша рециркуляція). Змішення відбувається в камері змішувача 9. Далі повітря через сепаратор 10 поступає в зрошувальну камеру 11. У зрошувальній камері встановлені ряди форсунок, що розбризкують воду. Форсунки повинні бути розміщені так, щоб їх факели перекривали весь перетин камери. Повітря проходить через дощовий простір і в процесі зимового кондиціонування адіабатно зволожується. Після зрошувальної камери встановлено другий краплевідділювач 12. У нижній частині зрошувальної

камери розташований піддон 13, в який стікає розбризкувана вода. До зволоженого повітря знову підмішується внутрішнє повітря 14 (друга рециркуляція).

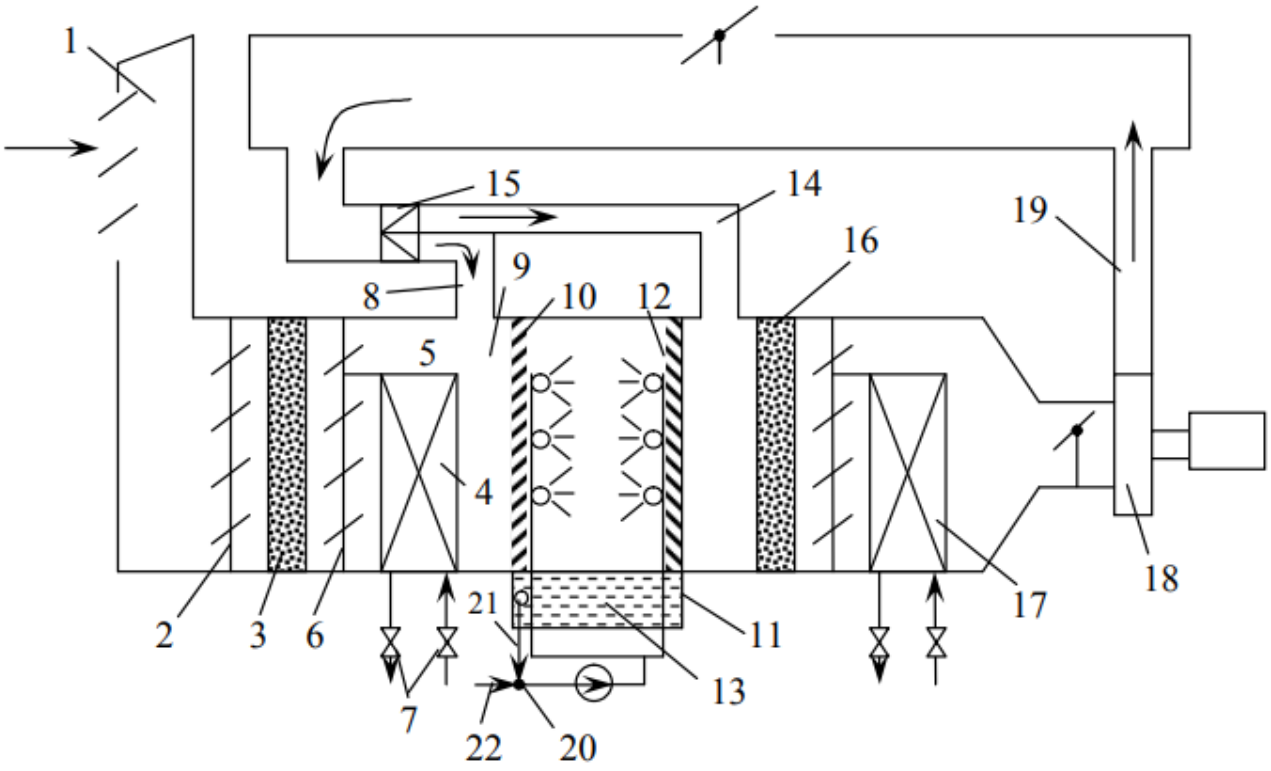


Рисунок 2.2 – Принципова схема форсункового кондиціонера з двома рециркуляціями

На рециркуляційних каналах встановлені регулюючі клапани 15. Після камери змішувача і повітряного фільтру 16 встановлено калорифер другого ступеня підігріву 17, який, як і калорифер першого ступеня підігріву, має обвідний канал, регулюючі клапани і регулюючі засувки на підведеннях теплоносія. Приготоване таким чином повітря поступає у вентилятор 18 і нагнітається в розподільну мережу повітропроводів 19. В процесі літнього кондиціонування калорифер першого ступеня підігріву не працює. У зрошувальну камеру подають заздалегідь охолоджену воду, що має температуру нижче за температуру оброблюваного повітря, внаслідок чого повітря в зрошувальній камері охолоджується. Якщо температура води нижча за температуру точки роси повітря, що поступає, то воно

не тільки охолоджується, але і осушується. Вода з піддону камери перетікає в баки холодильної установки і частково використовується повторно. Температура води, що подається у форсунки, регулюється за допомогою триходового крана змішувача 20, в якому змішується вода з піддону камери 21 з водою, що йде з холодильної установки 22. Калорифери другого ступеня підігріву зазвичай використовуються і для літнього і для зимового кондиціонування. Прямоточна схема і схема з однією рециркуляцією, по суті, є різновидами розглянутої загальної схеми. У прямоточній схемі не буде подачі рециркуляційного повітря, а при застосуванні однієї рециркуляції зберігається тільки перша подача внутрішнього повітря. Ту або іншу схему обробки повітря в кондиціонері вибирають за даними розрахунку тепловологісного режиму приміщення, по розрахункових зовнішніх параметрах і з урахуванням функціональної специфіки об'єкту.

2.3 Центральні багатозональні системи кондиціонування повітря

У великих будівлях окремі приміщення можуть мати різні тепловологісні режими, отже для кондиціонування повітря в них зручно використовувати комбіновані системи. В деяких випадках вдається виділити групи приміщень або окремі зони будівель з близькими режимами. В цьому випадку використовують зональні системи.

Звичайне зонування здійснюють, керуючись орієнтацією приміщень по сторонам світу. Їх розташовують по висоті в багатоповерхових будівлях, спільністю внутрішнього режиму і функціонального призначення. існують різні схеми зональних систем.

Основною є зональна система з регулюванням зміни витрати повітря. Система розраховується на максимально потрібну для кожної зони кількість припливного повітря з урахуванням деякого коефіцієнта одночасності максимальних навантажень. Повітря готується в центральному кондиціонері і подається у всі зони з однаковими параметрами. Регулювання тепловологісного режиму в окремих зонах і підтримка заданих внутрішніх умов здійснюється тільки

зміною кількості повітря, що подається. Зміна кількості припливного повітря є недоліком цієї системи. Застосовуються також зональні системи з постійною кількістю повітря, але позонним підігрівом або охолодженням його. Повітря, приготоване в центральному кондиціонері, потрапляє в зональні, де у встановлених теплообмінниках догрівається або доохолоджується. Підтримка заданих умов при постійній витраті повітря забезпечується регулюванням догріву або доохолодження.

Зараз широко використовуються такі системи. У цих системах разом з догрівом і доохолодженням в забезпечується рециркуляція внутрішнього повітря (підмішування його до основного потоку, що йде з центрального кондиціонера). Рециркуляція зазвичай забезпечується дією основного потоку повітря. В деяких випадках для цієї мети встановлюють вентилятори. Підігрівати і охолоджувати в доцільно рециркуляційне повітря. Можливе застосування зональних двоканальних систем кондиціонування низького, середнього або високого тиску. Системи обладнуються центральними кондиціонерами, в яких готується повітря з різними параметрами. Холодне і гаряче повітря подається самостійними повітропроводами до спеціальних пристроїв змішувачів. Принципово такі ж схеми, як для зональних систем, можуть бути використані для обслуговування окремих приміщень з різними режимами.

2.4 Місцеві системи кондиціонування повітря

Місцеві неавтономні кондиціонери встановлюють безпосередньо в приміщенні або поблизу нього. Вони приєднуються патрубком до повітрозабірного пристрою, мають підведення тепло- і холодоносія. Тепло- або холодоносій подається до місцевих неавтономних кондиціонерів від центральних джерел тепла або холоду по трубопроводах системи теплохолодопостачання.

При необхідності кондиціонування повітря окремих невеликих приміщень доцільно використовувати місцеві автономні кондиціонери. Вони поділяються на:

- сезонні (літні)

- цілорічні.

Літні мають вбудовану холодильну машину або спеціальний пристрій для випарного охолодження повітря.

У цілорічних для нагрівання повітря в холодний період року використовуються трубчасті електронагрівачі або холодильні машини, що працюють за принципом теплового насосу. Останні доцільні, тому що при цьому підвищується коефіцієнт використання устаткування, а також ефективність споживання електроенергії. Так, за допомогою теплового насоса при витраті 1 кВт·год електроенергії можна отримати приблизно в 3 рази більше тепла, чим при використанні нагрівачів, що працюють за принципом електроопору. При використанні теплового насоса тепло відбирають від середовища з низьким температурним потенціалом і передають його середовищу з вищим потенціалом. Автономні кондиціонери бувають віконного, підвіконного і шафового типу.

Конструкція зовнішнього блоку кондиціонера представлена на рис. 2.3.

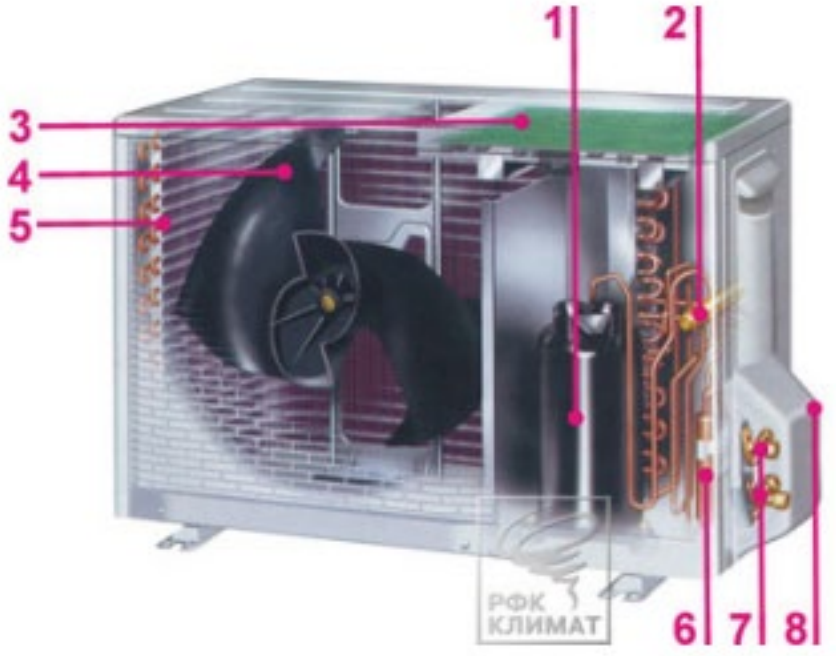


Рисунок 2.3 – Зовнішній блок кондиціонера

На рис. 2.3 прийняті наступні позначення: 1 – компресор, 2 – чотириходовий клапан, 3. – плата управління, 4 – вентилятор, 5 – конденсатор, 6 – фільтр фреонової системи, 7 – штуцерні з'єднання, 8 – захисна швидкоз'ємна кришка.

Компресор стискає фреон і сприяє його руху по контуру кондиціонера. Вони бувають поршневого або спірального типу. Поршневі компресори шумливіші і менш надійні, чим спіральні (постійні великі навантаження при пуску). Чотириходовий клапан встановлюється в реверсивних (тепло-холод) кондиціонерах. У режимі обігріву цей клапан змінює напрям руху фреону. При цьому внутрішній і зовнішній блок як би змінюються місцями: внутрішній блок працює на обігрів, а зовнішній на охолодження. Плата управління як прав вило, встановлюється тільки на інверторних кондиціонерах. У не інверторних моделях всю електроніку прагнуть розміщувати у внутрішньому блоці, оскільки перепади температури і вологості знижують надійність електронних компонентів. Вентилятор створює потік повітря, що обдуває конденсатор. У недорогих моделях має тільки одну швидкість обертання. Такий кондиціонер може стабільно працювати в невеликому діапазоні температур зовнішнього повітря. У моделях вищого класу, розрахованих на широкий температурний діапазон, а також у всіх напівпромислових кондиціонерах, вентилятор має 2÷3 фіксованих швидкості обертання або ж плавне регулювання. Конденсатор це радіатор, в якому відбувається охолодження і конденсація фреону. Повітря, що продувається через конденсатор, відповідно, нагрівається. Фільтр фреонової системи встановлюється перед входом компресора і захищає його від мідної крихти і інших дрібних часток, які можуть потрапити в систему при монтажі кондиціонера. Штуцерні з'єднання — до них підключаються мідні труби, що з'єднують зовнішній і внутрішній блоки. Захисна швидкоз'ємна кришка закриває штуцерні з'єднання і клемник, використовуваний для підключення електричних кабелів. У деяких моделях захисна кришка закриває тільки клемник, а штуцерні з'єднання залишаються ззовні.

Внутрішній блок представлений на рис. 2.4.

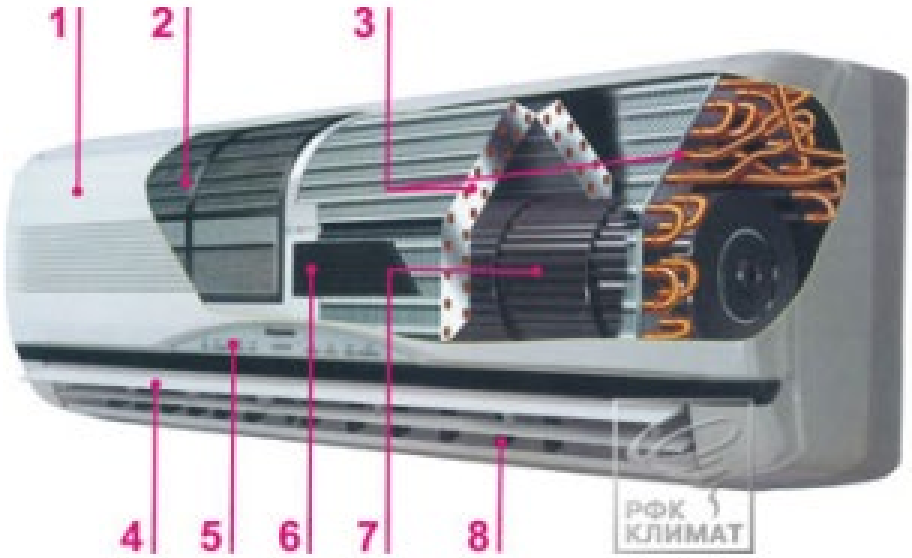


Рисунок 2.4 – Внутрішній блок кондиціонера

На рис. 2.3 прийняті наступні позначення: 1 – передня панель, 2 – фільтр грубого очищення, 3 – випарник, 4 – горизонтальні жалюзі, 5 – індикаторна панель, 6 – фільтр тонкого очищення, 7 – вентилятор, 8 – вертикальні жалюзі.

Передня панель є пластиковими гратами, через які всередину блоку потрапляє повітря. Панель легко знімається для обслуговування кондиціонера (чищення фільтрів і т.ін.). Фільтр грубого очищення — це пластикова сітка, що призначена для затримки крупного пилу, шерсті тварин і т.ін. Для нормальної роботи кондиціонера фільтр необхідно чистити не рідше за два рази на місяць. Випарник – радіатор, в якому відбувається нагрів холодного фреону і його випаровування. Повітря, що продувається через радіатор, відповідно, охолоджується. Горизонтальні жалюзі регулюють напрям повітряного потоку по вертикалі. Ці жалюзі мають електропривод, і їх положення може регулюватися з пульта дистанційного керування. Окрім цього, жалюзі можуть автоматично здійснювати коливальні рухи для рівномірного розподілу повітряного потоку по приміщенню. На передній панелі кондиціонера встановлені індикатори (світлодіоди), що показують режим роботи кондиціонера і сигналізують про можливі несправності. Фільтр тонкого очищення — буває різних типів: вугільний

(видаляє неприємні запахи), електростатичний (затримує дрібний пил) і т.п. Наявність або відсутність фільтрів тонкого очищення ніякого впливу на роботу кондиціонера не несе. Вентилятор має 3÷4 швидкості обертання. Вертикальні жалюзі служать для регулювання напряму повітряного потоку по горизонталі. Піддон для конденсату розташований під випарником і служить для збору конденсату (води, що утворюється на поверхні холодного випарника). З піддону вода виводиться назовні через дренажний шланг. Плата управління зазвичай розташовується з правого боку внутрішнього блоку. На цій платі розміщений блок електроніки з центральним мікропроцесором. Штуцерні з'єднання розташовані в нижній задній частині внутрішнього блоку. До них підключаються мідні труби, що з’єднують зовнішній і внутрішній блоки.

3 ПОНЯТТЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

Щоб зробити висновок про енергоефективність того чи іншого об’єкту необхідні якісь числові параметри, на основі яких цей висновок буде зроблений. Отже є доцільним провести енергетичний аудит.

Енергетичний аудит складається з наступних етапів:

1. Переддоговірний – має передбачати зустріч представника Інспекції з енергозбереження і керівника структурного підрозділу, попереднє ознайомлення з об’єктом ЕА, відвідування енергоаудиторами об’єкта, отримання первинної інформації, її аналізування та розроблення плану ЕА;

2. Організаційно - підготовчий – має передбачати узгодження плану проведення ЕА із керівництвом структурного підрозділу, визначення осіб з боку структурного підрозділу для участі в проведенні ЕА, підготування енергоаудиторської групи, формування наказу по структурному підрозділу;

3. Збирання інформації – має передбачати ознайомлення з проектною документацією та паспортними даними енерговикористовуючого обладнання та устаткування, вивчення та аналіз даних енергетичного паспорта підприємства, звітних даних щодо споживання ПЕР за останні 5 років, іншою документальною інформацією та вимірювання на об’єкті ЕА;

4. Оброблення та аналізування інформації – має передбачати аналізування отриманих результатів, оцінювання потенціалу енергоощадних та основних техніко – економічних показників ефективності використання ПЕР, аналізування ефективності функціонування СЕМ;

5. Розроблення рекомендацій щодо запровадження енергоощадних заходів – має передбачати розроблення та техніко – економічне оцінення ефективності пріоритетного переліку енергоощодних заходів;

6. Складання звіту та висновку – має передбачати складання звіту та енергоаудиторського висновку за результатами ЕА;

7. Подання результатів – має передбачати передання керівнику структурного підрозділу звіту та енергоаудиторського висновку, а також подання основних результатів ЕА.

На переддоговірному етапі керівник структурного підрозділу повинен подати в інспекцію з енергозбереження залізниці таку інформацію:

- юридична адреса та номери контактних телефоні;
- коротка історична довідка про структурний підрозділ;
- номенклатура і обсяги виробництва продукції;
- щорічне споживання ПЕР за останні 5 років;
- кількість працівників;
- загальна площа структурного підрозділу і його дільниць;
- режим роботи структурного підрозділу;
- наявність субспоживачів ПЕР;
- наявність обмежень на споживання ПЕР;
- система тарифів на ПЕР, стоки, утилізацію відходів та відпрацьованих нафтопродуктів, які не підлягають повторному використанню чи регенерації, що їх використовує підрозділ;
- наявності приладів обліку виробленого тепла та спожитих енергоносіїв, води, стисненого повітря;
-характеристика системи обліку та контролю споживання ПЕР;
- характеристика діючої системи енергетичного менеджменту в структурному підрозділі;
- інформація про ЕА структурного підрозділу, проведені раніше, розроблені раніше можливості енергоефективності, звіти про виконання заходів, розроблених за результатами попередніх ЕА.
- інформацію щодо проведених раніше перевірок стану енергоефективності фахівцями служби, в підпорядкуванні якої знаходиться структурний підрозділ, інспекції з енергозбереження залізниці, Інспекції з контролю ефективності використання енергоресурсів Укрзалізниці та розроблених заходів за результатами цих перевірок і ходу їх виконання;

- інформацію щодо реалізації за останні 5 років заходів Програми енергозбереження, Програми реконструкції котельних, Програми заміни застарілого електроосвітлювального обладнання, організаційно – технічних заходів тощо.

Начальник Інспекції з енергозбереження за потреби направляє свого вище та збирання додаткових відомостей і матеріалів, необхідних для попереднього оцінення об’єкта ЕА.

НІЕ призначає відповідального від інспекції з енергозбереження щодо аналізування матеріалів, одержаних від керівництва структурного підрозділу, організовує збирання та аналізування додаткових відомостей про об’єкт ЕА, в тому числі і офіційні статистичні звіти.

Відповідальний енергоаудитор аналізує первинну інформацію про структурний підрозділ. Для аналізу первинної інформації необхідно побудувати:

- річні графіки споживання ПЕР;
- річні графіки питомого споживання ПЕР та енергомісткості продукції;
- звітні баланси споживання ПЕР;
- баланс фінансових витрат на споживані ПЕР.

На підставі отриманих матеріалів НІЕ розробляє план проведення ЕА та складає анотований лист керівнику структурного підрозділу та керівнику служби, якій безпосередньо підпорядкований даний структурний підрозділ, у якому наводять перелік питань, що їх необхідно поглиблено розглянути під час проведення ЕА, стан споживання ПЕР структурним підрозділом, основні можливі енергоощаджувальні заходи, впровадження яких забезпечить підвищення рівня ефективності використання ПЕР.

НІЕ та представники служби і структурного підрозділу після розгляду анотованого листа розробляють і схвалюють перелік питань, які можна поглиблено вивчити під час провадження ЕА та які технічні і технологічні умови необхідно створити енергоаудиторам, для якнайефективнішого вирішення поставлених завдань

Організаційно – підготовчий етап починається зі спільної наради представників енергоаудиторської організації та структурного підрозділу.

Під час спільної наради виконавець:

- інформує учасників наради про призначеність та завдання ЕА, план та методики ЕА;

- установлює офіційні способи спілкування між енергоаудиторами та персоналом структурного підрозділу;

- узгоджує дату заключної наради та проміжних нарад (у разі виникнення потреби у їх проведенні);

- узгоджує план ЕА структурного підрозділу, його цехів, дільниць;

- з'ясовує всі незрозумілі питання плану ЕА. За результатами спільної наради складають і підписують протокол наради.

Згідно з планом ЕА виконавець (НІЕ) і замовник (структурний підрозділ) формують склад енергоаудиторської групи. Керівник структурного підрозділу визначає відповідальних осіб з боку структурного підрозділу за організування ЕА.

До початку ЕА замовник і виконавець уточнюють питання розміщення енергоаудиторської групи, забезпечення робочими місцями, взаємодії енергоаудиторів з представниками структурного підрозділу, залучених до ЕА, підготування та подання необхідних документів, матеріалів, довідок тощо.

Підготування працівників структурного підрозділу має передбачати ознайомлення з порядком заповнення опитувальних листів, використанням вимірювальної апаратури, правилам вимірювання тощо.

Керівник структурного підрозділу повинен організувати інструктаж з питань охорони праці під час ЕА об'єктів структурного підрозділу стосовно того, що ЕА провадиться в зоні підвищеної небезпеки, якою являються всі об'єкти залізничного транспорту пов'язані з рухом поїздів. У разі необхідності участі енергоаудитора у роботах, що виконуються в діючих електроустановках, вони повинні бути організовані керівником структурного підрозділу.

Для участі у вказаних роботах енергоаудитор повинен мати відповідне посвідчення про перевірку знань встановленої форми.

По закінченні організаційно – підготовчого етапу керівник структурного підрозділу видає наказ про провадження енергетичного аудиту.

Етап збирання і узагальнення основних даних про об'єкт енергетичного аудиту, а також відповідна їх оцінка є одним із основних етапів енергетичного аудиту.

На етапі збирання інформації має бути передбачено збирання необхідних даних енергогосподарство структурного підрозділу через опитування, вивчення документів і виконання потрібного вимірювання.

Для доповнення необхідних даних про об'єкт ЕА, що не знайшли відображення в документах, треба провадити вимірювання на об'єктах ЕА.

Для вимірювання застосовують стаціонарні і та переносні спеціалізовані вимірювальні прилади

В структурних підрозділах накопичені значні масиви документальної інформації про фактичне споживання ПЕР, технологію виробництва тощо. У більшості випадків використання цієї інформації не є зручним у зв'язку з тим, що:

- при відсутності СЕМ дана інформація є розрізненою і знаходиться у різних виконавців;

- дана інформація громіздка і не систематизована;

- відсутнє узагальнення цієї інформації тощо.

Єдиним документом, що заслуговує на увагу енергоаудиторів є енергетичний паспорт підприємства. Але дані енергетичного паспорта теж підлягають перевірці.

Залежно від джерела отримання інформації усю множину інформації про об'єкт енергетичного аудиту можна умовно поділити на первинну і вторинну.

Під вторинною інформацією мають на увазі таку інформацію, яка існує в опублікованому вигляді і збиралась не для цілей енергетичного аудиту. Цей вид інформації, в свою чергу, можна поділити на внутрішню і зовнішню.

Внутрішня інформація – це дані, які збираються та аналізуються безпосередньо персоналом структурного підрозділу залізничного транспорту. До неї належать:

- інформація про системи споживання ПЕР;

- рахунки від постачальників ПЕР;

- графіки споживання ПЕР протягом доби, місяця, року;

- фінансово – економічні дані;

- енергетичний паспорт підприємства;

- проектна документація на системи паливно – енергетичного забезпечення структурного підрозділу;

- технічна документація на енергоспоживаюче устаткування (поспорти, формуляри, специфікації, технологічні регламенти, режимні карти тощо);

- документація про ремонт, налагоджувальні і випробувальні роботи;

- документація про енергозберігаючі заходи;

- перспективні програми і проекти реконструкції структурного підрозділу чи модернізації його окремих виробництв (ділянок);

- приписи Державної інспекції з енергозбереження;

- акти перевірок;

- звіти попередніх енергетичних обстежень.

Зовнішня інформація – це дані про структурний підрозділ, або про технічні засоби, що експлуатуються в даному підрозділі, які збираються за межами структурного підрозділу і можуть бути опубліковані в періодичних виданнях, довідниках, книгах, комп'ютерних базах даних, Інтернеті тощо. До неї належать:

- нормативно – довідкова інформація;

- науково – технічна література;

- інформація з Інтернету.

Під первинною інформацією мають на увазі таку інформацію, яка збирається вперше для досягнення мети та вирішення завдань енергетичного аудиту.

Для отримання необхідної первинної інформації про об'єкт енергетичного аудиту необхідно використовувати такі засоби збирання інформації:

1) опитування (анкетування) працівників структурного підрозділу та зовнішніх експертів;

2) інтерв'ювання працівників структурного підрозділу та зовнішніх експертів;

3) використання фото та відео зйомки;

4) проведення необхідних вимірювань.

Анкетування в процесі проведення енергетичного аудиту є одним із основних засобів отримання первинної інформації про структурний підрозділ. Суть методу полягає в проведенні заочного опитування працівників підрозділу та зовнішніх експертів для отримання інформації стосовно ефективності використання ПЕР. Для проведення опитування енергоаудитори заздалегідь складають опитувальні листи (анкети), в яких наводиться перелік питань, на які повинні дати відповіді респонденти. Питання, наведені в опитувальних листах повинні бути складені таким чином, щоб уникнути неоднозначного їх тлумачення Перевагою опитування є доволі висока ефективність і швидкість отримання інформації

Інтерв'ювання використовують протягом усіх етапів проведення енергетичного аудиту і пов'язане з безпосередніми контактами енергоаудиторів і представників структурних підрозділів. Як і під час анкетування, в інтерв'юванні застосовуються заздалегідь підготовлений набір питань, але відмінністю є те, що питання ставить безпосередньо енергоаудитор. Цей факт дає можливість уникнути неоднозначного тлумачення запитань, оскільки є можливість уточнити їх.

В процесі проведення енергетичного аудиту можуть використовуватись такі види інтерв'ювання:

1. Особисте:

- індивідуальна співбесіда з кожним членом персоналу, що відповідає за ефективність використання ПЕР;

- одночасна співбесіда з усім персоналом, що відповідає за ефективність використання ПЕР;

2. Телефонне;

3. Поштове.

Інтерв'ювання зовнішніх експертів дозволяє вивчити суть проблеми, знайти якомога більше варіантів її вирішення. Критеріями підбору експертів можуть бути рівень освіти, досвід роботи, посада тощо.

Фото і відео зйомка з великою ефективністю можуть застосовуватись в процесі проведення енергетичного аудиту. Фото і відео матеріали, одержані в процесі проведення енергетичного аудиту в першу чергу, можуть використовуватися під час представлення та аналізування фактичного стану об'єкта енергетичного аудиту (наприклад зберігання і відпуск паливо мастильних матеріалів на складі палива, теплотехнічного стану тепловозного парку чи спеціальної техніки, стану дверних та віконних ущільнень, стану теплоізоляції, теплогенерувального, тепло передавального та тепловикористовуючого обладнання; стану світильників тощо. До переваг фото – та відео зйомки відносяться:

- документальність і адекватність фактично існуючому стану;
- простота одержання матеріалів і доступність технічних засобів;
- невеликий час, необхідний для одержання відповідних матеріалів.

Отриману первинну інформацію необхідно систематизувати, згрупувати, наприклад, за такими напрямками:

- системи забезпечення структурного підрозділу ПЕР (поділяються на системи електро-, тепло-, газо-, мазуто-, водопостачання, стисненого повітря тощо);
- технологічні системи;
- будівлі та споруди;
- системи технічного і комерційного обліку витрат ПЕР тощо. Для доповнення документальної інформації застосовують вимірювальну інформацію.

Отримання вимірювальної інформації пов'язане з проведенням поглибленого енергетичного аудиту окремих об'єктів, а також з отриманням відсутньої документальної інформації або з підвищенням її достовірності. Для отримання вимірювальної інформації в процесі проведення енергетичного аудиту застосовуються стаціонарні та переносні спеціалізовані засоби вимірювальної

техніки. При цьому слід максимально використовувати наявні в структурному підрозділі системи обліку ПЕР, засоби вимірювальної техніки енергетичних та екологічних служб. Для проведення енергетичного аудиту структурного підрозділу уже недостатньо мінімального комплекту засобів вимірювальної техніки, тому підрозділ, який проводить ЕА необхідно повинен бути забезпечений такими вимірювальними засобами:

- аналізатор показників якості електричної енергії;
- прилад для вимірювання опору електроізоляції;
- прилад для вимірювання опору заземлення;
- мікрометр для перевірки опору контактів;
- кореляційний визначник місць ушкодження трубопроводів;
- витокопошукачі та детектори газів;
- тепловізор;
- високотемпературний інфрачервоний термометр (пірометр) з верхньою межею 2 000°С;
- товщиномір для визначення товщини стінок трубопроводів і резервуарів;
- витратомір для стоків рідини;
- манометри і дифманометри на різні межі вимірювань;
- визначник якості води (солевміст, pH);
- динамометри для вимірювання зусилля та моменту;
- автономні прилади для тривалої реєстрації температури повітря;
- тепломіри для вимірювання теплового потоку;
- устаткування для тестування приміщень на інфільтрацію тощо.

Для вимірювальної інформації обсяг вимірювань встановлюється енергоаудитором і залежить від об’єкта, поставленої мети та обсягів обстеження.

Нормативно - довідкова інформація не повинна бути застарілою.

На етапі оброблювання та аналізування інформації про об’єкт ЕА потрібно:

а) визначити:

- втрати ПЕР;
- питомі витрати ПЕР;

- потенціал енергоефективності;

- основні енерго – економічні показники структурного підрозділу тощо;

б) побудувати:

- енерготехнологічну схему виробництва;

- карту споживання ПЕР;

- графіки споживання ПЕР за визначені періоди часу (за добу, місяць, квартал, рік тощо);

- графіки динаміки питомого споживання ПЕР;

- аналітичні і синтетичні паливно – енергетичні баланси;

- причинно – наслідкову діаграму чинників, які впливають на ефективність використання ПЕР тощо;

в) проаналізувати:

- чинники, які впливають на ефективність використання ПЕР;

- баланси споживання ПЕР;

- питоме споживання ПЕР;

- втрати ПЕР;

- чинні норми та нормативи щодо нормування, обліку, зберігання, транспортування та використання ПЕР;

- динаміку та досягнутий рівень ефективності використання ПЕР;

- варіанти забезпечення структурного підрозділу ПЕР за фінансовими та екологічними критеріями;

- основні енерго - економічні показники структурного підрозділу;

- технічні та економічні результати, досягнуті внаслідок підвищення ефективності використання ПЕР;

- ефективність функціонування СЕМ тощо.

На підставі результатів аналізу документальної інформації про об’єкт ЕА та інформації, отриманої вимірюванням:

- готують попередні висновки про ефективність використання ПЕР структурним підрозділом;

- виявляють джерела неефективного використання ПЕР;

- розробляють рекомендації щодо запровадження енергоощодних заходів.

Оброблення статистичної та вимірювальної інформації має здійснюватись в послідовності, що відбиває логіку вирішення поставленої задачі згідно з рекомендаціями щодо оброблення стистичного матеріалу. Засоби аналізу поділяються на енерго - економічні та фінансово - економічні.

Енерго - економічний аналіз визначає характеристики ефективності використання ПЕР. Він включає:

- аналіз режимів споживання ПЕР (добових, місячних, річних);

- складання та аналізу карти технологічного процесу;

- складання та аналізу карти використання ПЕР;

- побудова енергетичної характеристики структурного підрозділу;

- визначення для кожного об’єкту чинників, що впливають на споживання енергії (наприклад, зовнішньої температури для системи опалення, вихідної корисної енергії електроприводів тощо);

- складання та аналіз паливно - енергетичного балансу структурного підрозділу та окремих його дільниць;

- розрахунок питомого споживання ПЕР за окремими видами ПЕР та об’єктами;

- зіставлення фактичних значень питомого споживання з нормативними значеннями, за результатами якого робиться проект висновку про ефективність використання ПЕР по кожному об’єкту;

- визначення прямих втрат ПЕР та води через витоки енергоносіїв, порушення ізоляції, нераціональні проектні рішення, недотримання умов експлуатації, неякісне виконання будівельних і монтажних робіт;

- виявлення малоефективних технологій та режимів роботи обладнання з точки зору ефективності використання ПЕР.

Аналіз споживання ПЕР дає можливість визначити тенденцію споживання ПЕР за конкретний проміжок часу (річний, місячний, добовий).

Річний графік дає змогу визначити сезонні зміни споживання ПЕР.

Місячний графік дає змогу визначити рівень споживання ПЕР в робочі та вихідні дні.

Добовий графік дає змогу визначити нерівномірність споживання ПЕР.

Паливно - енергетичний баланс являє собою систему взаємопов'язаних показників одержання і використання усіх видів ПЕР і є основою для комплексного вивчення, планування роботи і раціоналізації енергогосподарства структурного підрозділу. Він дозволяє встановити необхідні обсяги і співвідношення виробництва і споживання різних видів ПЕР. Паливно – енергетичні баланси дають можливість оцінити рівень корисного використання ПЕР.

Фінансово - економічний аналіз проводиться одночасно з енерго - економічним і додає економічне обґрунтування висновкам, отриманим на підставі енерго - економічного аналізу. На цьому етапі визначається розподіл витрат ПЕР по всіх об'єктах їх споживання і видах ПЕР. Оцінюються прямі втрати у вартісному виразі. Фінансово - економічні критерії мають вирішальне значення під час розроблення енергозберігаючих рекомендацій.

Щоб полегшити аналіз інформації, її слід представити в табличному та графічному вигляді. Результатом аналізу повинні бути показники ефективності використання енергоресурсів:

- енергоємність ВВП (кг.у.п./грн.);

- питомі витрати енергоносіїв на одиницю основних видів виробленої продукції;

- втрати основних видів енергоресурсів та води.

На етапі розроблювання рекомендацій щодо запровадження енергоощадних заходів необхідно:

- визначити технічну суть запропонованих удосконалень та джерела отримання економії ПЕР;

- визначити пріоритет упровадження запропонованих удосконалень;

- визначити всі можливі зменшення витрат, що їх можна здійснювати силами структурного підрозділу;

- розрахувати потенційну річну економію у фізичному та вартісному поданні;

- визначити перелік устаткування , необхідного для реалізації рекомендацій, оцінити його вартість з урахуванням доставляння, монтування та введення в експлуатацію;

- визначити можливі екологічні та інші діяння від врахування рекомендацій, які впливають на реальну економічну ефективність;

- оцінити загальну економічну ефективність, ураховуючи усі вище згадані особливості;

- визначити пріоритет впровадження пропонованих енергозберігаючих заходів;

- розглянути всі можливості зменшення витрат, що можуть бути здійснені силами самого Замовника.

Щоб оцінити економічну ефективність впровадження енергозберігаючих заходів, необхідно провести їх фінансовий аналіз.

Для спрощеного аналізу економічної привабливості енергозберігаючих проектів використовують такі показники, як простий термін окупності проекту та річна економія коштів внаслідок впровадження енергозберігаючих заходів.

Розрахунки проводити у відповідності до Методики визначення економічної ефективності заходів по енергозбереженню. Під час оцінки ефективності енергозберігаючих заходів слід враховувати також екологічну ефективність. Екологічна ефективність заходів з енергозбереження обумовлена перш за все зменшенням спалювання органічного палива і шкідливих викидів у навколишнє середовище. Оцінка екологічної ефективності заходів з енергозбереження передбачає:

- розрахунок зменшення шкідливих викидів в атмосферу за рахунок запропонованих Замовнику енергозберігаючих заходів;

- складання узагальненої таблиці зменшення шкідливих викидів за рахунок запропонованих Замовнику енергозберігаючих заходів;

- розрахунок зменшення витрат Замовника на сплату податку за забруднення навколишнього середовища.

Фінансове оцінювання екологічної ефективності енергозберігаючих заходів необхідно проводити згідно з «Інструкцією про порядок обчислення сплати збору за забруднення навколишнього середовища» з урахуванням змін.

На етапі складання звіту за результатами збирання, обробляння та аналізування інформації, згідно з планом ЕА енергоаудиторська група готує звіт щодо ЕА. Під час позачергового ЕА складання звіту потрібно закінчувати підготуванням енергоаудиторського висновку.

На етапі подання результатів виконавець подає результати ЕА керівництву структурного підрозділу та персоналу, що відповідає за ефективність використання енергоресурсів по даному структурному підрозділу. Копія звіту про енергетичний аудит структурного підрозділу розсилається, в підпорядкуванні якої знаходиться даний структурний підрозділ.

В плані ЕА потрібно подати:

- персональний склад енергоаудиторської групи, зазначивши й залучений до ЕА персонал з боку структурного підрозділу;

- наказ по структурному підрозділу про початок ЕА та визначення залученого до ЕА персоналу структурного підрозділу;

- заходи щодо підготування персоналу структурного підрозділу, залученого до ЕА;

- інструктаж з питань охорони праці для енергоаудиторської групи;

- перелік запланованих енергоаудиторських робіт (конкретні об’єкти та суть енергетичного обстеження на цих об’єктах), термін їх виконання та відповідальних виконавців робіт як з боку виконавця, так і з боку замовника;

- організаційно - технічні заходи, за виконання яких відповідає керівництво структурного підрозділу, що пов’язано із забезпеченням ефективності ЕА.

До організаційно - технічних заходів належать: використання наявного в структурному підрозділі вимірювального устаткування, забезпечення потреб енергоаудиторської групи у робочих приміщеннях, послугах зв’язку, копіювальній

та іншій оргтехніці, у засобах охорони праці, транспортного, побутового та житлового забезпечення роботи енергоаудиторів.

Потрібно, щоб план ЕА готував керівник енергоаудиторської групи разом із відповідальною особою від структурного підрозділу, енергетичне обстеження якого провадиться.

Підготовлений план ЕА узгоджують з керівництвом структурного підрозділу, який може внести в нього необхідні зміни. Коригувати план ЕА можна на кожному етапі ЕА.

Примірник плану, затверджений керівником енергоаудиторської групи і узгоджений із керівництвом структурного підрозділу, дають замовнику та

кожному з енергоаудиторів, і його виконання є обов'язковим.

Для реалізації плану ЕА і відображення його результатів щодо конкретних розділів плану, за потреби , розробляють такі робочі документи:

- перелік контрольних питань, що їх використовують для оцінення енергогосподарства;

- форми для документування допоміжних даних, які підтверджують висновки енергоаудиторів;

- форми для реєстрування спостережень під час ЕА;

- протоколи засідань.

Робочі документи необхідно зберігати щонайменше до завершення ЕА.

Для правильного використання робочих документів під час ЕА енергоаудитори повинні підготовляти персонал структурного підрозділу, залученого до ЕА.

На окремих об'єктах, де передбачено використати переносну вимірювальну апаратуру, підготовляють персонал безпосередньо на робочому місці.

Протягом періоду підготовляння персоналу структурного підрозділу необхідно приділяти особливу увагу охороні праці під час проведення вимірювань. Керівництво структурного підрозділу провадить інструктаж для енергоаудиторів стосовно специфічних питань охорони праці під час обстеження конкретного структурного підрозділу.

Періодичність ЕА регламентують чинним на момент ЕА законодавством України та визначають потребам замовника в кожному конкретному випадку з урахуванням результатів попереднього ЕА.

Збираючи інформацію про об’єкт ЕА, треба передбачати ознайомлення з документальною інформацією про стан енергогосподарства структурного підрозділу, а також необхідні вимірювання.

Інформацію про об’єкт ЕА треба збирати та групувати за такими параметрами:

а) система паливопостачання;

б) система електропостачання;

в)система теплопостачання;

г) система постачання стисненого повітря;

д) система вентилювання, підігрівання повітря та кондиціонування;

е) система водопостачання та каналізації;

ж) система холодопостачання;

з) система освітлювання;

и) енергомісткі споживачі технологічного процесу:

- електротермічні установки;
- електропривод потужністю понад 100кВт;
- інші споживачі;

к) будинки та споруди;

л) системи обліку та контролю споживання ПЕР;

м) система енергетичного менеджменту;

н) інші системи.

Інформацію, отриману під час ЕА, треба задокументувати і перевірити, порівнюючи з інформацією, одержаною із інших джерел інформації.

Інформацію., отриману під час ЕА, має характеризувати повнота, достатність, періодичність і вірогідність.

До документальної інформації належить:

- проектна документація на енергогосподарство структурного підрозділу;

- енергетичний паспорт структурного підрозділу;

- фінансово – економічні дані стосовно структурного підрозділу;

- звітна документація щодо комерційного та технічного обліку витрати ПЕР;

- рахунки за спожиті ПЕР;

- графіки споживання ПЕР протягом години, доби, місяця;

- технічна документація на енергоспоживальне устаткування (паспорти, формуляри, специфікації, технологічні регламенти, режимні карти, технологічні карти тощо);

- документація щодо ремонтів, налагоджувальних і випробувальних робіт;

- результати опитування й анкетування керівництва та технічного персоналу;

- інформація про системи споживання ПЕР;

- документація про енергоощаджувальні заходи;

- звіти попередніх енергетичних аудитів;

- перспективні програми та проекти реструктуризації структурного підрозділу чи модернізації окремих його виробництв тощо.

У документальній інформації про структурний підрозділ мають бути підписи відповідальних представників структурного підрозділу, що піддається енергетичному аудиту.

Обсяг документальної інформації мають визначати енергоаудитори залежно від об’єкта ЕА та завдань, виконуваних під час ЕА.

Вимірювання необхідно провадити, щоб отримати документальну інформацію, якої не вистачає, або щоб перевірити вірогідність наявної документальної інформації.

Залежно від завдання, виконуваного під час ЕА, вимірювання поділяються на:

а) одноразові – коли оцінюють рівень енергоефективності окремого об’єкта під час роботи у визначеному режимі;

б) балансові – коли складають баланс розподілу ПЕР між окремими споживачами, цехами, відділеннями, ділянками структурного підрозділу;

в) реєстраційні – коли виявляють зміни будь якого параметра режиму споживання ПЕР.

Під час вимірювання треба максимально використовувати наявні в структурному підрозділі системи обліку та контролю ПЕР, засоби вимірювальної техніки служб структурного підрозділу. Вибирають методи та засоби вимірювання тих чи інших фізичних величин згідно з рекомендаціями.

Для ЕА треба мати мінімальний комплект засобів вимірювальної техніки, у складі якого є (3):

а) для електромеханічного вимірювання:

- тестер (мультиметр) і/або прилади відповідного класу точності для вимірювання сили струму, напруги, потужності, коефіцієнта потужності;
- аналізатор електричних сигналів (осцилограф або інші, зокрема комп'ютеризовані прилади);
- устаткування для отримання графіків навантаження технологічного устаткування;
- тахометр;
- люксметр;
- секундомір;

б) для вимірювання параметрів теплоти, рідини, повітря, газів:

- газоаналізатор або інше устаткування, що дає можливість проаналізувати повноту згоряння палива, а також шкідливі викиди у довкілля;
- набір термометрів з різними давачами: повітряними, рідинними (заглибленими), поверхневими (накладними, контактними, дистанційними) тощо;
- манометри;
- трубка Піто;
- витратоміри рідин і газів;
- анемометр;
- гігрометр;

- секундомір.

Залежно від специфіки ЕА комплект засобів вимірювальної техніки може бути доповнено такими приладами:

- аналізатором показників якості електричної енергії;

- приладом для вимірювання опору електричної ізоляції;

- приладом для вимірювання опору заземлення;

- мікрометром для перевіряння опору контактів;

- кореляційним визначником місць пошкодження трубопроводів;

- витокошукачами та детекторами газів;

- теплові зором;

- високотемпературним інфрачервоним термометром (пірометром) з верхньою межею 2000 °С;

- товщиноміром для визначення товщини стінок трубопроводів і резервуарів;

- витратоміром для стоків;

- манометрами і дифманометрами на різні межі вимірювання;

- приладом для вимірювання витоків стисненого повітря в трубопроводах;

- визначником якості води (солевміст, pH);

- динамометрами для вимірювання зусилля та моменту;

- автономними приладами для тривалого реєстрування температури повітря;

- тепломірами для вимірювання теплового потоку;

- устаткуванням для вимірювання інфільтрації повітря в приміщеннях;

- іншими приладами.

Усі засоби вимірювальної техніки мають відповідати вимогам метрологічного контролю.

Обсяг інформації, отриманої вимірюванням, установлюють енергоаудитори залежно від об’єкта ЕА та поставлених цілі й завдань.

Аналіз інформації про об’єкт ЕА має охоплювати:

- аналіз чинників, які впливають на ефективність використання ПЕР;

- аналіз динаміки та досягнутого рівня ефективності використання ПЕР;

- аналіз варіантів забезпечення структурного підрозділу за фінансовими та екологічними критеріями;

- аналіз паливно - енергетичних балансів і питомих витрат ПЕР;

- аналіз чинних норм і нормативів щодо використання ПЕР;

- визначеня та аналіз основних енерго - економічних показників структурного підрозділу залізничного транспорту;

- аналіз технічних та економічних результатів, досягнутих унаслідок підвищення ефективності використання ПЕР.

Аналізування документальної інформації та інформації, отриманої вимірюванням, необхідно виконувати згідно з рекомендаціями щодо оброблювання статистичного матеріалу.

Результатом оброблення даних мають бути таблиці, графіки, секторні діаграми тощо.

Для аналізування інформацію необхідно подавати у формі таблиць, діаграм і графіків. Подання інформації у формі таблиць дає змогу виконувати одночасне порівняння однакових фізичних величин як в іменованих одиницях, так і у відсотках.

Подання інформації у формі діаграм дає змогу виконувати наглядне відображення відсоткового співвідношення споживання ПЕР.

Подання інформації у формі графіків дає змогу виконувати наглядне відображення динаміки споживання ПЕР.

Залежно від аналізу слід використовувати такі засоби аналізування інформації. Для аналізування чинників, які впливають на ефективність використання ПЕР:

- причинно – наслідкові діаграми;

- діаграми Парето;

- гістограми;

- методи кореляційного аналізу;

- індексний метод [12];

- балансові діаграми;

- методи експертного оцінювання (функційно – вартісний аналіз, метод аналізування ієрархій, метод парного порівняння тощо);

- методи регресійного аналізування тощо.

Для аналізування динаміки та досягнутого рівня ефективності використання ПЕР:

- методи регресійного аналізування;

- часові ряди;

- контрольні карти;

- діаграми розкиду тощо.

Обробляють отриману інформацію, використовуючи наявні пакети прикладних програм.

Енерго – економічний і фінансово – економічний аналіз треба провадити згідно з ДСТУ 2155.

Аналіз енергетичного балансу треба провадити згідно ДСТУ 2804.

Аналіз ефективності споживання ПЕР об'єктами ЕА необхідно провадити за показниками, наведеними в ДСТУ 3755.

Аналіз питомих витрат ПЕР на об'єктах ЕА необхідно провадити згідно з рекомендаціями.

Розроблювання енергоощадних заходів повинно супроводжуватись техніко – економічними розрахунками.

Обґрунтовувати та оцінювати економічну ефективність запроваджування енергоощадних заходів необхідно згідно з ДСТУ 2155.

Для обґрунтування та оцінювання економічної ефективності запровадження енергоощаджувальних заходів, що потребують значних фінансових інвестицій, необхідно провадити фінансовий аналіз, який базується на визначенні

- прибутку від запровадження запропонованих енергоощаджувальних заходів;

- чистого приведеного (дисконтованого) прибутку;

- внутрішньої норми прибутковості;

- простого періоду окупності.

Під час оцінювання ефективності запровадження енергоощаджувальних заходів необхідно оцінити вплив споживачів ПЕР на довкілля, яке передбачає:

- розрахування зменшення шкідливих викидів в атмосферу за допомогою запропонованих енергоощаджувальних заходів окремо за кожним видом ПЕР;

- складання узагальненої таблиці зменшення величини шкідливих викидів унаслідок запропонованих енергоощаджквальних заходів;

- розраховування зменшення витрат на сплату податку та штрафів за забруднення довкілля.

4 ВИБІР ТА АРГУМЕНТАЦІЯ РАЦІОНАЛЬНОГО ТИПУ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ДЛЯ ВЕНТИЛЯТОРА

Вибір раціонального типу електропривода – це складна технологічна задача. Для вирішення такої задачі необхідно провести аналіз умов експлуатації і розробити технічні вимоги до електроприводу, також аналіз перспективних варіантів систем електроприводів, їх техніко-економічне порівняння і вибір раціонального типу приводу.

Говорячи про умови експлуатації, ми маємо на указі сукупність зовнішніх чинників (рис. 4.1), що впливають на працездатність електроприводу, а саме: температура навколишнього середовища, вологість, тиск, вібрації, удари і т.д.

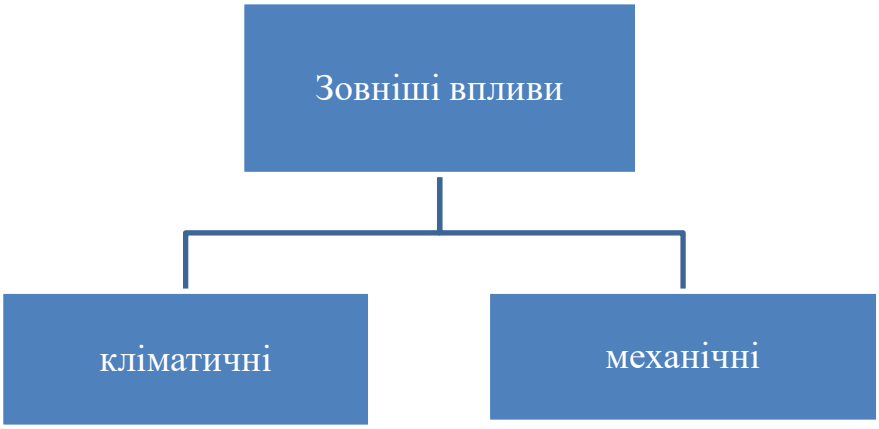


Рисунок 4.1 – Зовнішні чинники, що впливають на працездатність електроприводу

Умовні позначення кліматичних виконань виробів включають в себе наступні категорії:

- вироби, призначені для макрокліматичних районів для експлуатації на суші, річках і озерах;
- вироби, призначені для макрокліматичних районів з морським кліматом;
-вироби, призначені для всіх макрокліматичних районів на суші і на морі.

Вимоги до конструкції сучасного регульованого електроприводу, зумовлені специфікою параметрів IGBT модулів, а саме:

- основний модуль всіх виконань електроприводу представляє собою навісну шафу одностороннього обслуговування блокової конструкції. Охолодження силових напівпровідникових модулів – повітряно примусове. Геометрія охолоджувача повинна бути оптимізована за результатами теплофізичних розрахунків і досліджень та мінімізована індуктивність монтажу між модулями інвертора і конденсаторами силового фільтра за рахунок їх взаємного розташування;

- драйвери розміщені в безпосередній близькості від IGBT модулів і з'єднані з ними провідниками мінімально можливої довжини. Монтаж силових кіл і кіл керування виконаний роздільними джгутами, що розташовані переважно у взаємо перпендикулярних площинках, для зниження рівня перешкод в системі управління. Типи основних регульованих електроприводів та їх характеристика наведені в таблиці 4.1.

Системи регулювання швидкості на змінному струмі можна класифікувати за енергетичним принципом а саме:

- системи з регулюванням кількості енергії, що підводиться до електродвигуна;

- системи з втратою енергії;

- системи з рекуперацією.

При виборі типу електроприводу лідером залишається системам електроприводу змінного струму. На те є наступні причини:

- електроенергія виробляється і передається споживачам на змінному струмі;

- електродвигуни постійного струму за габаритами, вагою та вартістю в 1,5...2,5 рази перевищують двигуни змінного струму тієї ж потужності і частоти;

- надійність ДПТ значно нижче, ніж у двигунів змінного струму;

- момент інерції ДПТ в 1,5...1,7 рази вище, ніж у АД з короткозамкненим ротором;

- енергетичні показники і регулювальні властивості систем змінного струму з тиристорними перетворювачами не гірше, ніж у приводів постійного струму.

Таблиця 4.1 – Типи основних електроприводів

Тип електроприводу	ВП (ТП-Д)	Частотно-оегульований електропривод (ПЧ-АД)			ВД		АВК	МДП	Фазне управління (ТРН-АД)	Привод з електромагнітними муфтами
Тип електродвигуна	ДПТ	АД з короткозамкнутим ротором			СД		АД з фазним ротором		АД з короткозамкнутим ротором	АД з короткозамкнутим ротором
1. Щітки, колектор, або контактні кільця	+	-			- (+)		+		+	+
2. Управління зі сторони	якоря	статора			статора		статора		статора	збудж. ел. м. муфти
3. Регулюючий параметр	напруга	частота і напруга			напруга		напруга		напруга	напруга
4. Структура перетворювача	УВ	УВ-ИН	В-ИТ	ШИМ	УВ-ИТ	ПЧ	В-И	НПЧ		
5.Режим роботи двигуна:	+	+	+							
гальмівний	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
чотири квадранти	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-
чотири пуски	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
чотири реверси	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-

Наприклад, перевантажувальна здатність у приводів з синхронними двигунами вище, ніж у двигуна постійного струму; вартість статичних перетворювачів для двигуна постійного струму приблизно дорівнює вартості перетворювачів для приводів змінного струму, а система генератор - двигун постійного струму за вагою та вартістю в 1,5...2,0 рази перевершує вагу і вартість перетворювачів тієї ж потужності, причому ККД системи Г-Д на 10...20 % нижче. Основні переваги і недоліки трьох типів частотно - регульованих електроприводів представлені в табл. 4.2

Таблиця 3.2. Переваги та недоліки типів регульованих електроприводів

Типи	Інвертор напруги	Інвертор струму	ШИМ
Сумісність	так	ні	так
Плавний старт	так	так	так
Настройка	за вибором	вбудована	за вибором
Нагрів двигуна	низький	низький	високий
Шум двигуна	низький	низький	високий
Часткова загрузка	так	нестійка	так
Робота на низьких швидкостях	ні	ні	плавна
Низько-швидкісні пульсації моменту	так	так	ні
Частота вище 50 Гц	так	ні	так
Захист від розриву кола	вбудована	вимагається	вбудована
Захист від короткого замикання	потребує	вбудована	потребує
Захист від перевантаження	потребує	вбудована	потребує
Багатодвигунний привід	так	за вибором	так
Контролер та логіка	проста	Більш складна	складна
50 Гц коефіцієнт потужності	низький	низький	високий
50 Гц гармоніки	високі	високі	низькі
Гармоніки двигуна	помірні	помірні	високі
Сплески напруги	ні	є	є
Розмір фільтра постійного струму	великий	великий	малий
Шум інвертора	середній	середній	високий
Транзисторна технологія	так	ні	так
Комутація інвертора	низька частота	низька частота	висока частота
Розмір та вага	середній	великий	малий

Частотно - регульований електропривод з синхронними двигунами найбільш економічний при потужностях до 1000 Вт і більше. У даних системах, як правило, використовується інвертор струму з комутованим навантаженням. Використання синхронних двигунів з постійним магнітним полем, виконаних на постійних магнітах, в системах частотного управління постійно зростає.

Для забезпечення плавності пуска та регулювання швидкості можна використовувати наступні системи приводів: АВК, ТРН-АД, ТРТ-АД, ТП-ВД. При виборі моделі перетворювача частоти необхідно враховувати конкретне завдання, яке повинен вирішувати електропривод, а саме:

- типу й потужності електродвигуна;
- точності й діапазону регулювання швидкості;
- точності підтримки моменту обертання на валу двигуна.

Так само, можна враховувати конструктивні особливості перетворювача:

- розміри;
- форма;
- можливість виносу пульта керування й ін.

При роботі зі стандартним асинхронним двигуном перетворювач необхідно вибирати з відповідною потужністю. Якщо треба забезпечити великий пусковий момент або короткий час розгону/сповільнення, необхідно вибрати перетворювач на ступінь вище стандартного. При виборі перетворювача для роботи зі спеціальними двигунами необхідно керуватися, насамперед, номінальним струмом перетворювача, який повинен бути більше номінального струму двигуна, а також особливостями налаштування параметрів перетворювача. У цьому випадку, бажано проконсультуватися з фахівцями постачальника. Для збільшення точності підтримки моменту й швидкості на валу двигуна в найбільш досконалих перетворювачах (VFD-V/B/M) реалізоване векторне керування, що дозволяє працювати з повним моментом двигуна в області нульових частот, підтримувати швидкість при змінному навантаженні без датчиків зворотного зв'язку, точно контролювати момент на валу двигуна.

Розрахуємо схему електропривода по системі ПЧ-АД

Параметри двигуна

$$U_{1ф} = \frac{U_{1н}}{\sqrt{3}}, \tag{4.1}$$

$$U_{1ф} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 219,4 \text{ В}.$$

$$I_{1н} = \frac{P_н}{3 \cdot U_{1ф} \cdot \cos\varphi \cdot \eta}, \tag{4.2}$$

$$I_{1н} = \frac{110000}{3 \cdot 219,4 \cdot 0,9 \cdot 0,938} = 197,965 \text{ А}.$$

$$R_2` = \frac{1}{3} \frac{(P_н + P_{мех})}{(I_н^2 \cdot \frac{1 - S_н}{S_н})}, \tag{4.3}$$

$$R_2` = \frac{1}{3} \frac{(110000 + 3300)}{(202^2 \cdot \frac{1 - 0,01}{0,01})} = 0,009 \text{ Ом}.$$

$$P_{мех} = 0,03 \cdot P_н, \tag{4.4}$$

$$P_{мех} = 0,03 \cdot 110000 = 3300 \text{ Вт}.$$

$$R_1 = \frac{U_{1н} \cdot cos\varphi \cdot (1 - \eta)}{I_н} - C^2 \cdot R`_2 - \frac{P_{мех}}{3I_н^2}, \tag{4.5}$$

$$R_1 = \frac{380 \cdot 0,9 \cdot (1 - 0,938)}{202} - 0,009^2 \cdot 1,03 - \frac{3300}{3 \cdot 202^2} = 0,077 \text{ Ом}.$$

$$L`_2 = \frac{U_{1н}}{4 \cdot \pi \cdot f_1 (1 + C^2) \cdot K_1 \cdot I_н}, \quad (4.6)$$

$$L`_2 = \frac{380}{4 \cdot 3{,}14 \cdot 50 \cdot (1 + 1{,}03^2) \cdot 6{,}8 \cdot 202} = 0{,}0002 \ \text{Гн}.$$

$$L_1 = \frac{U_{1н}}{4 \cdot \pi \cdot f_1 \cdot I_н \sqrt{1 - \cos\varphi^2} - \frac{2}{3} \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot f_1 \cdot M_{max}}{p \cdot U_н} \frac{S_н}{S_к}}, \quad (4.7)$$

$$L_1 = \frac{380}{4 \cdot 3{,}14 \cdot 50_1 \cdot 202 \cdot \sqrt{1 - 0{,}9^2} - \frac{2}{3} \cdot \frac{2 \cdot 3{,}14 \cdot 50 \cdot 2095{,}236}{2 \cdot 380} \cdot \frac{0{,}01}{0{,}0479}} = 0{,}0068$$

Визначимо еквівалентні опори двигуна:

$$R_e = 2(R_1 + R`_2) + \frac{3}{\pi}(x_1 + x`_2), \quad (4.9)$$

$$x_1 = 2 \cdot L_1 \cdot \pi \cdot f_1, \quad (3.10)$$

$$x_1 = 2 \cdot 0{,}0068 \cdot 3{,}14 \cdot 50 = 2{,}1352 \ \text{Ом}.$$

$$x'_2 = 2 \cdot L'_2 \cdot \pi \cdot f_1, \quad (3.11)$$

$$x'_2 = 2 \cdot 0{,}0002 \cdot 3{,}14 \cdot 50 = 0{,}0628$$

$$L_e = 2(L_1 + L`_2), \quad (3.12)$$

$$L_e = 2(0{,}0068 + 0{,}0002) = 0{,}014 \ \text{Гн}.$$

$$R_e = 2(0,077 + 0,009) + \frac{3}{3,14}(2,1352 + 0,0628) = 2,2719 \text{ Ом.}$$

Розрахуємо регулятор швидкості.

Спершу визначимо момент інерції:

$$J = J_{\text{ДВ}} + J'_{\text{МЕХ}}, \tag{4.13}$$

$$J = 2,93068 + 15,947 = 18,877 \ \ (\text{кг}\cdot\text{м}^2).$$

Максимальний момент двигуна:

$$M_{MAX} = M_H \cdot \lambda, \tag{4.14}$$

$$M_{MAX} = 698,412 \cdot 3 = 2095,236 \ (\text{Н}\cdot\text{м}).$$

$$K_M = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot \frac{M_H}{I_{1H}}, \tag{4.15}$$

$$K_M = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot \frac{698,412}{197,965} = 2,881.$$

Струм відсічки від’ємного зворотного зв’язку по струму

$$I_{dMAX} = \frac{M_{MAX}}{K_M}, \tag{4.16}$$

$$I_{dMAX} = \frac{2095,236}{2,823} = 742,201.$$

Коефіцієнт зворотного зв’язку по струму

$$K_c = \frac{U_{0CMAX}}{I_{MAX}}, \tag{4.17}$$

$$U_{0CMAX} = 10B.$$

ВИСНОВКИ

В даній роботі були розглянуті та описані особливості вентиляційних систем, досліджені системи кондиціонування повітря, розкрито поняття енергоефективності, проведений вибір та аргументація раціонального типу електропривода для вентилятора.

При виборі раціонального типу електропривода був проведений аналіз умов експлуатації, розглянуті технічні вимоги до електроприводу, аналіз перспективних варіантів систем електроприводів, їх техніко-економічне порівняння і, як результат – вибір раціонального типу приводу.

Вимоги до конструкції сучасного регульованого електроприводу, зумовлені специфікою параметрів IGBT модулів.

При виборі типу електроприводу лідером залишається системам електроприводу змінного струму. На те є наступні причини:

- електроенергія виробляється і передається споживачам на змінному струмі;

- електродвигуни постійного струму за габаритами, вагою та вартістю в 1,5...2,5 рази перевищують двигуни змінного струму тієї ж потужності і частоти;

- надійність ДПТ значно нижче, ніж у двигунів змінного струму;

- момент інерції ДПТ в 1,5...1,7 рази вище, ніж у АД з короткозамкненим ротором;

- енергетичні показники і регулювальні властивості систем змінного струму з тиристорними перетворювачами не гірше, ніж у приводів постійного струму.

Перевантажувальна здатність у приводів з синхронними двигунами вище, ніж у двигуна постійного струму; вартість статичних перетворювачів для двигуна постійного струму приблизно дорівнює вартості перетворювачів для приводів змінного струму, а система генератор - двигун постійного струму за вагою та вартістю в 1,5...2,0 рази перевершує вагу і вартість перетворювачів тієї ж потужності, причому ККД системи Г-Д на 10...20 % нижче.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Види вентиляції: огляд та порівняння доступних варіантів [Електронний ресурс] – Режим доступу:https://alterair.ua/stati/vidy-ventilyatsii/
2. Класифікація та види вентиляційних систем [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://vencon.ua/ua/articles/vidy-i-klassifikaciya-ventilyacionnyh-sistem
3. Експлуатація електроустановок: Навч. посібник / Г.Г. Півняк, А.В. Журахівський, Г.А. Кігель, Б.М. Кінаш, А.Я. Рибалко, Ф.П. Шкрабець, З.М. Бахор: За ред. академіка НАН України Г.Г. Півняка. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2005. – 445 с.
4. Посібник з вивчення Правил технічної експлуатації електричних станцій і мереж. Електротехнічне устаткування електричних станцій та мереж, оперативно-диспетчерське керування / Баженов О.Г. та інші. – К.: ДП НТУКЦ «Аселенерго», 2004. – 800 с.
5. Лут М.Т., Мірошник О.В., Трунова І.М.. Основи технічної експлуатації енергетичного обладнання АПК.: Підручник для студентів ВНЗ. – Харків: Факт, 2008. - 438 с. ISBN 978-966-637-575-2
6. Економія електроенергії на підприємстві: основні способи. [електронний ресурс].–Режим доступу:https://eenergy.com.ua/energoefectyvnist/ekonomiya-elektroenergiyi-na-pidpryyemstvi/(дата звернення 14.05.20).
7. Безпека праці та промислова санітарія.Навчальний посібник до курсу «Охорони праці»:[К.Н. Ткачук та ін.]– Тернопіль.: 2018. – 213с.
8. Приступа М.М. Енергозбереження в Україні: правові аспекти і практична реалізація М.М. Приступа, М.В. Бохонко. – Рівне: видавець О.Зень, 2011. – 104 с.
9. Находов В.Ф. Застосування методів самоорганізації математичних моделей енергоспоживання для встановлення «стандартів» в системах оперативного контролю енергоефективності/ В.Ф. Находов, І.В. Стеценко, Я.С. Бедерак // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2012. – № 5(99). – С. 56-67.

16. Находов В.Ф. Вибір оптимального набору критеріїв з метою комплексної оцінки адекватності побудови «стандарту» енергоспоживання в системах оперативного контролю енергоефективності/ В.Ф. Находов, О.В. Бориченко, Д.О. Іванько //Енергетика. Екологія. Людина. – 2013. – № 3(34). – С.31-35

10. Горобець В. Г. Експериментальне дослідження охолодження припливного повітря у птахівничих приміщеннях / В. Г. Горобець, В. І. Троханяк, Ю. О. Богдан. // Науковий вісник НУБіП України "Техніка та енергетика АПК". – К.: ВЦ НУБіП України, – 2015. – №224. – С. 204–208.

11. Горобець В. Г. Експериментальне дослідження теплообмінного апарата нової конструкції [Електронний ресурс] / В. Г. Горобець, В. І. Троханяк // НУБіП України "Енергетика і автоматика". – 2015. – Режим доступу до ресурсу: http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Energiya/article/viewFile/5247/5160.

12. Горобець В. Г. Комп'ютерне математичне моделювання процесів тепло- і масо переносу при вентиляції повітря в птахівничих приміщеннях [Електронний ресурс] / В. Г. Горобець, В. І. Троханяк // Мелітополь: ТДАТУ. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: http://nauka.tsatu.edu.ua/e-journals-tdatu/pdf5t1/24.pdf.

13. Горобець В. Г. / Моделювання процесів переносу та теплогідравлічна ефективність кожухотрубного теплообмінника з компактним розташуванням пучків труб / В. Г. Горобець, В. І. Троханяк. – Науковий вісник НУБіП України "Техніка та енергетика АПК". – К.: ВЦ НУБіП України, 2014. – № 194, ч.2. – С. 147-155.

14. Горобець В. Г. Чисельне моделювання процесів переносу при поперечному обтіканні компактних пучків труб у кожухотрубних теплообмінниках / В. Г. Горобець, В. І. Троханяк. // Науковий вісник НУБіП України "Техніка та енергетика АПК". – К.: ВЦ НУБіП України, – 2015. – №209. ч.1. – С. 42–49.

15. Alvarez R. Condiciones de confort para la explotación de las gallinas ponedoras / R. Alvarez, C. Delgado // Rev.cnb.Cienc.avic. – 2000. – Vol.24. – No 1. – P. 1-13.

16. Balnave D. Increased utilization of sensible heat loss mechanisms in high temperature, high humidity conditions / D. Balnave // World's Poultry Sc.J. – 1998. – Vol.54. – No 1. – P. 69-72.

17. Bardina J.E. Turbulence Modeling Validation, Testing and Development / Bardina J.E., Huang P.G., Coakley T.J, // California, NASA reports – April, 1997. – 88 p.

18. Енергоефективні системи кондиціонування повітря. Лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 144 «Теплоенергетика», спеціалізації «Промислова та муніципальна теплоенергетика та енергозбереження» / А. С. Соломаха, В. В. Середа ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,9 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 53 с.

19. Теплотехніка та енергетичні машини. Розрахунок системи кондиціонування: Розрахункова робота. [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальностей 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: В.В. Дубровська, В.І. Шкляр. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,4 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 56 с.

20. Безродний М.К. Теплові насоси та їх використання: навч. посіб. / М.К. Безродний, І.І. Пуховий, Д.С. Кутра. – К.: НТУУ «КПІ», 2013. – 312с. – Бібліогр.: С.292-311. – 115 пр. 10.Пісарєв В.Є. Теплові насоси та холодильні установки: Навч. посібник. – Київ: КНУБА, 2002. – 124с.

21. . ДБН В.2.5-67:2013 «ОПАЛЕННЯ, ВЕНТИЛЯЦІЯ ТА КОНДИЦІОНУВАННЯ». Чинний від 2014- 01-01. –Київ: Мінрегіонбуд та ЖКГ України, 2013. – 232 с.

22. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010«БУДІВЕЛЬНА КЛІМАТОЛОГІЯ». Чинний від 2011- 01-11. – Київ: «Укрархбудінформ», 2011. – 130 с. 3. ДСН 3.3.6.042-

99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень ПОСТАНОВА N 42 від 01.12.99 Електронний ресурс] – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99#Text

23. Системи опалення, вентиляції і кондиціювання повітря будівель[Електронний ресурс]: навч. посіб. для студентів спеціальності144 «Теплоенергетика» / М.Ф.Боженко; КПІ ім. Ігоря Сікорського.–Електронні текстові дані (1 файл: 36,087 Мбайт). –Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 380 с.

24. Кондиціювання та вентиляція повітря[Текст]: текст лекцій / Е.Г.Братута, А.М.Ганжа, О.В.Круглякова, В.В.Чубарова –Харків: НТУ «ХПІ», 2009. –128с

25. Кондиціонери Cooper&Hunter [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://cooperandhunter.ua/ua/catalogs/