

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Методичні вказівки щодо виконання самостійної роботи
Частина 2

СУМИ – 2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет
Кафедра енергетики та електротехнічних систем

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Методичні вказівки щодо виконання самостійної роботи
Частина 2

для здобувачів 4 та 3 с.т. курсу
освітньої програми «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
денної та заочної форм здобуття освіти
ступеню вищої освіти «бакалавр»

СУМИ – 2026

УДК 621.18(072)

Ч 44

Укладачі: **Чепіжний А.В.**, к.т.н., доцент кафедри енергетики та електротехнічних систем
Шевченко С.С., с.н.с, професор кафедри енергетики та електротехнічних систем
Мороз К.В., завідувач навчальною лабораторією кафедри енергетики та електротехнічних систем
Тимошенко Г.А., завідувач навчальною лабораторією кафедри енергетики та електротехнічних систем

Ч 44 Експлуатація теплоенергетичного обладнання :
методичні вказівки щодо виконання самостійної роботи. Частина
1 / укл. А. В. Чепіжний, С.С. Шевченко, К.В. Мороз, Г.А.
Тимошенко – Суми, 2026 – 34 с.

В методичних вказівках висвітлено питання самостійного вивчення здобувачами освіти матеріалу з дисципліни експлуатація теплоенергетичного обладнання.

Рецензенти:

Думанчук М.Ю., к.т.н., доцент кафедри технічного сервісу та галузевого машинобудування
Лобода В.Б., к.т.н., професор кафедри енергетики та електротехнічних систем

Відповідальний за випуск:

Юрченко О.Ю. PhD, доцент кафедри енергетики та електротехнічних систем

Рекомендовано до видання Радою із забезпечення якості освітньої діяльності та якості вищої освіти інженерно-технологічного факультету.

Протокол №6 від 14.05.2026 року

ЗМІСТ

ТЕМА 7. РОБОТА ТУРБИНИ В УМОВАХ ПУСКУ І ОСТАНОВУ.....	6
ТЕМА 8. ВІБРАЦІЙНА НАДІЙНІСТЬ ТУРБОАГРЕГАТУ.....	8
ТЕМА 9. РОБОТА ОБЛАДНАННЯ НА ЗМІННИХ РЕЖИМАХ.....	9
ТЕМА 10. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ОБСТЕЖЕНЬ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ.....	10
ТЕМА 11. НАЛАГОДЖЕННЯ СИСТЕМ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ.....	11
ТЕМА 12. НАЛАГОДЖЕННЯ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ.....	15
ТЕМА 13. ВИПРОБУВАННЯ І НАЛАГОДЖЕННЯ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ СИСТЕМ.....	21
ТЕМА 14. НАЛАГОДЖЕННЯ СИСТЕМ КОНДИЦІЮВАННЯ ПОВІТРЯ.....	25
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	51

ТЕМА 7. РОБОТА ТУРБІНИ В УМОВАХ ПУСКУ І ОСТАНОВУ

План

1. Послідовність операцій пуску і останову турбіни.

1. Послідовність операцій пуску і останову турбіни

Послідовність операцій при пуску та зупинці парової турбіни – це чітко регламентований технологічний процес, де кожен крок спрямований на мінімізацію термічних напружень у металі.

Нижче наведено розширений алгоритм дій для типової конденсаційної турбіни.

1. Послідовність операцій під час пуску.

Пуск вважається завершеним лише після виходу на номінальне навантаження та стабілізації теплового стану.

Етап А: Підготовчі операції:

1. Огляд та контроль: Перевірка рівнів масла в баках, стану контрольно-вимірювальних приладів та наявності живлення на приводах.

2. Запуск масляної системи: Включення пускового масляного насоса. Перевірка тиску масла на змащення підшипників та в системі регулювання.

3. Включення валоповоротного пристрою (ВПП): Ротор починає обертатися зі швидкістю 3–20 об/хв. Це критично для запобігання тепловому прогину вала.

4. Підготовка конденсаційної установки: Запуск циркуляційних насосів для подачі охолоджувальної води в конденсатор.

Етап Б: Створення вакууму та подача пари на ущільнення.

1. Подача пари на кінцеві ущільнення: Це створює «парову завісу», яка перешкоджає присмоктуванню холодного повітря в турбіну.

2. Включення ежектора: Початок відкачування повітря з конденсатора для створення розрідження (вакууму). Без достатнього вакууму пуск заборонений, щоб уникнути перегріву лопаток останніх ступенів.

Етап В: Розгін та прогрів (Набір обертів)

1. Поштовх ротора: Відкриття стопорного клапана та подача такої кількості пари, щоб ротор відірвався від ВПП і почав самостійне обертання.

2. Витримка на проміжних обертах: Зупинка на низьких частотах (наприклад, 500-800 об/хв) для «м'якого» прогріву металу. У цей час контролюється вібрація та різниця температур «верх-низ» циліндра.

Пройходження критичних частот: Швидке збільшення обертів у діапазоні, де виникає резонанс вала, до виходу на 3000 об/хв (синхронна частота).

Етап Г: Синхронізація та навантаження

Синхронізація: Включення генератора в мережу при досягненні повної відповідності параметрів мережі та генератора.

Взяття початкового навантаження: Зазвичай 5-10 % від номіналу для запобігання охолодженню проточної частини.

Подальше навантаження за графіком: Поступове збільшення потужності відповідно до термонапруженого стану найбільш масивних деталей.

2. Послідовність операцій під час зупинки

Процес зупинки має на меті плавне охолодження елементів без деформацій.

Етап А: Розвантаження

1. Зниження потужності: Поступове закриття регулюючих клапанів. Паралельно знижуються параметри пари від котла (якщо передбачено режим зупинки на ковзних параметрах).

2. Відключення від мережі: При досягненні мінімального навантаження (близько до нуля) вимикач генератора розмикається.

Етап Б: Вибіг ротора

1. Закриття стопорного клапана: Повне припинення подачі пари. Ротор починає обертатися за інерцією (вибіг).

2. Контроль часу вибігу: Важливий діагностичний показник. Якщо ротор зупинився занадто швидко, це може свідчити про зачіпання в проточній частині.

3. Зрив вакууму: На певних обертах відкриваються клапани сполучення з атмосферою для швидшого гальмування та охолодження лопаток.

Етап В: Післязупинний період

1. Включення ВПП: Щойно ротор зупинився, його негайно ставлять на валоповорот. Ротор має обертатися до повного охолодження циліндра (іноді до 2–3 діб).

2. Робота масляних насосів: Масло продовжує циркулювати для відведення тепла від гарячих підшипників, поки температура металу в зоні вкладишів не впаде до безпечного рівня (зазвичай нижче 150°C).

3. Вимкнення допоміжного обладнання: Зупинка ежектора, ущільнювальної пари та, нарешті, циркуляційних насосів.

Основні критерії безпеки (Check-list оператора).

- Осьовий зсув ротора: Не повинен перевищувати 1.0-1.2 мм.
- Відносне розширення ротора (ВРР): Контроль зазорів, щоб ротор не вперся в статор.
- Вібрація підшипників: Не більше допустимих значень (зазвичай до 4.5 мм/с або за амплітудою).
- Температура масла на виході: Має залишатися в межах 45–55°C.

ТЕМА 8. ВІБРАЦІЙНА НАДІЙНІСТЬ ТУРБОАГРЕГАТУ

План

1. Робота турбоагрегату в режимі вібрації.

1. Робота турбоагрегату в режимі вібрації

Системи вібромоніторингу та діагностики широко використовуються в різних галузях промисловості. Зокрема, вібромоніторинг та контроль вібрації дозволяє не лише відслідковувати вібростан різних машин та обладнання, а й дозволяють з'ясувати причини зміни даних, усунути дефекти, несправності, поломки.

Система безперервного контролю вібрації вітчизняного виробництва.

Компанія СКБ Вібрації та Ресурсу пропонує Вашій увазі систему безперервного контролю «Пульс». Це сучасна розробка, яка дозволяє здійснити вібромоніторинг різних систем та обладнання. Установка може використовуватися для турбогенераторів, підшипників, будівельних конструкцій, поршневих компресорах, контролю витоків, для гідроагрегатів, і навіть АЕС, ТЕС та інших промисловостях.

Система безперервного контролю вібрації дозволяє стежити за станом турбогенераторів у процесі експлуатації. Контроль здійснюється в різних режимах під час експлуатації: пуск, зупинка, валоповорот, стаціонарний режим або різні рівні навантаження. Крім цього, система дозволяє прогнозувати розвиток змін вібросостояння роторів, валів, підшипників.

Особливості та переваги системи вібромоніторингу «Пульс»

Система контролю вібрації автоматизована та підходить для тепломеханічних величин. Система «Пульс» рекомендується для оснащення турбогенераторів потужністю 100-800 МВт, а також підходить для допоміжного обладнання ТЕС, підприємств нафтогазової та інших промисловостей.

Система «Пульс» забезпечує:

- контроль вібрації та тепломеханічних величин;
- сигналізація;
- захист;
- аналіз та діагностика причин зміни вібрації.

Варто зазначити, що система відповідає вимогам Правил технічної експлуатації АСВС відповідає вимогам Правил технічної експлуатації електричних станцій та мереж ГKD 34.20.507-2003, ГОСТ 25364-97 та ГОСТ 27165-97.

Система безперервного контролю вібрації дозволяє:

- безперервний контроль турбогенератора на різних режимах;
- виявлення та прогнозування змін роторів, валів, підшипників;
- оцінка прояву дефектів та несправностей.

Унікальність системи «Пульс»:

- контроль та аналіз параметрів у безперервному режимі;
- експлуатаційна невибагливість датчиків;
- датчики можуть встановлюватись до 200 м від шафи управління;

- оцінка та діагностування режиму вібрації турбогенератора у різних експлуатаційних режимах;
- можлива примусова зупинка турбін;
- можливість контролю крутильних деформацій валу;
- оперативна комп'ютеризована обробка даних.

Варто зазначити, що для кожного конкретного турбоагрегату система «Пульс» комплектується індивідуальною апаратурою, яка підходить для вирішення конкретного завдання, розробляється індивідуальна схема підключення і конфігурація ПЗ. Наявність власної технічної бази дозволяє реалізувати індивідуальну комплектацію та нестандартну апаратуру.

Також наша компанія реалізує великий асортимент обладнання для вібромоніторингу: датчик для вимірювання вібрації машин, що обертаються, вібростенди, контрольно-вимірювальне обладнання. Ознайомитись з повним асортиментом можна у нашому каталозі. Вся продукція завжди є на складі. Для замовлення звертайтеся за контактними номерами, що вказані на сайті компанії.

ТЕМА 9. РОБОТА ОБЛАДНАННЯ НА ЗМІННИХ РЕЖИМАХ

План

1. Особливості змішаних режимів.

1. Особливості змішаних режимів

Змішані режими роботи теплоенергетичного обладнання характеризуються одночасним використанням різних джерел енергії (наприклад, викопне паливо + відновлювані джерела) або поєднанням різних технологічних процесів (наприклад, когенерація) для підвищення ефективності, маневреності та зниження викидів. Основні особливості включають складність керування, необхідність гнучкого регулювання потужності та підвищені вимоги до надійності матеріалів.

Ключові особливості змішаних режимів:

- Підвищення маневреності: Змішані режими дозволяють обладнанню (наприклад, котлам та турбінам) швидко реагувати на коливання графіків навантаження, що важливо при роботі в системі з високою частотою ВДЕ.
- Енергоефективність та економічність: Використання когенераційних установок (парогазових) дозволяє ефективніше використовувати паливо, підвищуючи коефіцієнт використання теплоти.
- Гнучкість керування: Необхідність складного автоматичного керування для підтримання стабільної роботи при зміні типу палива або робочого середовища.
- Термомеханічні навантаження: Часті зміни режимів роботи можуть викликати підвищену вібрацію та втому матеріалів, що вимагає впровадження сучасних матеріалів та моніторингу.

- Екологічність: Змішані режими дозволяють зменшити обсяги викидів шкідливих речовин завдяки більш ефективному спалюванню та використанню утилізаторів тепла.

Прикладами є робота котлів-утилізаторів у складі парогазових установок, що дозволяє суттєво зекономити паливо за рахунок використання тепла вихідних газів ГТУ.

ТЕМА 10. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ОБСТЕЖЕНЬ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ

План

1. Аналіз результатів звітної документації по обстеженню теплових мереж.

1. Аналіз результатів звітної документації по обстеженню теплових мереж

Аналіз звітної документації за результатами обстеження теплових мереж – це комплексна оцінка технічного стану інженерних комунікацій для виявлення дефектів, мінімізації втрат теплоносія та запобігання аварійним ситуаціям.

Процес аналізу охоплює наступні ключові етапи та аспекти:

1. Перевірка повноти вихідних даних. Аналіз проектної та виконавчої документації: Звіряються фактичні параметри мережі (матеріали труб, діаметри, ізоляція, трасування) із затвердженими проектними даними.

Попередні ремонти та експлуатаційні журнали: Оцінюється історія попередніх аварій, відмов обладнання та скарг споживачів.

2. Ключові показники для оцінки. Під час аналізу вивчаються результати інструментальних та візуальних обстежень:

- Втрати теплової енергії та теплоносія: Зіставлення фактичних (нормативних) та проектних параметрів.

- Стан ізоляційного шару: Виявлення ділянок із пошкодженою або відсутньою теплоізоляцією (часто фіксується за допомогою тепловізійної зйомки).

- Гідравлічний режим: Оцінка перепадів тиску, наявності засмічень чи відкладень у трубопроводах.

- Стан запірно-регулюючої арматури та насосного обладнання: Визначення ступеня зносу, наявності корозії та герметичності засувки і клапанів.

3. Класифікація виявлених дефектів. На основі дефектної відомості формується перелік недоліків, які прийнято поділяти за ступенем критичності:

Критичні (аварійні): Вимагають негайного усунення (наприклад, витіки на магістралях, значне стоншення стінок труб через корозію).

Планові (експлуатаційні): Дефекти, що потребують заміни у найближчий міжопалювальний сезон (заміна сальників, часткове відновлення ізоляції).

Потенційні: Ділянки, що вимагають посиленого моніторингу, оскільки вони наближаються до граничного терміну експлуатації.

4. Фінальні рекомендації звіту. Головним завданням аналізу є складання плану подальших дій:

- Складання списку першочергових капітальних та поточних ремонтів із попередньою оцінкою кошторису.

Пропозиції щодо модернізації системи (наприклад, перехід на попередньо ізольовані (ПІ) труби, встановлення балансувальних клапанів).

Для регламентації процесу проведення таких обстежень, розрахунків та оформлення звітів варто спиратися на офіційну нормативну базу та профільні Накази Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. Якщо вам потрібна допомога з розшифровкою конкретних цифр, розрахунком тепловтрат або складанням дефектної відомості, надайте вихідні дані з вашого звіту.

ТЕМА 11. НАЛАГОДЖЕННЯ СИСТЕМ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

План

1. Особливості будови систем гарячого водопостачання.

1. Особливості будови систем гарячого водопостачання

Системи гарячого водопостачання у житлових і громадських будинках призначені для подачі гарячої води, температура якої має бути не нижче 50°C і не вище 75°C. При користуванні гарячою водою споживач має можливість знижувати температуру до необхідної величини в змішувачах, які встановлюють в місцях водорозбору.

За необхідності більшої температури гарячої води (в лікувальних закладах, підприємствах громадського харчування тощо) влаштовують місцеві установки для нагріву води, або кип'ятильники.

Залежно від призначення системи гарячого водопостачання поділяють на господарсько-побутові й виробничі. Ці системи допускається об'єднувати лише тоді, коли на технічні потреби використовується вода питної якості або коли внаслідок контакту з технологічним обладнанням не змінюється якість води.

У господарсько-побутових системах гарячого водопостачання якість води повинна відповідати вимогам державних стандартів на питну воду.

У виробничих системах якість води визначають за технологічними потребами. Системи гарячого водопостачання залежно від місця приготування гарячої води поділяють на місцеві й централізовані (рис. 11.1).

Місцеві системи (рис. 11.1, а) влаштовують у невеликих будинках, де нагрівання води здійснюється для кожного споживача або групи споживачів.

Вода із системи холодного водопостачання подається на місцеву установку (місцевий водонагрівач), в якій використовуються газ, тверде паливо, електроенергія тощо.

За наявності в будинках газопостачання і централізованого опалення, приготування води може здійснюватись у швидкісних і ємнісних газових водонагрівачах.

У малоквартирних будинках інколи використовують систему гарячого водопостачання, поєднану з опаленням. У цих системах найчастіше використовуються двоконтурні котли або газові проточні водонагрівачі, які працюють у двох режимах: опалення і гарячого водопостачання. Такі котли обладнані двома теплообмінниками (один призначений для приготування гарячої води в системі опалення, другий - для приготування гарячої води в системі водопостачання). Використання теплогенератора, який обслуговує системи опалення і гарячого водопостачання, має певні незручності, адже режим теплопостачання цих систем суттєво відрізняється. Система опалення протягом дня має стабільне теплопостачання, тоді як гаряче водопостачання характеризується нерівномірним навантаженням з різко вираженими «піками» вранці і ввечері.

Згідно з тепловими розрахунками і даними спостережень пікове споживання тепла системою гарячого водопостачання, як правило, перевищує навантаження в системі опалення. Якщо встановити в будинку теплогенератор на сумарне теплове навантаження опалення і гарячого водопостачання, то його установлена потужність виявиться завищеною.

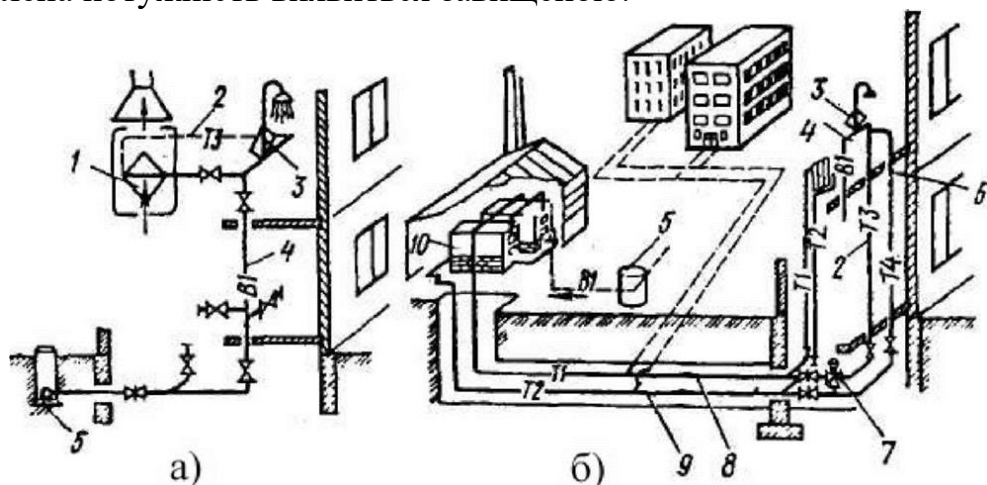


Рис. 11.1 – Системи гарячого водопостачання: а – місцева; б – централізована (відкрита); 1 – водонагрівач; 2 – розподільча мережа; 3 – водорозбірна арматура; 4 – мережа холодного водопроводу; 5 – колодезь; 6 – циркуляційна мережа; 7 – терморегулятор; 8, 9 – трубопроводи; 10 – водогрійний котел; T1 – трубопровід подачі гарячої води; T2 – зворотний трубопровід гарячої води; T3 – гаряче водопостачання; T4 – циркуляційний трубопровід; B1 – трубопровід холодної води

Внаслідок цього в періоди, коли відсутній водорозбір, теплогенератор працюватиме недовантаженим. Тому при використанні ємнісного водонагрівача його продуктивність за теплом потрібно обирати, виходячи з витрати тепла на опалення, а його ємність – на приготування води для однієї ванни.

Вибір котельного обладнання потрібно здійснювати, ґрунтуючись на потрібній потужності, схемі системи (окреме гаряче водопостачання чи об'єднане з системою опалення), ефективності котлів, виді палива, довговічності, технічних і економічних характеристиках. Серед них не останнє місце займає зовнішній вигляд агрегатів, компактність, термін роботи теплообмінників.

Електричні водонагрівачі – найбільш гігієнічні й безпечні в пожежному відношенні пристрої. Широкого розповсюдження набули ємкісні електроводонагрівачі, які складаються з корпусу, що вміщує бак на 10-200 л води і більше, покритий теплоізоляцією, електронагрівного елемента – тону, регулятора температури, який відключає нагрівач у разі досягнення заданої температури, змішувача для заповнення нагрівача й відбору гарячої води. Електроводонагрівач влаштовують безпосередньо на стіні помешкання над приладом, в який подається гаряча вода.

Централізовані системи гарячого водопостачання (рис. 7.3, б) завдяки їх економічності, простоті експлуатації та обслуговування найчастіше використовують в житлових і громадських будівлях. Їх влаштовують за наявності потужних джерел тепла (ТЕЦ, районних котельень тощо).

У централізованих системах гарячого водопостачання воду нагрівають для групи споживачів в одному місці і транспортують її трубопроводами до місць витрачання. Схема системи гарячого водопроводу, кількість елементів у системі та їх взаємне розташування залежать від режиму водоспоживання, типу пристроїв для нагрівання води, довжини трубопроводів тощо.

Вода в системах централізованого гарячого водопостачання може нагріватися за відкритою чи закритою схемами.

У відкритій схемі гаряча вода забирається безпосередньо з теплової мережі. Вода нагрівається в котлах, розташованих у центральних котельнях або теплообмінниках ТЕЦ, і квартальною мережею подається до системи опалення, а розподільчою мережею – на гаряче водопостачання окремих будинків. Циркуляційні трубопроводи повертають охолоджену воду в котли для її підігріву. Така схема є простою і довговічною, адже система живиться ретельно очищеною водою, що необхідна для роботи котлів без утворення накипу. Недоліком схеми є велика потужність установок для водопідготовки, які повинні очищати всю воду, що подається в систему водопостачання. Через це схему використовують лише при низькій карбонатній жорсткості природної води.

У закритих схемах тепло від котлів передається теплоносію (перегрітій воді, парові тощо), який теплофікаційною мережею подається до водонагрівача. Вода з системи холодного водопостачання проходить через водонагрівач, нагрівається і подається в розподільчу мережу. Недоліком закритої схеми є необхідність використання водонагрівачів і прокладання внутрішньо-квартильної мережі трубопроводів. Проте в цій схемі установки для водопідготовки мають невелику потужність, адже теплоносій не витрачається, а повністю повертається в котел у той час, як споживач отримує гарячу воду питної якості з міського водопроводу. Крім того, котли

перебувають під постійним тиском, який не залежить від тиску в системі гарячого водопостачання. Завдяки цим перевагам закриті системи гарячого водопостачання здобули широке використання в наш час. Проточні електроводонагрівачі вимагають значних потужностей, що призводить до перевантаження електричних мереж, тому їх використання обмежене тільки виробничими й громадськими будівлями.

Місцеві установки для приготування гарячої води обслуговують один або декілька пристроїв (наприклад, в межах однієї квартири). Приготування гарячої води в таких системах здійснюють у малопотужних генераторах тепла (газові водонагрівачі, малооб'ємні котли тощо).

Всі централізовані системи гарячого водопостачання проектують з циркуляційними трубопроводами. Без таких трубопроводів при відсутності водо-розбору вода в подаючих трубопроводах остигає, і споживачі отримують спочатку охолоджену воду, яку зливають в каналізацію. При цьому виникають втрати води й тепла, які тим більші, чим більші діаметр й довжина подаючих трубопроводів. Циркуляційні трубопроводи в системах гарячого водопостачання можуть функціонувати цілодобово (житлові будинки, готелі, лікарні тощо) або тільки перед початком водорозбору, якщо споживання гарячої води відбувається періодично (наприклад, душові промислових підприємств). Слід зазначити, що в житлових будинках з числом поверхів до 4-х включно, при відсутності приладів для сушіння рушників циркуляцію води передбачають тільки в магістральних трубах до початку водорозбірних стояків.

У системах гарячого водопостачання може бути природна циркуляція води під дією гравітаційного напору, коли рух гарячої води зумовлений зміною її густини при зміні температури, й примусова циркуляція, що здійснюється за рахунок роботи циркуляційних насосів.

Тупикові мережі гарячого водопостачання (без циркуляції) дозволяється застосовувати тільки в місцевих системах або в системах з тривалим безперервним розбором води (наприклад, у лазнях). Допускається також не передбачати циркуляцію в системах з регламентованим в часі споживанням гарячої води, якщо температура її в цей час у місцях водорозбору буде не нижчою, ніж потрібно.

Для мереж гарячого водопостачання традиційно використовують оцинковані сталеві труби, рідше пластмасові, металопластикові й мідні труби. Всі трубопроводи системи гарячого водопостачання, за винятком квартирних підведень і рушникосушарок, повинні бути покриті ізоляцією, товщина і якість якої повинна забезпечувати нормовану величину тепловтрат.

ТЕМА 12. НАЛАГОДЖЕННЯ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ

План

1. Особливості будови систем опалення.

1. Особливості будови систем опалення

Залежно від використовуваних теплоносіїв (води, пари, повітря або відразу декількох їхніх видів) системи опалення поділяються на водяні й парові. До того ж температура води для опалювальних повітряних систем повинна становити не більше ніж 150°C ; водяної пари – не більше ніж 130°C ; температурою нагрівання повітря – $45\ldots 70^{\circ}\text{C}$.

Зрідка застосовуються газові та електричні системи опалення. Крім того, системи опалення можуть бути централізованими (центральні) й місцевими.

У центральних системах опалення генератори тепла розташовані за межами опалювальних приміщень і обслуговують низку будівель і приміщень.

У місцевих системах опалення генератори тепла й опалювальні прилади конструктивно подібні і встановлюються в опалюваних приміщеннях.

До місцевих систем належать також пічне опалення, повітряно-опалювальні агрегати, що працюють на твердому, рідкому або газоподібному паливі, електричні та газові нагрівачі.

За способом циркуляції теплоносія системи водяного опалення можуть бути з природною (гравітаційні) і штучною (насосні) циркуляцією.

Системи водяного опалення зазвичай складаються з генератора тепла, опалювальних приладів для передавання тепла від теплоносія повітрю й обгороджувальних конструкцій приміщення, магістралей для переміщення теплоносія між джерелом тепла й опалювальними приладами, розширювального бака для підтримання заданого тиску в системі опалення. Ці системи поділяють на низькопотенційні з граничною температурою гарячої води до 65°C , низькотемпературні ($85\ldots 105^{\circ}\text{C}$) і високотемпературні ($110\ldots 150^{\circ}\text{C}$).

Системи парового опалення залежно від тиску пари поділяють на вакуумпарові (з абсолютним тиском пари менше $0,1$ МПа і граничною температурою до 100°C), низького тиску ($0,1\ldots 0,17$ МПа і $100\ldots 115^{\circ}\text{C}$) і високого тиску ($0,17\ldots 0,3$ МПа і $115\ldots 132^{\circ}\text{C}$). В Україні поширені системи парового тиску (високого, низького), а вакуум-парові практично не застосовуються.

У системах водяного й парового опалення в разі розташування опалювальних приладів (радіаторів, конвекторів, опалювальних панелей) на висоті до 1 м від підлоги застосовують такі значення граничної температури теплоносія:

- для житлових і громадських будівель – не більше ніж 105°C ;
- під час використання конвекторів з кожухом – 130°C ;
- для окремих виробничих приміщень і сходових клітин – до 150°C .

Системи водяного й парового опалення за видом розташування труб, що з'єднують опалювальні прилади, поділяються на вертикальні й горизонтальні.

Теплопроводи вертикальних систем опалення поділяють на магістралі; стояки і підведення: подавальні – для гарячої води або пари до приладів, зворотні – для відведення конденсату (охолодженої води).

Системи опалення можуть бути одно- або двотрубними (залежно від конструкції стояків і схеми приєднання до них опалювальних приладів) або біфілярними (із підведенням до одного або до двох опалювальних приладів теплоносіїв в одному приміщенні з різною температурою) (рис. 12.1).

За розміщення магістралей розрізняються системи опалення з верхнім і нижнім розведенням. Рух теплоносія в прямій та зворотній магістралях може співпадати за напрямом або бути зустрічним. У першому разі застосовують системи опалення з попутним рухом води, у другому – із тупиковим.

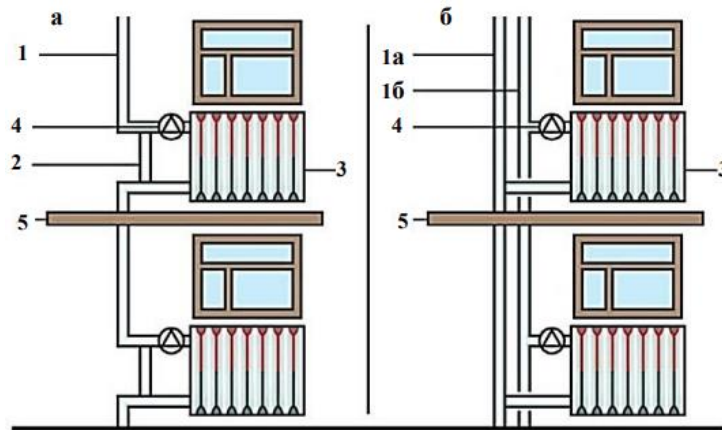


Рисунок 12.1 – Системи опалення: а – однотрубна; б – двотрубна; 1 – стояк; 1а – зворотний стояк; 1б – подавальний стояк; 2 – замикальна ділянка; 3 – опалювальний прилад; 4 – радіаторний термостат; 5 – перекриття

Системи опалення (опалювальні прилади, теплоносії, граничні температури теплоносіїв) потрібно обирати згідно з вимогами ДБН.

Двотрубні системи водяного опалення. Двотрубні системи можуть бути вертикальними й горизонтальними; вертикальні системи – із верхнім і нижнім розведенням магістралей.

У системах із вертикальними стояками приєднання опалювальних приладів до стояка може бути одностороннім і двостороннім. Теплоносій потрібно підводити до верхнього патрубка приладу (незалежно від розташування магістралей), із установленням терморегулятора на вході до приладу.

Діаметр регулятора приймається рівним діаметру підведення опалювального приладу. Здебільшого застосовують регулятори з умовним діаметром проходу 15 мм.

У сучасних двотрубних системах опалення на зворотному підведенні встановлюють запірний радіаторний клапан такого самого діаметра, що й терморегулятор. Зазначений клапан слугує для відімкнення опалювального приладу. Якщо застосовуються опалювальні прилади із вбудованими терморегуляторами й бічним приєднанням, то запірну арматуру рекомендується встановлювати на обох підведеннях (рис. 12.2).

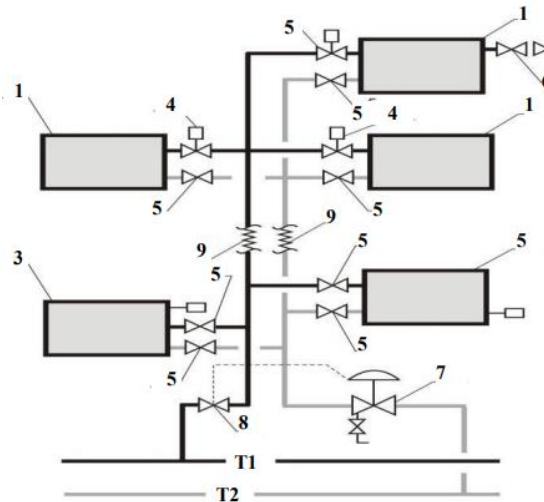


Рисунок 12.2 – Схема стояка двотрубної системи опалення з нижнім розведенням магістралей: 1 – опалювальний прилад з боковим приєднанням; 2 – конвектор із вбудованим терморегулятором; 3 – радіатор із вбудованим терморегулятором і бічним приєднанням; 4 – терморегулятор із клапаном; 5 – запірний клапан; 6 – повітряний кран; 7 – балансувальний клапан зі спусковим краном; 8 – запірний клапан; 9 – сифонний компенсатор

У будинках заввишки до шести поверхів включно температурні подовження стояків компенсують за допомогою вигинання стояків. У будівлях понад шість поверхів заввишки варто передбачати установлення компенсаторів. Якщо в такому багатоповерховому будинку необхідно запроєктувати квартирну систему опалення, то доцільно влаштувати двотрубну систему опалення з вертикальними стояками – магістралями й горизонтальним прокладанням трубопроводів до опалювальних приладів у межах однієї квартири (поквартирне розведення), а в адміністративних будівлях горизонтальна гілка прокладається для приміщень офісу окремих володінь. Розвідні трубопроводи від стояківмагістралей до опалювальних приладів можуть прокладатися периметрально за тупиковою, попутною або «променевою» (рис. 12.3) схемами.

Для регулювання теплової потужності опалювального приладу використовуються терморегулятори зі звичайними клапанами або спеціальні гарнітури з терморегулятором для приєднання опалювального приладу до трубопроводів.

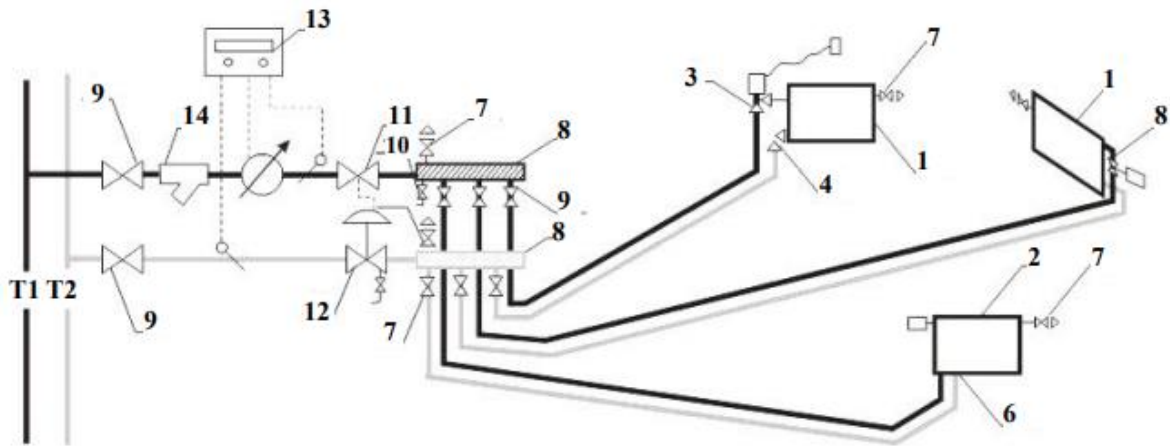


Рисунок 12.3 – Схема двотрубної системи з «променевим» поквартирним розведенням: 1 – звичайний опалювальний прилад з боковим приєднанням; 2 – опалювальний прилад із убудованим терморегулятором і нижнім приєднанням; 3 – терморегулятор із кутовим клапаном; 4 – запірний кутовий клапан; 5 – приєднувальна гарнітура з терморегулятором; 6 – запірно-приєднувальний клапан; 7 – повітряний кран; 8 – розподільний колектор; 9 – запірний кульовий кран; 10 – спусковий кран; 11 – запірний клапан; 12 – балансувальний клапан зі спусковим краном; 13 – квартирний теплолічильник із витратоміром і температурними датчиками; 14 – сітчастий фільтр

Запірно-регулювальну арматуру варто передбачати для відімкнення спускання води від окремих кілець, гілок і стояків систем опалення.

У будинках, де поверхів три і менше, кількість стояків на окремих гілках повинна становити не більше трьох, арматуру на стояках допускається не встановлювати. Якщо в будівлі від трьох до шести поверхів на кожному стояку, за кількості на гілках не більше трьох, необхідно передбачати кулькові запірні (для вимикання стояків) і спускні крани; якщо стояків на гілках більше трьох, то передбачається установа ручних балансувальних клапанів. У будівлях більше шести поверхів заввишки на стояках передбачається встановлення автоматичних балансувальних клапанів.

На горизонтальних поквартирних (поверхових) гілках двотрубних систем за будь-якої поверховості будівлі необхідно передбачати балансувальні клапани:

- ручні – за кількості поверхів і стояків на відгалуженнях системи не більше трьох;
- автоматичні (із фіксованим надбудовуванням на 10 000 Па) – у будинках, де кількість поверхів понад три (рис. 12.4–12.6).

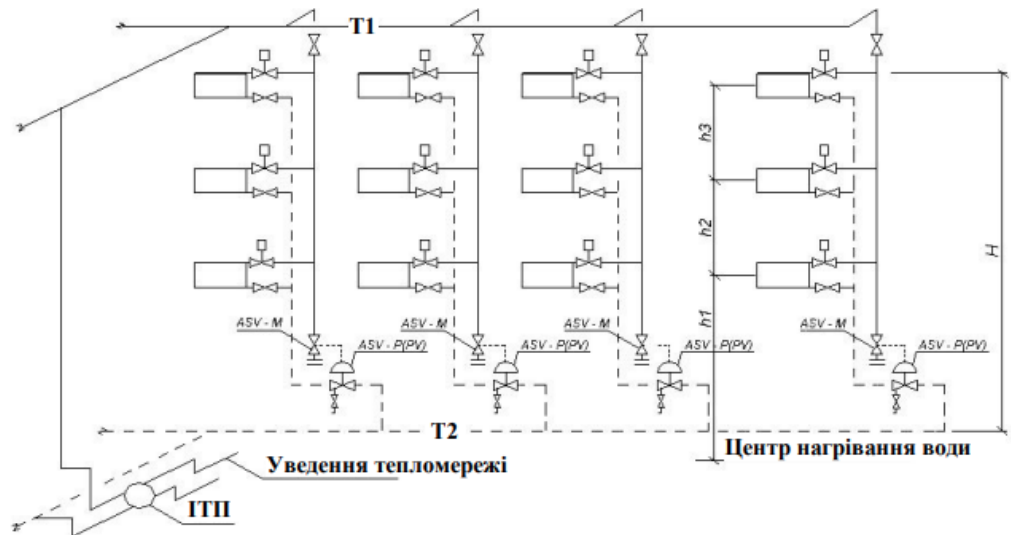


Рисунок 12.4 – Схема двотрубної системи опалення з верхнім розведенням

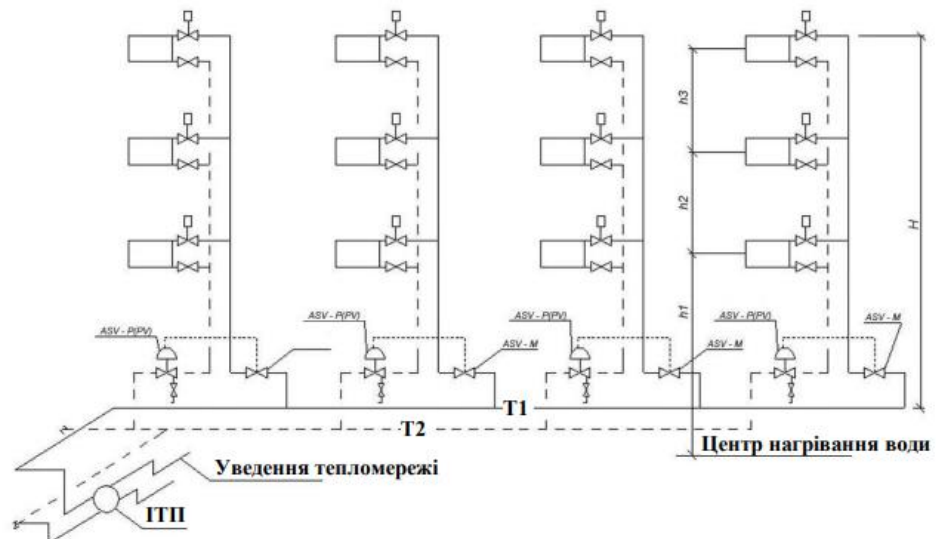


Рисунок 12.5 – Схема двотрубної системи опалення з нижнім розведенням

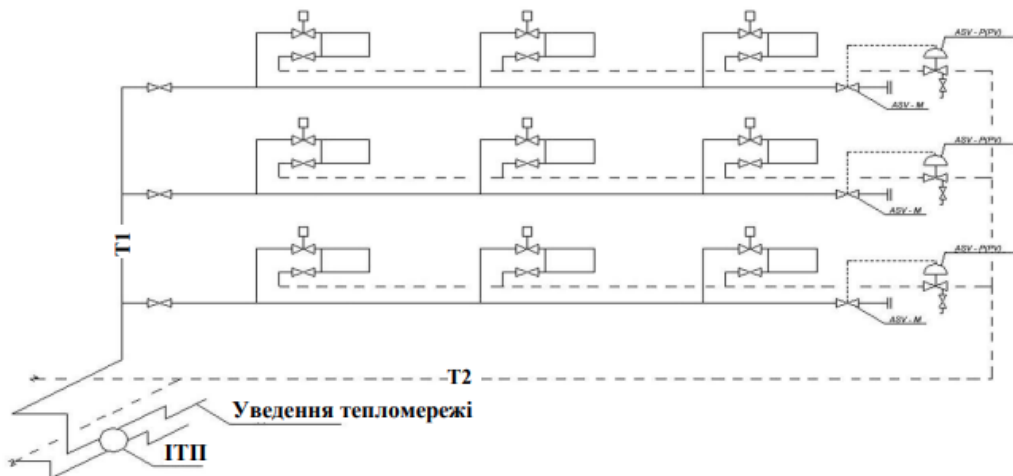


Рисунок 12.6 – Схема горизонтальної двотрубної системи опалення при різнобічному приєднанні горизонтальних гілок до магістралей

Однотрубні системи опалення Вертикальні однотрубні системи водяного опалення зі зміщеними замикальними ділянками можуть обладнуватися радіаторними терморегуляторами з проходними регулювальними клапанами зниженого гідравлічного опору (рис. 12.7).

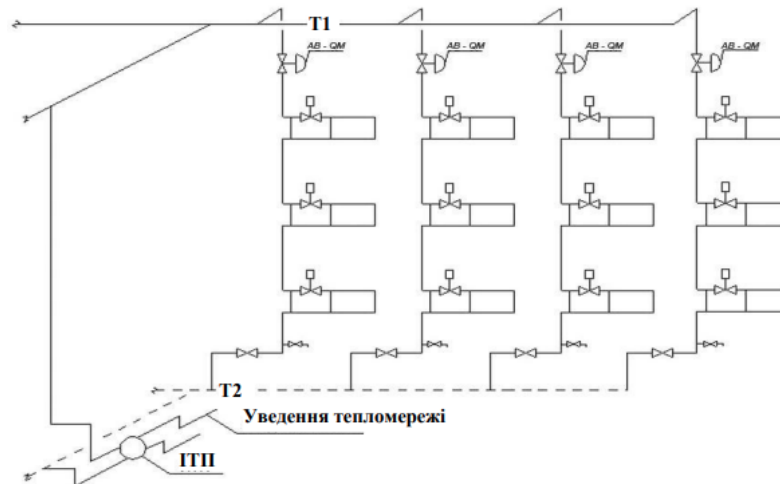


Рисунок 12.7 – Схема однотрубної системи опалення з верхнім розведенням і зміщеними замикальними ділянками

У горизонтальних системах опалення (рис. 12.8), зокрема квартирних, доцільно використовувати терморегулятори в складі приєднувальних гарнітур, у конструкцію яких вбудований байпас.

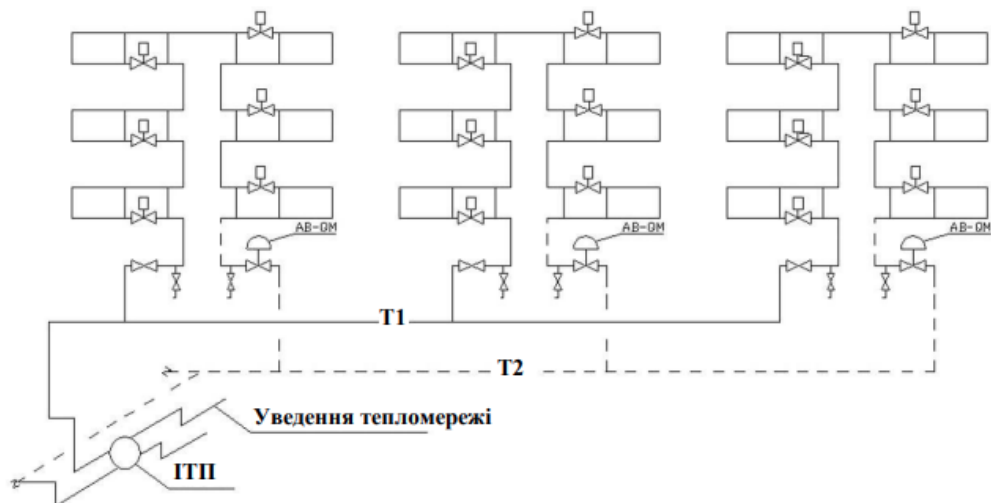


Рисунок 12.8 – Схема однотрубної системи опалення з нижнім розведенням магістралей

Установлення терморегуляторів в однотрубних системах опалення зменшує коефіцієнт затікання води в опалювальні прилади, що спричиняє збільшення необхідної поверхні нагрівання. Використання терморегуляторів в однотрубних системах опалення забезпечує більший ефект у разі використання автоматизованого вузла управління для запобігання завищення температури зворотної води, що надходить в теплову мережу з системи опалення.

Для забезпечення найбільшого коефіцієнта затікання доцільно, щоб діаметр підведення до приладу й калібр клапана терморегулятора становив 20 мм, а діаметр останнього біля ділянки – 15 мм. Для уможливлення відімкнення й демонтажу кожного опалювального приладу на його зворотному підведенні потрібно встановити прохідний шаровий кран.

На стояках і горизонтальних гілках однотрубних систем опалення необхідно встановлювати балансувальні клапани.

Ручні балансувальні клапани встановлюються в невеликих системах опалення (до шести опалювальних приладів, підімкнених до стояка, зокрема, якщо стояків на гілці не більше трьох).

Автоматичні клапани встановлюються у великих системах опалення. Регулятор може встановлюватися як на підіймальній, так і на опускальній частині однотрубного вертикального стояка або горизонтальної гілки; крім того, регулятори виконують і функції запірної арматури.

У процесі роботи прохідний перетин радіаторних терморегуляторів і балансувальних клапанів змінюється, наприклад мінімальний прохідний перетин терморегулятора становить близько 2 мм. Щоб запобігти засміченню зазначеної арматури, необхідно передбачити установлення сітчастих фільтрів із розміром вічка не більше ніж 5 мм. За діаметрах трубопроводів понад 50 мм фільтри не відповідають зазначеним вимогам, тому необхідно додатково встановлювати фільтри на гілках або на кожному стояку, а в системах квартирного опалення їх варто встановлювати на введенні в кожную квартиру.

ТЕМА 13. ВИПРОБУВАННЯ І НАЛАГОДЖЕННЯ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ СИСТЕМ

План

1. Особливості будови вентиляційних систем.

1. Особливості будови вентиляційних систем

Системи природної вентиляції вирізняються безшумністю роботи, відсутністю будь-яких механізмів, простотою обслуговування. Робота природної вентиляції обумовлюється гравітаційним тиском, що виникає внаслідок різниці щільності зовнішнього і внутрішнього повітря.

Щільність повітря значною мірою залежить від температури. Наприклад, за температури 0°C і звичайному барометричному тиску щільність повітря – 1,29 кг/м³, за температури 16°C – 1,22 кг/м³, а за 100°C – усього 0,95 кг/м³. У промислових цехах температура повітря зазвичай вища порівняно із зовнішнім повітрям і, отже, не така щільна. У разі наявності відкритих прорізів у зовнішніх обгородженнях або у витяжних вентиляційних трубах і шахтах внутрішнє, менш щільне повітря витісняється зовнішнім: що більша різниця щільності і що більша відстань між центром вхідного (нижнього) отвору або низом шахти і центром витяжного (верхнього) або гирлом шахти, то вищий гравітаційний тиск і інтенсивніший вплив природної вентиляції.

Природна вентиляція може бути безканалною, якщо повітря проходить тільки через відкриті прорізи в зовнішніх огородах (рис. 13.12, а), або каналною, коли повітря переміщується по каналах, повітроводах і шахтах (рис. 13.1, б).

Робота природної вентиляції значною мірою залежить від впливу вітру. Вітер, налітаючи на будівлю, створює на підвітряному боці зону надлишкового тиску, а на протилежному – зону негативного тиску. Це явище використовується для посилення повітрообміну.

Керований природний повітрообмін у промислових будівлях називається аерацією. Такі будівлі зазвичай обладнуються ліхтарями зі стулками, що відчиняються вручну або за допомогою спеціальних механізмів. Такими самими стулками забезпечені отвори в зовнішніх стінах. Відчиняючи їх частково або повністю, можна регулювати повітрообмін.

Перевагою аерації є те, що повітрообмін створюється без допомоги вентиляторів і не потрібно витрачати електроенергію. Однак аерація забезпечує тільки загальнообмінну вентиляцію і не передбачає очищення припливного та витяжного повітря.

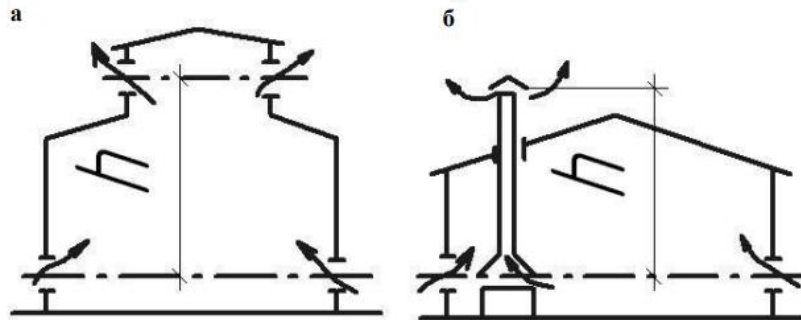


Рисунок 13.1 – Схеми систем природної вентиляції, що працюють під дією гравітаційного тиску: а – переміщення повітря через отвори в зовнішніх огородах; б – те саме, через отвори й витяжну шахту

Системи механічної вентиляції набули поширення, оскільки на них не впливають зовнішні метеорологічні умови, легко регулюються і мають значний радіус дії.

Припливні системи механічної вентиляції подають очищене до заданої температури, а в деяких випадках і до вологості повітря в робочу зону приміщення для забезпечення необхідних санітарно-гігієнічних умов перебування людей і роботи технологічного обладнання. Витяжні системи механічної вентиляції видаляють забруднене повітря, очищуючи його в разі потреби перед викидом в атмосферу.

Повітроводи систем вентиляції зазвичай виготовляють із покрівельної тонколистової оцинкованої або чорної сталі завтовшки 0,50...1,4 мм. Повітроводи можуть мати круглий або прямокутний переріз. Металеві повітроводи швидко монтуються, досить міцні і вирізняються герметичністю. Повітророзподільники (припливні насадки) призначені для рознесення припливного повітря. Припливне повітря може подаватися в робочу зону, тоді швидкість повітря в розподільниках має бути незначною, щоб унеможливити

відчуття здуття. Під час подавання повітря у верхню зону приміщення, навпаки, швидкість виходу повітря повинна бути більшою, щоб струмінь свіжого повітря досягав робочої або обслуговуваної зони. Повітророзподільники встановлюють у підвісних стелях або на невеликій висоті над робочою зоною біля зовнішніх стін чи колон (рис. 13.2).

Системи механічної вентиляції можуть умикатися й зупинятися будьколи, їхню роботу легко контролювати та керувати нею, що сприяє їхньому поширенню.



Рисунок 13.2 – Подавання припливного повітря в робочу зону

Різновидом припливних вентиляційних систем є повітряне душування, яке забезпечує подавання потоку повітря на постійне робоче місце. Таке подавання повітря необхідне під час інтенсивного теплового ($140 \dots 2800 \text{ Вт/м}^2$ і більше) опромінення робітників, наприклад поблизу промислових печей, під час роботи з нагрітим або розплавленим металом або під час здійснення відкритих виробничих процесів із виділенням шкідливих газів і випарювань, коли неможливо влаштувати місцеві укриття. Схема повітряного душування принципово не відрізняється від припливної вентиляційної системи, але замість розподільників повітря встановлюють душувальні поворотні патрубки.

Повітряні й повітряно-теплові завіси призначені для захисту робочої або обслуговувальної зони поблизу зовнішніх воріт або відкритих прорізів від надходження холодного повітря в холодний період року (рис. 13.3).

Розрізняють два типи завіс: шибувальні, у яких плоский струмінь повітря подається або знизу, або зверху, або з боків прорізів і воріт під деяким кутом назустріч холодному повітрю, і змішувальні, коли повітря з будівлі або цеху подається в тамбур між подвійними вхідними дверима.

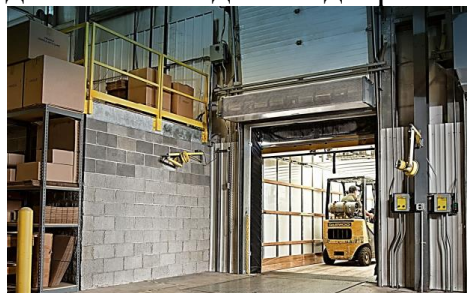


Рисунок 13.3 – Повітряно-теплова завіса

Змішувальні завіси застосовують в адміністративно-громадських будівлях, торгових центрах. Завіси, у яких повітря нагрівається в

повітронагрівачі, називаються повітряно-тепловими, а ті, що подають повітря без нагрівання, – повітряними. У системах повітряного опалення зазвичай використовують повітряно-опалювальні агрегати з повною або частковою рециркуляцією повітря. Повітря підігрівається в повітронагрівачі й вентилятором через напрямні ґрати подається в приміщення.

Загальнообмінні витяжні системи вентиляції зазвичай видаляють повітря з верхньої, зрідка із середньої або нижньої зони приміщень. Перед викидом в атмосферу повітря в загальнообмінних витяжних системах зазвичай не очищується. Загальнообмінні витяжні системи можуть бути безканалними, якщо повітря видаляється за допомогою дахових вентиляторів, які встановлюють на спеціальних залізобетонних стаканах перекриттів цехів, і каналними.

Місцеві витяжні системи вентиляції призначені для забирання шкідливих виділень поблизу місць їхнього утворення за допомогою укриттів або місцевих відсмоктувачів, транспортування забрудненого повітря, його очищення у фільтрах або пилегазоуловлювачах і викидання в атмосферу (рис. 13.4). Місцеві відсмоктувачі та укриття розрізняються за конструкцією та формою: це парасолі, витяжні шафи, укриття, бортові й кільцеві відсмоктувачі, розміщені поблизу ванн і шахтних печей, повітроприймачі, кожухи тощо.

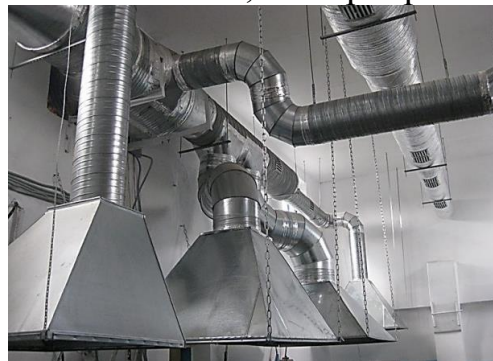


Рисунок 13.4 – Місцеві витяжні системи вентиляції

Багато шкідливих чинників, що виникають під час технологічних процесів, активно впливають на місцеві відсмоктувачі, повітроводи, вентилятори, фільтри, спричиняючи їхню значну корозію, крім того, вони можуть бути вибухо- й пожежонебезпечними. У цьому разі повітроводи та інші пристрої, що контактують з агресивним середовищем, виготовляють із матеріалів, не схильних до інтенсивної корозії, спричиненої середовищем (корозійностійких легованих сталей, алюмінію, титану, металопластику, поліетилену), або застосовують спеціальні покриття сталевих повітропроводів – кислото- й лугостійкі перхлорвінілові барвники, емалі й лаки. У таких системах встановлюють вентилятори та інше обладнання в корозійностійкому або іскрозахищеному виконанні.

До місцевих витяжних систем вентиляції належать системи аспірації й пневматичного транспорту. Аспіраційні системи видаляють повітря разом із завислими в ньому частинками пилу з аспірованого укриття місць пилоутворення, порошкоподібних і зернистих матеріалів. У аспірованих

укриттях підтримується необхідне розрідження, щоб частинки пилу не потрапляли в приміщення через нещільності. Для очищення повітря від завислих часток в аспіраційних системах використовують циклони, скрубери, рукавні фільтри й інші пиловідокремлювачі (рис. 13.5).



Рисунок 13.5 – Аспіраційні системи

Системи пневмотранспорту призначені для транспортування сипких матеріалів і різноманітних відходів виробництва (деревних стружок, тирси тощо), які переміщуються по повітроводах разом із потоком повітря. Щоб транспортований матеріал не осідав усередині повітроводів, необхідно підтримувати певну швидкість руху повітря, що обумовлюється щільністю матеріалу й розмірів його частинок: що важчий матеріал і що більші розміри частинок, то більшого має бути швидкість їхнього транспортування.

У системах аспірації і пневмотранспорту застосовують більш щільні й міцні повітроводи порівняно зі звичайними системами, здебільшого зварені з металу завтовшки 1,4...2 мм. Пилові вентилятори для цих систем сконструйовані так, щоб протистояти абразивному й ударному впливу середовища, що транспортується.

ТЕМА 14. НАЛАГОДЖЕННЯ СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

План

1. Особливості будови систем кондиціювання повітря.

1. Особливості будови систем кондиціювання повітря

Кондиціювання повітря – це створення й автоматичне підтримування (регулювання) в закритих приміщеннях усіх або окремих його параметрів (температури, вологості, чистоти, швидкості руху) на певному рівні з метою забезпечення заданих метеорологічних умов, найбільш сприятливих для самопочуття людей або ведення технологічного процесу.

Кондиціювання повітря забезпечується комплексом технічних засобів, які становлять систему кондиціювання повітря. До складу цієї системи входять технічні засоби забирання повітря, його підготування, тобто надання необхідних параметрів (фільтри, теплообмінники, зволожувачі або осушувачі повітря), переміщення (вентилятори) і розподілу, а також засоби холодо- й теплопостачання, автоматики, дистанційного керування та контролю.

Системи кондиціонування повітря великих громадських, адміністративних і виробничих будівель зазвичай обслуговуються комплексними автоматизованими системами управління. Автоматизована система кондиціонування підтримує заданий стан повітря в приміщенні незалежно від коливань параметрів навколишнього середовища (атмосферних умов). Базове обладнання системи кондиціонування для підготування й переміщення повітря агрегується в апарат, що називається кондиціонером. Здебільшого всі технічні засоби для кондиціонування повітря скомпоновані в одному або в двох блоках (рис. 14.1).



Рисунок 14.1 – Система кондиціонування повітря

Системи кондиціонування повітря класифікують за такими ознаками:

- призначення: комфортні й технологічні;
- принцип розташування кондиціонера стосовно обслуговуваного приміщення: центральні й місцеві;
- наявність власного джерела тепла та холоду: автономні та неавтономні;
- принцип дії: прямооточні, рециркуляційні та комбіновані;
- спосіб регулювання вихідних параметрів кондиціонованого повітря: з якісним і кількісним регулюванням;
- ступінь забезпечення метеорологічних умов у приміщенні, що обслуговується: першого, другого й третього класу;
- кількість обслуговуваних приміщень: одно- й багатозональні;
- тиск, що забезпечується вентиляторами кондиціонерів: низького, середнього й високого тиску.

Крім наведених, застосовують різноманітні системи кондиціонування повітря, які обслуговують спеціальні технологічні процеси, зокрема системи з метеорологічними параметрами, які змінюються в часі.

Комфортні системи кондиціонування повітря призначені для створення й автоматичного підтримування температури, відносної вологості, чистоти й швидкості руху повітря, що відповідають оптимальним санітарно-гігієнічним вимогам для житлових, громадських і адміністративно-побутових будівель або приміщень.

Технологічні системи кондиціонування повітря призначені для забезпечення параметрів повітря, які максимально відповідають вимогам виробництва. Технологічне кондиціонування в приміщеннях, де перебувають

люди, здійснюється з урахуванням санітарно-технічних вимог щодо стану повітряного середовища.

Центральні системи кондиціонування повітря забезпечуються ззовні холодом (доставляється холодною водою або холодоагентом), теплом (доставляється гарячою водою, паром або електрикою) і електричною енергією для приведення в дію електродвигунів вентиляторів, насосів тощо. Центральні системи кондиціонування повітря розташовані поза обслуговуваними приміщеннями, їхніми зонами або окремими приміщеннями. Іноді кілька центральних кондиціонерів обслуговують одне приміщення великих розмірів (виробниче приміщення, театральний зал, закритий стадіон, ковзанка тощо). Центральні системи кондиціонування повітря обладнуються центральними неавтономними кондиціонерами, які виготовляють за базовими (типовими) схемами компонування устаткування і його модифікацій.

Центральні системи кондиціонування різняться такими перевагами:

- можна ефективно підтримувати задану температуру й відносну вологість повітря в приміщеннях;
- устаткування, що потребує систематичного обслуговування й ремонту, зазвичай зосереджене в одному місці (підсобному приміщенні, технічному поверсі);
- можна забезпечити ефективність шумо- й віброгасіння.

Незважаючи на низку переваг центральних систем кондиціонування повітря, потрібно зазначити, що великі габарити й проведення складних монтажних-будівельних робіт щодо встановлення кондиціонерів, прокладання повітро- й трубопроводів зазвичай призводять до неможливості застосовувати ці системи в наявних реконструйованих будівлях.

Місцеві системи кондиціонування повітря розробляють на базі автономних і неавтономних кондиціонерів, які встановлюють безпосередньо в обслуговуваних приміщеннях. Перевагою місцевих систем кондиціонування є простота встановлення й монтажу. Така система здебільшого застосовується:

- у наявних житлових та адміністративних будівлях для підтримання теплового мікроклімату в окремих офісних приміщеннях або в житлових кімнатах;
- у знову споруджуваних будинках для окремих кімнат, режим споживання холоду в яких значно відрізняється від такого режиму в більшості інших приміщень, наприклад у серверних та інших насичених тепловидільною технікою кімнатах адміністративних будівель. Подавання свіжого й видалення витяжного повітря зазвичай здійснюють центральні системи припливно-витяжної вентиляції;
- у знову споруджуваних будинках, якщо підтримувати оптимальні теплові умови потрібно тільки в деяких приміщеннях, наприклад в окремих номерах «люкс» невеликого готелю;
- у великих приміщеннях як наявних, так і знову споруджуваних будівель: кафе й ресторанах, магазинах, проєктних залах, аудиторіях тощо.

Автономні системи кондиціонування повітря забезпечуються ззовні тільки електричною енергією. Такі кондиціонери мають вбудовані компресійні холодильні машини. Автономні системи охолоджують і осушують повітря, для чого вентилятор продуває рециркуляційне повітря через поверхневі повітроохолоджувачі, якими є випарники холодильних машин. У перехідний і холодний періоди року вони можуть здійснювати підігрівання повітря за допомогою електричних підігрівачів або шляхом реверсування роботи холодильної машини за циклом так званого «теплого насоса».

Неавтономні системи кондиціонування повітря поділяються на такі види:

- повітряні, під час використання яких в обслуговуване приміщення подається тільки повітря, наприклад міні-центральні кондиціонери, центральні кондиціонери;

- водоповітряні, під час використання яких у кондиціоновані приміщення підводяться повітря й вода, що постачають тепло або холод, або те й інше разом, наприклад системи чілерів-фанкойлів, центральні кондиціонери з місцевими доведеннями тощо.

Однозональні центральні системи кондиціонування повітря застосовуються для обслуговування великих приміщень із відносно рівномірним розподілом тепла й вологовиділення, наприклад великих залів кінотеатрів, аудиторій тощо. Такі системи кондиціонування зазвичай комплектуються пристроями для утилізації тепла (теплоутилізатори) або змішувальними камерами для використання в обслуговуваних приміщеннях рециркуляції повітря.

Багатозональні центральні системи кондиціонування повітря застосовуються для обслуговування великих приміщень, у яких обладнання розміщено нерівномірно, а також для обслуговування низки порівняно невеликих приміщень.

Прямотечійні системи кондиціонування повітря працюють тільки на зовнішньому повітрі, яке обробляється в кондиціонері, а потім подається в приміщення. Рециркуляційні системи кондиціонування повітря працюють без надходження або з частковим подаванням (до 40 %) зовнішнього повітря чи на рециркуляційному повітрі (60...100 %), яке забирається з приміщення й після оброблення в кондиціонері знову подається в те саме приміщення.

Класифікація систем кондиціонування повітря за принципом дії на прямотечійні й рециркуляційні обумовлюється, головню, вимогами до комфортності, умовами технологічного процесу виробництва або технікоекономічними міркуваннями.

Центральні системи кондиціонування повітря з якісним регулюванням метеорологічних параметрів становлять низку найпоширеніших, так званих одноканальних систем, у яких усе оброблене повітря за заданих параметрах виходить із кондиціонера по одному каналу й далі надходить в одне або кілька приміщень. До того ж регулювальний сигнал від терморегулятора, встановленого в приміщенні, що обслуговується, надходить безпосередньо на центральний кондиціонер.

Системи кондиціонування повітря з кількісним регулюванням подають в одне або кілька приміщень холодне й підігріте повітря по двох паралельних каналах. Температура в кожному приміщенні регулюється кімнатним терморегулятором, що впливає на місцеві змішувачі (повітряні клапани), які змінюють співвідношення витрат холодного й підігрітого повітря в подаваній суміші. Двоканальні системи використовуються зрідка, оскільки їх варто регулювати, хоча й вирізняються деякими перевагами, зокрема відсутністю в обслуговуваних приміщеннях теплообмінників, трубопроводів тепло- й холодоносія; можливістю одночасно працювати з системою опалення, що особливо важливо в наявних будівлях, системи опалення яких у разі влаштування двоканальних систем можна зберегти. Недоліком таких систем є значні витрати на теплову ізоляцію паралельних повітроводів, що підводяться до кожного обслуговуваного приміщення. Двоканальні системи, як і одноканальні, можуть бути прямотруминними й рециркуляційними.

Кондиціонування повітря за ступенем забезпечення метеорологічних умов поділяються на три класи:

- перший клас – забезпечення необхідних для технологічного процесу параметрів відповідно до нормативних документів;
- другий клас – забезпечення оптимальних санітарно-гігієнічних норм або необхідних технологічних норм;
- третій клас – забезпечення допустимих норм, якщо їх не можна досягти шляхом вентиляції в теплий період року без застосування штучного охолодження повітря.

Кліматичне обладнання. База кліматичного обладнання включає:

- компресори холодильних машин: поршневі, ротаційні, спіральні, гвинтові;
- теплообмінні апарати систем кондиціонування повітря: пластинчасті рекуперативні, регенеративні теплообмінники;
- розподільники рідкого холодоагента: регулятори подавання рідкого холодоагента, капілярний розширювальний пристрій, терморегулювальний вентиль, електронний регулювальний вентиль;
- електродвигуни: синхронні, колекторні електричні машини, однофазні асинхронні електродвигуни з пусковою обмоткою, конденсаторні електродвигуни;
- чотирьохходовий клапан звернення циклу;
- допоміжні елементи холодильного контуру: рідинний ресивер, докiпатель рідкого холодоагенту, глушник, масловіддільник, зворотні клапани, фільтри-осушувачі, оглядові скла.

Компресори холодильних машин. Компресором називають механізм, призначений для стиснення газів за допомогою механічної енергії. Механічну енергію компресор отримує від привода, зазвичай електричного. Компресор з електроприводом називають компресорним агрегатом.

Компресорні агрегати поділяються на дві групи: об'ємні й динамічні. У компресорі об'ємного типу холодоагент всмоктується внаслідок збільшення

обсягу компресійної камери й стиснення внаслідок зменшення цього обсягу, після чого нагнітається в трубопровід.

У компресорі динамічного типу тиск підвищується внаслідок перетворення кінетичної енергії потоку на потенційну енергію тиску. Окрім цього, магістралі всмоктування й нагнітання завжди поєднані. До компресорів динамічного типу належать лопаткові, осьові, відцентрові й струменеві.

У компресорах здебільшого використовуються об'ємні компресори чотирьох видів: поршневі, ротаційні, спіральні й гвинтові.

Поршневий компресор – це компресор об'ємного типу, що містить один або кілька поршнів, які переміщуються прямолінійно й поступально в циліндрах. Поршневі компресори поділяються на прямотечіні, у яких усмоктувальний і нагнітальний клапани розташовані в кришці циліндра, і протитечіні, усмоктувальний клапан яких встановлено на дні поршня. Це компресори простої дії, у яких процес здійснюється під час руху поршня в обидва боки.

Ротаційні компресори поділяються так:

- компресори з котким ротором, у яких ротор розташований ексцентрично щодо циліндра;
- пластинчасті компресори, у роторі яких радіально переміщуються розподільні пластини.

Спіральні компресори складаються з двох спіралей, одна з яких нерухома, а друга рухома і здійснює коливальні рухи. Якщо спіральні елементи вставити один в одного, то утворюються осередки, розміри яких змінюються під час руху рухомої спіралі. Завдяки цьому відбувається стиснення робочого тіла.

Спіральні компресори можуть бути:

- із вертикально або горизонтально розташованим валом;
- із різною формою спіралей.

Перевагами спіральних компресорів є значна енергетична ефективність, надійність і довговічність; хороша врівноваженість; малий момент на валу компресора; невеликі швидкості руху газу; низький рівень шуму, швидкохідність, кількість обертів – $1000 \dots 13000 \text{ хв}^{-1}$; відсутній неробочий хід; мала частка перетікань, високий індикаторний коефіцієнт корисної дії; відсутні клапани всмоктування.

Недоліком спіральних компресорів є складність конструкції і виготовлення спіралей.

Спіральні компресори застосовуються в усіх базових системах повітряного кондиціонування, зокрема в спліт і мультиспліт моделях, у чиллерах, дахових кондиціонерах і теплових насосах.

У гвинтових компресорах робоча речовина стискається двома гвинтами, на одному з яких нарізані опуклі, а на іншому – увігнуті зубці. Роль циліндра виконують порожнини (западини між зубцями гвинтів). Тиск газу в них підвищується внаслідок зменшення замкнутого обсягу газу.

Гвинтові компресори швидкохідні й не мають усмоктувальних і нагнітальних клапанів.

Теплообмінні апарати системи кондиціонування повітря. У холодильних машинах теплообмін здійснюється за допомогою теплообмінних апаратів, що складаються з теплообмінників і вентиляторів. Застосовуються два види теплообмінників: випарники й конденсатори.

Випарник — це теплообмінник, у якому тепло передається від охолоджувального середовища до більш холодного тіла речовини, циркулюючої в холодильному контурі.

Охолоджувальна речовина — це рідина або газ, які можуть бути у вигляді:

— холодоагента, якщо необхідно отримати низькі позитивні або негативні температури;

— розсолу — для отримання низьких температур;

— води (або іншої незамерзаючої рідини) — для охолодження до позитивних температур, близьких до 0°C.

Конденсатор — це теплообмінник, у якому обмін тепла здійснюється між холодоагентом і охолоджувальним середовищем, яке може бути рідким або газоподібним. Зазвичай у конденсаторі відбуваються процеси охолодження, конденсації й переохолодження перегрітої пари. Теплова енергія, що продукується конденсатором, складається з тепла, поглиненої випарником, і теплоти, що виробляється компресором під час стиснення холодоагента. Тепло, що виділяється конденсатором, продуктивніше за те, що продукує холодильна машина, приблизно на 30...35 %.

Головними технічними характеристиками теплообмінних апаратів є продуктивність у разі заданого температурного напору, Вт; площа теплопередавальної поверхні, м²; маса, кг; габаритні розміри, м; рівень шуму (з урахуванням шуму вентиляторів), дБ; надійність. Ефективність теплообмінних апаратів оцінюють за допомогою таких показників: коефіцієнта теплопередачі, Вт/(м²·°C); питомого теплового навантаження, Вт/м²; гідравлічного опору, Па; питомої матеріаломісткості, кг/Вт; питомого габаритного об'єму (відношення добутку габаритних розмірів до продуктивності), м³/кВт.

За процесам, що відбуваються всередині випарника, виокремлюють випарники з перегрівом і затоплені.

У випарниках з перегрівом випаровування холодоагента відбувається так, що кількість рідкого холодоагента, який подається в цей випарник, відповідає тій кількості рідини, яка може випаруватися. Кількість холодоагента у випарнику регулюють теплорегулювальним вентилем за величиною перегріву холодоагента на виході з випарника. У випарниках з перегрівом у кожній трубці всмоктувального колектора або під фреоною магістраллю безпосередньо на виході випарника необхідно встановлювати маслопідіймальну петлю.

У затоплених випарниках міститься така кількість холодоагента, яка необхідна для того, щоб поверхня теплообміну постійно перебувала в контакті з рідким холодоагентом.

За конструктивним виконанням випарники поділяються на кожухотрубні, панельні, з оребреними трубами.

Кожухотрубні випарники використовуються здебільшого як охолоджувачі рідини. Охолоджувана рідина циркулює всередині пучка труб, а киплячий холодоагент заповнює більшу частину простору між трубами, омиваючи їх зовні. У холодильних машинах систем кондиціонування зазвичай застосовують змієвикові випарники з оребреними трубами, зокрема труба мідна, а ребра алюмінієві.

У перехресних теплообмінниках «холодоагент – повітря» швидкість повітряного потоку повинна становити 2...3 м/с. На 1 кВт продуктивності випарника необхідно витратити близько 200 м³/год повітря, конденсатора – 300...370 м³/год. Втрати тиску повинні компенсуватися напором вентилятора. Втрати тиску потоку повітря у випарник становлять 100...250 Па, у конденсаторах – 150...350 Па.

У чиллерах застосовуються пластинчасті теплообмінники типу «холодоагент – вода» або «вода – вода». Усередині теплообмінника створюються два незалежних контури циркуляції холодоагенту і води, що рухаються в протилежних напрямках.

Пластинчасті теплообмінники мають певні теплотехнічні характеристики, невеликі габаритні розміри, обсяг і масу. У пластинчастих теплообмінниках перепад температур між середовищами невеликий, у зв'язку з чим потрібно менше холодоагента. Однак унаслідок зменшення кількості холодоагента в системі необхідно встановлювати акумулювальну ємність, щоб виключити часті цикли ввімкнення й вимкнення компресора.

У перехресно-потоківих (рекуперативних) теплообмінниках, що застосовуються в центральних кондиціонерах, які видаляють із приміщення повітря, припливне повітря проходить через теплообмінник, не контактуючи з іншими.

Обертові (регенеративні) теплообмінники – це пристрої, у яких теплообмін відбувається внаслідок акумуляції тепла обертовим барабаном. Барабан обертається електродвигуном за допомогою ремінної передачі. Повітря, що видаляється, проходить через нижню частину барабана, нагріваючи його. Обертаючись, нагріті частини барабана потрапляють до місця проходження припливного повітря і віддають йому тепло. Найбільшим недоліком обертових теплообмінників є наявність взаємного перетікання повітряних потоків, що унеможлиблює їхнє застосування на об'єктах, де потрібно повністю розподілити припливне повітря, що видаляється.

У системах із проміжним теплоносієм повністю розподіляється припливне повітря й те, що видаляється. Ефективність теплоутилізації таких систем становить 60 %.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Базова:

1. Експлуатація промислового теплоенергетичного устаткування : електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання [Електронний ресурс] / Резидент Н. В., Ткаченко С. Й., Чепурний М. М. – [Вид. 2-е, перероб. і доп.]. – Вінниця : ВНТУ, 2023. – 142 с.
2. Експлуатація теплоенергетичних установок і систем: Підручник. / За редакцією професора Б.Х. Драганова: - Київ: ЦП «Компринт», - 2017 – 338 с.
3. Правила безпечної експлуатації тепломеханічного обладнання теплових мереж: Затв.-15.11.2001№ 485/Мін. праці України. - Х.: Форт, 2003. – 336 с.

Допоміжна:

4. РД 34.35.615-76 Норми технічного обслуговування технологічних захистів теплоенергетичного обладнання на теплових електростанціях.
5. Клімов С.В. Експлуатація і обслуговування машин: навч. посібник. Рівне: НУВГП, 2010. 218 с.
6. Романовський Г.Ф., Султанський Ю.О., Харченко В.І. Будова, правила технічної експлуатації та обслуговування газотурбінних двигунів: навч. посібник. Миколаїв: Вид-во НУК, 2011. 156 с.
7. Ельтельман Е.М., Ельтельман Л.Е. Експлуатація вентиляційних систем хімічних виробництв. - Л.: Хімія, 2016. – 112 с.
8. Налагодження і регулювання систем вентиляції та кондиціонування повітря: Довід. посібник / Б.А. Журавльов, Г.Я. Загальский, П.А. Овчинніков: Під ред. Б.А. Журавльова. - К.: Будівельник, 2015. – 448 с.
9. Волков О.Д. Проектування вентиляції промислової будівлі. - Харків: Вища шк. 2015. –239 с.
10. Наладка і експлуатація водяних теплових мереж: Довідник/ В.І. Манюк, Я.І. Каплінський, Е.Б. Хиж. - К.: Будівельник, 2016. –432с.
11. Експлуатація теплових пунктів і систем теплоспоживання: Довідник / В.П. Віталєв, В.Б. Ніколаєв, Н.Н. Сельдін. - К.: Будівельник, 2015. – 623 с.
12. Борщов Д.Я. Експлуатація опалювальної котельні на газоподібному паливі. – К.: Будівельник, 2017. –240с.
13. Драганов Б.Х., Буляндра О.Ф., Міщенко А.В. Теплоенергетичні установки і системи в сільському господарстві / За ред. Б.Х. Драганова. – Київ: Урожай, 1995. – 224 с.

Інтернет ресурси:

14. <https://profiteh.ua/tekhnichna-ekspluatatsiia-teplovykh-ustanovok-ta-merezh/>
15. <https://profiteh.ua/ekspluatatsiia-teplomekhanichnoho-obladnannia/>
16. <https://vzo.com.ua/ua/content/kotelni-ustanovki>
17. <http://energetika.in.ua/ru/books/book-3/part-1/section-2/2-13>
18. <https://bio.ukr.bio/ua/articles/11016/>

Чепіжний Андрій Володимирович
Шевченко Сергій Станіславович
Мороз Костянтин Вікторович
Тимошенко Григорій Андрійович

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

**Методичні вказівки щодо виконання самостійної роботи
Частина 2**

Суми РВВ, Сумський національний аграрний університет, вул. Г. Кондратьєва, 160

Підписано до друку: січень, 2026р. Формат А5: Гарнітура Times New Roman
Тираж: 50 примірників Замовлення _____ Умов. друк. арк. 2,1
