

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЕКСПЛУАТАЦІЯ
ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ
Частина 2
Особливості роботи та налагодження
теплоенергетичного обладнання

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

СУМИ – 2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет
Кафедра енергетики та електротехнічних систем

ЕКСПЛУАТАЦІЯ
ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ
Частина 2
Особливості роботи та налагодження
теплоенергетичного обладнання

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

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

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 : конспект лекцій. Частина 21. Особливості роботи та налагодження теплоенергетичного обладнання / укл. А. В. Чепіжний, С.С. Шевченко, К.В. Мороз, Г.А. Тимошенко – Суми, 2026 – 62 с.

В конспекті лекцій частина 2 наведено основні принципи роботи та налагодження теплоенергетичного обладнання, що використовуються в різних галузях промисловості та сільського господарства.

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

ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН

№ з/п	Тема	Кількість годин
1	Фізико-хімічні властивості металів	2
2	Основні положення раціональної експлуатації енергетичного обладнання	2
3	Експлуатація обладнання котельних	2
4	Основи експлуатації котельних агрегатів барабанного та прямоточного типу	2
5	Система обслуговування турбіни	2
6	Експлуатація допоміжного обладнання турбоустановки	2
7	Робота турбіни в умовах пуску і останову	2
8	Вібраційна надійність турбоагрегата	2
9	Робота обладнання на змінних режимах	2
10	Аналіз результатів обстежень теплових мереж	2
11	Налагодження систем гарячого водопостачання	2
12	Налагодження систем опалення	2
13	Випробування і налагодження вентиляційних систем	2
14	Налагодження систем кондиціонування повітря	2
ВСЬОГО		28

ВСТУП

Вивчення дисципліни «Експлуатація теплоенергетичного обладнання» дозволить сформувати у здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня освіти теоретичних знань та практичних навичок з питань особливостей експлуатації різноманітного теплоенергетичного обладнання в тому числі і паротурбінних установок, а також навичок у вирішенні конкретних інженерних завдань по проектуванню, використанню теплоенергетичного обладнання та мереж. Також вивчення дисципліни «Експлуатація теплоенергетичного обладнання» в цілому ефективно вирішувати проблему теплопостачання аграрного виробництва.

Метою дисципліни «Експлуатація теплоенергетичного обладнання» є підготовка кваліфікованих інженерних кадрів в області експлуатації різного теплоенергетичного обладнання. Ефективне вирішення проблеми експлуатації можливо лише при умові врахування всіх складових системи теплопостачання, а також сучасних досягнень в області енергозбереження.

Дисципліна «Експлуатація теплоенергетичного обладнання» базується на вивченні дисципліни «Теплоенергетичні установки і системи АПВ», «Теплотехніка», «Гідравліка». Базуючись на отриманих знаннях при вивченні дисципліни «Експлуатація теплоенергетичного обладнання» здобувачі освіти впроваджують свої знання та практичні навички у вивчення дисциплін «Основи технічної експлуатації енергообладнання та засобів керування» та «Електротехнології та електроосвітлення».

Конспект лекцій з дисципліни «Експлуатація теплоенергетичного обладнання», частина 2 – особливості роботи та налагодження теплоенергетичного обладнання призначена для вивчення питань пов'язаних з забезпеченням експлуатації різного теплоенергетичного обладнання теплових процесів та включає в себе лекційний матеріал з 7 по 14 тему з загального тематичного плану дисципліни.

ЗМІСТ

ЛЕКЦІЯ 7. РОБОТА ТУРБИНИ В УМОВАХ ПУСКУ І ОСТАНОВУ	8
ЛЕКЦІЯ 8. ВІБРАЦІЙНА НАДІЙНІСТЬ ТУРБОАГРЕГАТУ	12
ЛЕКЦІЯ 9. РОБОТА ОБЛАДНАННЯ НА ЗМІННИХ РЕЖИМАХ.....	16
ЛЕКЦІЯ 10. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ОБСТЕЖЕНЬ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ.....	18
ЛЕКЦІЯ 11. НАЛАГОДЖЕННЯ СИСТЕМ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ.....	22
ЛЕКЦІЯ 12. НАЛАГОДЖЕННЯ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ.....	30
ЛЕКЦІЯ 13. ВИПРОБУВАННЯ І НАЛАГОДЖЕННЯ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ СИСТЕМ.....	41
ЛЕКЦІЯ 14. НАЛАГОДЖЕННЯ СИСТЕМ КОНДИЦІЮВАННЯ ПОВІТРЯ.....	50
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	59

ЛЕКЦІЯ 7. РОБОТА ТУРБІНИ В УМОВАХ ПУСКУ І ОСТАНОВУ

План

1. Особливості режимів пуску і останову турбіни.
2. Послідовність операцій пуску і останову турбіни.

1. Особливості режимів пуску і останову турбіни

Пуск і зупинка парової турбіни – це найбільш відповідальні етапи її експлуатації. Основна складність полягає в тому, що елементи турбіни (ротор, циліндри, клапани) мають величезну масу та піддаються різким змінам температури, що викликає значні термічні напруження та лінійні розширення.

Нижче наведено детальний огляд основних особливостей цих режимів.

1. Режим пуску турбіни:

Пуск турбіни класифікують залежно від початкового теплового стану металу (найчастіше – температури стопорного клапана або патрубків ЦВТ):

- Гарячий пуск: після зупинки на 8–24 години (метал ще зберігає значне тепло).
- Неохолоджений пуск: після простою 24–72 години.
- Холодний пуск: після тривалого простою (температура металу близька до температури цеху).

Ключові етапи пуску:

1. Прогрів паропроводів та дренажування: Видалення конденсату з усіх ліній, щоб уникнути гідроудару.

2. Робота валоповоротного пристрою (ВПП): Ротор обов'язково має обертатися на малих обертах (1–20 об/хв) перед подачею пари, щоб запобігти його тепловому прогину.

3. Подача пари на ущільнення та створення вакууму: Без вакууму пуск неможливий, оскільки пара не зможе ефективно проходити через проточну частину.

4. Поштовх ротора та прогрів на проміжних обертах: Пара подається так, щоб ротор почав обертатися. Потім робиться «витримка» на певних частотах (наприклад, 800 або 1200 об/хв) для рівномірного прогріву дисків та вала.

5. Проходження критичних частот: Прискорення ротора має бути швидким у зонах резонансних частот, щоб мінімізувати вібрацію.

6. Вихід на номінальні оберти (3000 об/хв) та синхронізація: Підключення генератора до мережі та поступове взяття навантаження.

2. Особливості зупинки турбіни. Зупинка може бути плановою (з розвантаженням), у резерв (з відключенням генератора) або аварійною.

Основні аспекти:

- Розвантаження: Проводиться поступово, щоб уникнути різкого охолодження металу. Швидкість зниження температури пари суворо регламентується.

- Перехід на роботу ВПП: Після повної зупинки ротора (вибігу) його необхідно негайно поставити на валоповорот. Якщо цього не зробити, верхня частина гарячого ротора охолоджуватиметься повільніше за нижню, що призведе до вигину («термічного вала»).

- Режим розхолодження: Для швидкого допуску персоналу до ремонту іноді застосовують примусове розхолодження повітрям або парою низьких параметрів.

3. Головні технічні обмеження (Критерії надійності). Під час обох процесів оператор та системи АСК ТП стежать за трьома критичними показниками:

1. Відносне розширення ротора (ВРР): Оскільки маса ротора менша за масу циліндра, він нагрівається (і видовжується) швидше. Якщо різниця в довжині перевищить допустимі зазори, станеться дотик рухомих частин до нерухомих, що призведе до аварії.

2. Різниця температур «верх-низ» циліндра: Не повинна перевищувати 40-50°C. Велика різниця викликає «короблення» циліндра, через що ротор може зачепити ущільнення.

3. Швидкість прогріву металу: Зазвичай становить 1.5-2.0°C за хвилину. Перевищення призводить до появи мікротріщин у металі через термічну втому.

4. Специфічні явища. Конденсація в проточній частині: При пуску з холодного стану перші порції пари миттєво конденсуються на холодних лопатках. Потрібне ретельне дренажування.

Вібраційний стан: Кожна турбіна має свої «індивідуальні» особливості вібрації при переході через критичні оберти, що вимагає точного контролю амплітуди.

Ці процеси вимагають суворого дотримання пускових інструкцій (графіків-завдань), де для кожної хвилини розписано необхідні параметри тиску, температури та обертів.

2. 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.

ЛЕКЦІЯ 8. ВІБРАЦІЙНА НАДІЙНІСТЬ ТУРБОАГРЕГАТУ

План

1. Причини виникнення вібрації турбоагрегату.
2. Робота турбоагрегату в режимі вібрації.
3. Принципи підвищення вібраційної надійності турбоагрегатів.

1. Причини виникнення вібрації турбоагрегату

Вібраційні причини та типові випадки.

Існують три основні причини вібрації: електромагнітні причини; механічні причини; механічні та електричні причини змішування.

1. Електромагнітні причини

- Джерело живлення: трифазний напруга незбалансований, а трифазний електродвигун відсутній.

- Статорний аспект: сердечник статора стає еліптичним, ексцентричним, пухким; розрив обмотки статора, розбиття підстав, коротко замикання на поворотах до повороту, помилка електропроводки і трифазний струм статора небалансований. Наприклад: перед монтажем вентилятора двигуна котельні було встановлено, що сердечник статора має червоний порошок. Було підозріло, що стержневий стерер був розпущений, але він не був в стандартному капітальний ремонт, тому його не було оброблено. Мотор кричав, коли тест був реконструйований. Виправлення неполадок після заміни статора.

- Несправність ротора: сердечник ротора стає еліптичним, ексцентричним і вільним. Смуга роторної клітки приварена до кінцевого кільця, смужка клітки ротора зламана, обмотка неправильна, а щітка у поганому контакті.

Наприклад: у роботі беззубий пиловий двигун спіральної секції струм статора двигуна коливається назад і вперед, а вібрація двигуна поступово підвищується. Згідно з цим явищем, роторна стійка двигуна має можливість відкриття та розриву. Після розбирання двигуна виявлено, що роторна клітка має 7 перерв. Всі дві серйозні сторони і кінцеві кілець були розбиті. Якщо вони не знайдені в часі, може виникнути аварія горіння статора.

2. Механічні причини

- Сам двигун: Ротор незбалансований, вал згинається, сковзне кільце деформується, проміжки між повітрям статора та ротора нерівні, магнітні центри статора та ротора несумісні, підшипник несправний, основна установка погана, механічний механізм відсутній досить сильний, резонанс є вільним, гвинт на землю вільний, а вентилятор двигуна пошкоджений. Типовий випадок: після заміни заводського конденсатного насосного двигуна збільшується рухливість двигуна, а ротор та статор мають малі знаки вініків. Після ретельного огляду виявляється, що висота ротора двигуна неправильна, магнітний центр ротора та статора не піднімається, а двигун відновлюється. Після того, як передбачено гвинт головки штока, вібраційний вимикач мотора усувається. Після обслуговування позашляхового підйомного двигуна вібрація була занадто великою, і є поява поступово. Коли мотор зачепиться, вібрація двигуна все ще велика, і в осьовому напрямку є велика кількість руху.

Розпад виявив, що сердечник ротора є вільним. Існує також проблема з балансом ротора. Після заміни запасного ротора несправність усувається, а оригінальний ротор повертається на завод для ремонту.

- Зчеплення з муфтою: зчеплення пошкоджене, з'єднання погано з'єднане, муфта не центрована, навантаження механічно незбалансоване, а система є резонансною. З'єднувальна частина валової системи невірно розташована, центральна лінія не збігається, а центровка невірна. Причиною цієї несправності є, головним чином, погане встановлення та неправильне встановлення під час процесу встановлення. Існує також випадок, коли деякі центральні лінії блокуючих частин співпадають у холодному стані, але після періоду експлуатації центральна лінія порушується через деформацію опори опори ротора та фундаменту, тим самим генеруючи вібрацію.

а. Циркуляційний двигун насоса, вібрація була занадто великою під час експлуатації, мотор перевірявся без проблем, холостого ходу також нормально, клапан насоса вважає, що двигун працює нормально, і, нарешті, мотор має занадто багато позитивного центру різниці. Вібрація двигуна усувається.

б. Після зміни шкиву котельні двигун вібруватиме протягом випробувального пробігу, і трифазний струм двигуна збільшуватиметься. Перевірте всі схеми та електричні компоненти без проблем. Нарешті, шків знайдено як некваліфікований. Після заміни вимикання двигуна виключається, а двигун трифазний. Поточний також повертається до норми.

3. Причини змішування двигуна

- Вібрація двигуна часто спричинена нерівномірним повітряним зазором, що спричиняє односторонню електромагнітну силу тяжіння, а однобічна електромагнітна сила витягу додатково збільшує повітряний зазор. Це електромеханічне змішування виступає як моторна вібрація.

- Осьовий рух електродвигуна обумовлений тяжкістю самого ротора або рівня установки, а магнітний центр не є правильним. Електромагнітне напруження, викликане двигуном, зумовлює осьовий рух двигуна, що призводить до збільшення вібрації двигуна. У важкому випадку вал заземлений, а підшипник зроблений. Температура швидко зростає.

- Є проблеми з зубчастими передачами та муфтами, пов'язаними з двигуном. Цей вид несправності виявляється в основному як погана закупорка приводу, серйозні зношування зубів, погане змащення колеса, зчеплення та неправильне розташування муфти, профіль зубця колісної передачі, невірний шаг зуба, надмірний зазор або серйозний знос, що спричинить певну вібрацію.

- Дефекти в структурі самого двигуна та проблеми з встановленням. Цей тип провалу в основному виявляється як еліпс журналу, згинання валу, розрив між валом і втулкою підшипника занадто великий або занадто малий, а жорсткість підшипника, фундаментна плита, частина основи і навіть весь монтажний фундамент недостатньо, а двигун та опорна плита зафіксовані. Не захищені, болти для ніг є вільними, а корпус підшипника та опорна плита є вільними. Надмірна або занадто маленька щілина між валом і втулкою

підшипника може не тільки викликати вібрацію, але також спричинити ненормальну змащування та температуру підшипникової втулки.

- Передача та передача навантаження, переданого двигуном. Наприклад, коливання турбіни парового турбінного генератора, вентилятора, що працює на двигуні, а також коливання водяного насоса викликають вібрацію двигуна.

2. 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.

3. Принципи підвищення вібраційної надійності турбоагрегатів

Підвищення вібраційної надійності турбоагрегатів забезпечується комплексним підходом: точним балансуванням роторів, оптимізацією жорсткості опор і фундаментів, контролем центрівки, використанням систем вібромоніторингу для діагностики в реальному часі та оптимізацією режимів роботи. Це запобігає резонансам, знижує напруження в металі та запобігає передчасним руйнуванням.

Основні принципи підвищення вібраційної надійності:

- Динамічне балансування роторів: Найважливіший захід, що полягає у зменшенні неврівноважених мас, які викликають відцентрові сили та вібрацію.
- Управління жорсткістю та демпфуванням: Налаштування конструкції опор та підшипників таким чином, щоб їхні власні частоти не збігалися з частотами обертання ротора (уникання резонансних зон).
- Забезпечення точності центрівки: Правильне з'єднання валів (центрування) між турбіною та генератором для мінімізації зусиль у муфтах.
- Автоматизований вібромоніторинг: Використання сучасних стаціонарних систем для постійного вимірювання рівня вібрації, спектрального аналізу та діагностики технічного стану в реальному часі.
- Оптимізація гідродинамічних характеристик: Удосконалення конструкції ущільнень та підшипників для стабілізації масляної плівки, що знижує вібрацію, спричинену робочим середовищем.
- Контроль термонапружень: Забезпечення рівномірного прогріву при пусках та зупинках, оскільки температурні деформації можуть викликати вібрацію. Впровадження цих принципів дозволяє істотно зменшити динамічні навантаження, підвищити безпеку експлуатації та продовжити ресурс турбоагрегатів.

ЛЕКЦІЯ 9. РОБОТА ОБЛАДНАННЯ НА ЗМІННИХ РЕЖИМАХ

План

1. Особливості змішаних режимів.
2. Особливості роботи обладнання в змішаних режимах.

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 часткою 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.

2. Особливості роботи обладнання в змішаних режимах

Щоб розібрати роботу обладнання в змішаних режимах глибше, варто розділити це питання на технічний, експлуатаційний та економічний аспекти. Такий режим – це завжди компроміс між продуктивністю та надійністю.

Ось детальний аналіз ключових процесів:

1. Перехідні процеси та динамічні навантаження

- Коли обладнання змінює режим (наприклад, зміна швидкості двигуна або перемикання гідравліки), система виходить зі стану рівноваги.

- Механіка: Виникають інерційні удари, вібрації та резонанси. Це призводить до втомного руйнування металу та швидкого зносу підшипників.

- Терміка: Нерівномірне нагрівання спричиняє термічні напруження. Матеріали розширюються з різною швидкістю, що може порушити герметичність з'єднань.

2. Проблема керування (Гібридні системи)

- У змішаних режимах класичні лінійні алгоритми керування часто стають неефективними.

- Нелінійність: Система може поводитися передбачувано в режимі «А» і режимі «Б», але абсолютно хаотично в момент переходу між ними.

- Похибка «мертвої зони»: При низьких навантаженнях датчики можуть давати велику похибку, а при пікових – запізнюватися з реакцією. Це вимагає впровадження інтелектуальних систем (на основі ШІ або нечіткої логіки).

3. Електромагнітна та сигнальна сумісність

Якщо мова про електроніку, то змішаний режим (Analog-to-Digital) – це головне джерело проблем.

- Низькочастотні перешкоди: Потужне силове обладнання під час пуску створює сплески, які «забивають» слабкі сигнали від датчиків.

- Гармоніки: Робота на неповну потужність (через частотні перетворювачі) створює вищі гармоніки в мережі, що гріє трансформатори та заважає роботі сусідніх приладів.

4. Ресурс та енергоефективність

Знос: Один запуск двигуна за рівнем зносу може дорівнювати кільком годинам безперервної стабільної роботи. Змішаний режим з частими циклами «старт-стоп» скорочує термін служби обладнання у 2-3 рази.

ККД: Кожна машина має свою «солодку точку» (sweet spot) – діапазон навантаження, де ефективність максимальна (зазвичай 70-80%). У змішаному режимі обладнання часто працює в зонах низького ККД, де енергія витрачається на пусте тертя або нагрів.

5. Ризики безпеки

Більшість аварій стається саме під час переходу з одного режиму на інший. Автоматика захисту повинна бути налаштована так, щоб відрізнити «нормальний перехідний сплеск» від реальної аварії (наприклад, короткого замикання).

ЛЕКЦІЯ 10. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ОБСТЕЖЕНЬ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ

План

1. Проведення обстеження теплових мереж.
2. Формування звітної документації за результатами обстеження теплових мереж.
3. Аналіз результатів звітної документації по обстеженню теплових мереж.

1. Проведення обстеження теплових мереж

Обстеження теплових мереж – це комплекс заходів (гідравлічні випробування, тепловізійна зйомка, енергоаудит), спрямованих на виявлення зношених ділянок, втрат тепла та забезпечення надійності опалювального сезону. Гідравлічні випробування є обов'язковими щорічними заходами для виявлення дефектів, а тепловізійна зйомка дозволяє безконтактно знайти місця витоку енергії.

Основні методи обстеження теплових мереж:

- Гідравлічні випробування: Проводяться щорічно перед опалювальним сезоном для виявлення пошкоджень трубопроводів шляхом створення підвищеного тиску.
- Тепловізійне обстеження: Використання тепловізорів для виявлення місць нетипово підвищеної температури (точок втрати тепла) на трубопроводах, ізоляції, а також у будівлях.
- Інструментальне оцінювання: Діагностика підземних магістралей для оцінки технічного стану, моніторингу корозії та визначення залишкового ресурсу.
- Енергоаудит: Аналіз ефективності роботи мереж, що дозволяє надати рекомендації щодо зменшення втрат.

Етапи та особливості проведення:

- Підготовка: Згідно з правилами технічної експлуатації, обстеження мають гарантувати безпеку та надійність.
- Діагностика: Під час тепловізійного обстеження електрообладнання, наприклад, воно повинно знаходитися під навантаженням.
- Аналіз результатів: Фіксація дефектів, складання звітів, визначення необхідності ремонтних робіт.

Регулярне обстеження дозволяє комунальним службам оперативно реагувати на аварійні ситуації та знижувати витрати на ремонти.

2. Формування звітної документації за результатами обстеження теплових мереж

Формування звітної документації за результатами обстеження теплових мереж – це процес створення пакету технічних документів, який включає дефектні акти, відомості дефектів, результати інструментальних вимірювань

(тепловізійний контроль, ультразвукова діагностика, шурфування) та аналіз технічного стану для планування ремонтів.

Ось детальний алгоритм, структура та вимоги до формування такої документації:

1. Нормативна база. Звіти мають спиратися на чинні галузеві нормативи, зокрема:

- Правила технічної експлуатації теплових установок і мереж (затверджені наказом Мінпаливенерго № 197).

- ДБН В.2.5-39:2008 – Інженерне обладнання будинків і споруд. Теплові мережі.

2. Типова структура звіту

Комплексний звіт про результати обстеження складається з наступних розділів:

- Титульний аркуш: Найменування об'єкта обстеження, замовник, виконавець робіт (із зазначенням ліцензій/сертифікатів), дата складання.

- Вступ (Загальні положення): Підстава для проведення обстеження (договір, наряд-заказ), мета роботи, склад комісії або експертної групи.

- Технічна характеристика мережі: Діаметр трубопроводів, протяжність ділянки, тип прокладки (підземна/надземна), вид ізоляції, рік введення в експлуатацію.

- Методики обстеження: Опис інструментальних та візуальних методів, що використовувалися (шурфування, телеінспекція, вимірювання товщини стінок, тепловізійна зйомка).

Результати обстеження та виявлені дефекти:

- Стан будівельних конструкцій теплових камер.

- Наявність корозії металу, пошкоджень ізоляційного шару.

- Факти підтоплень, витоків теплоносія.

- Результати вимірювань товщини металу, якщо проводилося ультразвукове обстеження.

- Висновки та рекомендації: Оцінка технічного стану (працездатний, обмежено працездатний, аварійний). Перелік першочергових заходів для усунення недоліків.

3. Основні додатки до звіту. Жоден звіт не вважається повним без підтверджувальної документації. До нього обов'язково додаються:

- Акти шурфування (із зазначенням фактичного стану трубопроводу та ізоляції у розкритому місці).

- Дефектні відомості / Акти обстеження із детальним переліком ділянок, що потребують заміни або ремонту.

- Фото- та відеоматеріали (фотографії дефектів, термограми з прив'язкою до місцевості).

- Протоколи вимірювань / Висновки неруйнівного контролю.

4. Електронна звітність (для балансоутримувачів та операторів). Якщо ви є суб'єктом господарювання у сфері теплопостачання, крім внутрішніх технічних актів, передбачено подання обов'язкової звітності. Відповідні форми, затверджені НКРЕКП, подаються у встановлені строки. Статистична

звітність щодо постачання та використання енергії (зокрема форма №11-МТП) подається до органів державної статистики виключно в електронному вигляді через Кабінет респондента Держстату.

Під час підготовки звіту обов'язково користуйтеся типовими формами актів та паспортів, наведеними в Інструкції з організації проведення огляду технічного стану енергетичних підприємств, щоб звітність повністю відповідала вимогам державних інспекцій.

3. 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.

ЛЕКЦІЯ 11. НАЛАГОДЖЕННЯ СИСТЕМ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

План

1. Особливості будови систем гарячого водопостачання.
2. Основні показники роботи систем гарячого водопостачання.
3. Операції з експлуатації та налагоджування 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.

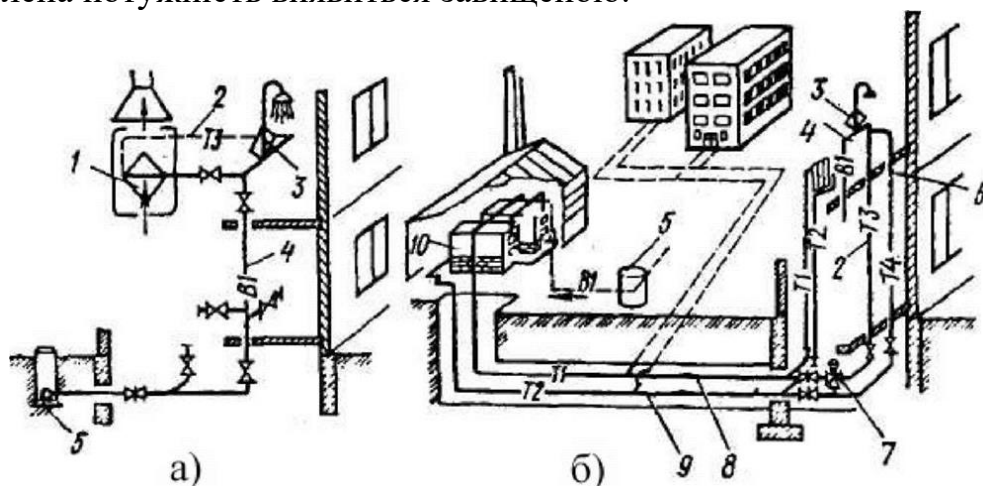


Рис. 11.1 – Системи гарячого водопостачання: а – місцева; б – централізована (відкрита); 1 – водонагрівач; 2 – розподільча мережа; 3 – водорозбірна арматура; 4 – мережа холодного водопроводу; 5 – колодязь; 6 – циркуляційна мережа; 7 – терморегулятор; 8, 9 – трубопроводи; 10 – водогрійний котел; Т1 – трубопровід подачі гарячої води; Т2 – зворотний трубопровід гарячої води; Т3 – гаряче водопостачання; Т4 – циркуляційний трубопровід; В1 – 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.

2. Основні показники роботи систем гарячого водопостачання

Основні показники систем гарячого водопостачання (ГВП) – це сукупність параметрів, які визначають якість послуги, безпеку для споживача та енергетичну ефективність роботи обладнання.

1. Температурні показники.

Температура в точці розбору: Згідно з державними стандартами, температура гарячої води на виході з крана повинна становити від 50°C до 75°C.

Температура нагріву (джерело): Для запобігання розвитку бактерій (наприклад, легіонели), вода в системі централізованого підігріву повинна підтримуватися на рівні не нижче 60°C.

2. Якісні показники (санітарні норми).

Якість води: Гаряча вода, що подається у внутрішні мережі, повинна повністю відповідати вимогам до питної води.

Жорсткість: Цей показник не повинен перевищувати 7 мг-екв/л. Вища жорсткість призводить до швидкого утворення накипу на теплообмінниках та сантехніці.

Хімічний склад: Вміст розчинених газів (наприклад, вільного кисню та вуглекислоти) суворо контролюється, щоб уникнути корозії труб та обладнання.

3. Гідравлічні показники.

Тиск у системі: Робочий тиск повинен забезпечувати вільний вилив води на будь-якому поверсі будівлі. Нормальний тиск для багатоквартирних будинків зазвичай становить від 1,5 до 4,5 бар (залежно від поверховості та схеми розводки).

Час очікування: З моменту відкриття крана гаряча вода повинна потекти максимум за 2 хвилини.

4. Енергетичні та експлуатаційні показники.

Витрата теплоносія та енергії: Визначає обсяг газу, вугілля або електроенергії, необхідний для підігріву 1м³ води з температури подачі холодної води (близько 5-10°C) взимку) до необхідних 60°C.

Циркуляція: Для стабільної роботи системи ГВП критично важливим є показник постійної циркуляції гарячої води в мережі. Він забезпечує стабільну температуру і відсутність необхідності щоразу зливати охолоджену воду. Це фіксується як витрата тепла на «функціонування внутрішньобудинкової системи ГВП».

Якщо ви досліджуєте питання економії чи нарахувань за комунальні послуги, корисно знати, що соціальний норматив споживання в Україні становить 1,6 куб. метра гарячої води на одну особу на місяць для розрахунку пільг та субсидій. Передавати показання лічильників необхідно з 25-го до останнього числа кожного місяця через системи на зразок Центру комунального сервісу.

3. Операції з експлуатації та налагоджування систем гарячого водопостачання

Витрата води на гаряче водопостачання житлових будинків повинна забезпечуватися на підставі встановлених норм. Якість води, що подається в системи гарячого водопостачання, має відповідати вимогам ДБН.

Температура води, яка подається до водорозбірних точок (кранів, змішувачів), повинна становити не менше ніж 60°C у відкритих системах гарячого водопостачання і не менше ніж 50°C – у закритих. Температура води в системі гарячого водопостачання повинна підтримуватися за допомогою автоматичного регулятора, установа якого в системі гарячого водопостачання є обов'язковим. Температура води на виході з водонагрівника системи гарячого водопостачання повинна вибиратися відповідно до умов забезпечення нормованої температури в водорозбірних точках, але не більше ніж 75°C. Інженерно-технічні працівники й робітники, які обслуговують систему гарячого водопостачання, зобов'язані вивчити систему в робочому стані й за кресленнями; забезпечити справну роботу системи, усуваючи виявлені недоліки.

Інженерно-технічні працівники зобов'язані проінструктувати мешканців обслуговуваних будинків щодо необхідності своєчасно повідомляти щодо

витоків й шумів в водопровідній арматурі, щодо економного витрачання гарячої води та контролювати виконання цих вимог.

Системи гарячого водопостачання будівлі, а також трубопроводи внутрішньоквартирної мережі після закінчення ремонту потрібно вивчити на тиск, що становить 1,25 робочого, але не більше ніж 1,0 МПа (10 кгс/см²) і не менше ніж 0,75 МПа (7,5 кгс/см²).

Роботи щодо ремонту систем гарячого водопостачання повинні виконуватися відповідно до проєкту й вимог інструкцій і правил. Зазвичай у системах застосовують оцинковані труби. Магістралі та підведення системи необхідно прокладати з нахилом не менше ніж 0,002 із підвищенням у бік точок водорозбирання, без утворення прогинань. У конструкції підвішування кріплень і рухомих опор для трубопроводів необхідно передбачити вільне переміщення труб під впливом змінювання температури.

Після ремонту систему необхідно випробувати за участю особи, відповідальної за безпечну експлуатацію, та скласти відповідний акт.

На введенні системи гарячого водопостачання в будівлю потрібно встановити запірну арматуру й прилади обліку теплової енергії та теплоносія (термометри й манометри) до і після засувки. Тиск у системі має підтримуватися на 0,05...0,07 МПа (0,5...0,7 кгс/см²) вище за статичний тиск. Водонагрівники та трубопроводи повинні бути постійно наповненими водою.

Основні засувки й вентиля, призначені для відімкнення й регулювання системи гарячого водопостачання, необхідно два рази на місяць відкривати й закривати. Відкривання й закривання зазначеної арматури необхідно проводити повільно. Застосовувати газові кліщі й обрізки труб для відкривання засувки, вентилів і кранів не можна.

У процесі експлуатації необхідно стежити за відсутністю витікань у стояках, підведеннях до запірно-регульовальної та водорозбірної арматури, усувати причини, що приводять до їхньої несправності і витікання води.

Оглядати системи гарячого водопостачання потрібно згідно з графіком, затвердженим фахівцями організації з обслуговування житлового фонду, результати огляду заносити в журнал.

Дію автоматичних регуляторів температури й тиску систем гарячого водопостачання потрібно перевіряти не менше ніж один раз на місяць. У разі частого потрапляння в регулятори сторонніх предметів на підвідних трубопроводах необхідно встановити фільтри.

Щоб зменшити тепловтрати потрібно ізолювати стояки систем гарячого водопостачання ефективним теплоізоляційним матеріалом. Установлення датчиків температури й тиску для контролю роботи систем гарячого водопостачання потрібно супроводжувати виведенням сигналів на диспетчерський пункт. На введенні системи гарячого водопостачання необхідно встановити прилади обліку (тепло- або водолічильники), покази виводити на пульт диспетчерського пункту.

На трубопроводах, які обслуговують окремі групи приладів, і на підведеннях до газових водонагрівачів установлювати діафрагми й регулятори

не можна. Калібр і межі вимірювання водолічильника повинні відповідати максимальній і мінімальній кількості води, що надходить на водорозбір.

У разі завищення обсягів води, що проходить через водомір, необхідно замінити його на водомір з необхідними межами вимірювання й допустимого перепаду тисків на ньому.

Пристрої водопідготовки для систем гарячого водопостачання мають бути справними й експлуатуватися відповідно до розроблених проектною організацією рекомендацій або інструкцій заводу-виготовлювача.

Щоб уникнути утворення відкладень у трубах і устаткуванні, а також для захисту їх від внутрішньої корозії воду додатково обробляють: іонний обмін, термічна і вакуумна деаерація, магнітне оброблення, електрохімічний захист і хімічне оброблення.

Метод іонного обміну базується на пропусканні води через фільтрувальний іонообмінний матеріал (глауконіт, сульфовугілля, синтетичні смоли), унаслідок чого досягається значне пом'якшення води.

Термічна деаерація передбачає нагрівання води парою до 100...110°C у деаераторах, унаслідок чого з води інтенсивно виділяються розчинені гази й кисень.

Вакуумна деаерація базується на створенні десорбції у вакуумному середовищі, вода проходить через ежектор і газовідділювач у деаераційну головку, де утворюється вакуум і здійснюється відсмоктування газів, які виділилися з води.

Магнітне оброблення води запобігає утворенню твердих відкладень і сприяє зменшенню кількості розчиненого у воді кисню, знижуючи агресивні властивості води.

Електрохімічний захист передбачає знекиснення води електролізом із застосуванням перфорованих металевих (катод) і алюмінієвих (анод) електродів, через які пропускають постійний струм із напругою 8...12 В.

Хімічні методи оброблення води для систем гарячого водопостачання передбачають застосування різних добавок. Уведення розчину гексаметафосфату натрію не тільки запобігає випадінню з води карбонатів кальцію і магнію, а й значно зменшує корозію труб.

Зупинки в подаванні гарячої води на верхніх поверхах іноді виникають у разі установлення циркуляційних насосів із завищеною потужністю. Такі насоси сприяють збільшенню циркуляційних витрат в розподільних магістральних трубопроводах і стояках, унаслідок чого спостерігаються втрати тиску в мережі й у кінцевих точках магістральних трубопроводів та стояків, а вода не доходить до верхніх поверхів. Щоб усунути ці несправності, потрібно зменшити циркуляційні витрати води, прикривши засувки або встановивши насоси з меншою потужністю.

Витікання гарячої води в холодний водопровід або навпаки виникає за наявності різних тисків у холодному й гарячому водопроводах, а також дефектів у перегородках або прокладках змішувача. Витікання в трубопроводах гарячої води спостерігається частіше, ніж холодної. Це обумовлено тим, що корозія труб гарячою водою відбувається значно

інтенсивніше, ніж холодною. Найінтенсивніша корозія відбувається в місцях пошкодження цинкового покриття труб (вигини, зварні шви).

У разі порушення циркуляції води в системах необхідно прикрити вентиля на циркуляційних стояках між водонагрівачем і місцем, де знижується температура. Регулювання виконують у години мінімального водоспоживання. Якщо температурний режим відрегулювати не вдається, на циркуляційних трубопроводах встановлюють регулятори температури.

У поточний ремонт гарячого водопроводу, на відміну від холодного, входять очищення водонагрівачів від накипу, ремонт циркуляційних насосів, теплоізоляція трубопроводів. Капітальний ремонт гарячого водопроводу включає демонтаж експлуатованої системи і монтаж нових водонагрівачів, насосів, трубопроводів і арматури. Під час ремонту циркуляційних насосів на спускному патрубку встановлюють грязьовик із засувкою. Ступінь забрудненості грязьовика контролюють манометрами, що розміщується до й після нього. У разі різниці показів манометрів 0,05 МПа і більше грязьовик необхідно промивати.

ЛЕКЦІЯ 12. НАЛАГОДЖЕННЯ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ

План

1. Особливості будови систем опалення.
2. Основні показники роботи систем опалення.
3. Операції з налагоджування 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.

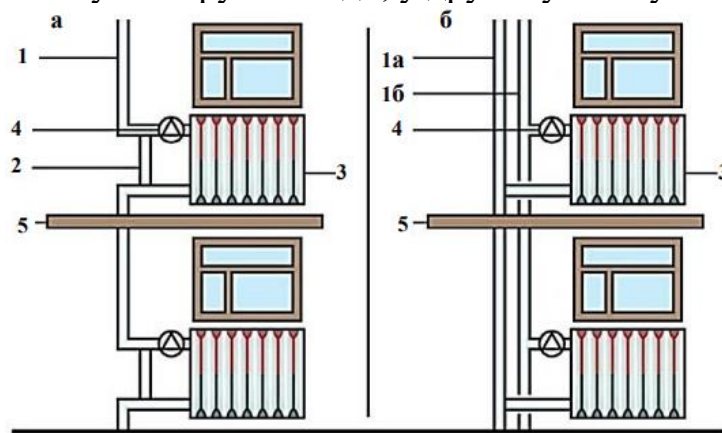


Рисунок 12.1 – Системи опалення: а – однотрубна; б – двотрубна; 1 – стояк; 1а – зворотний стояк; 1б – подавальний стояк; 2 – замикальна ділянка; 3 – опалювальний прилад; 4 – радіаторний термостат; 5 – перекриття

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 патрубку 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).

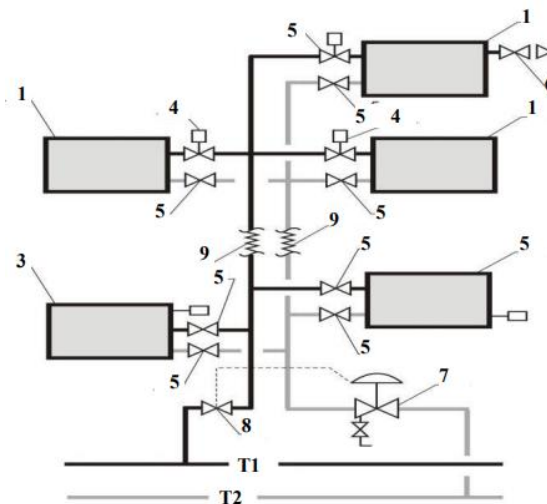


Рисунок 12.2 – Схема стояка двотрубної системи опалення з нижнім розведенням магістралей: 1 – опалювальний прилад з боковим приєднанням; 2 – конвектор із вбудованим терморегулятором; 3 – радіатор із вбудованим терморегулятором і бічним приєднанням; 4 – терморегулятор із клапаном; 5 – запірний клапан; 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 стояків/магістралей 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.

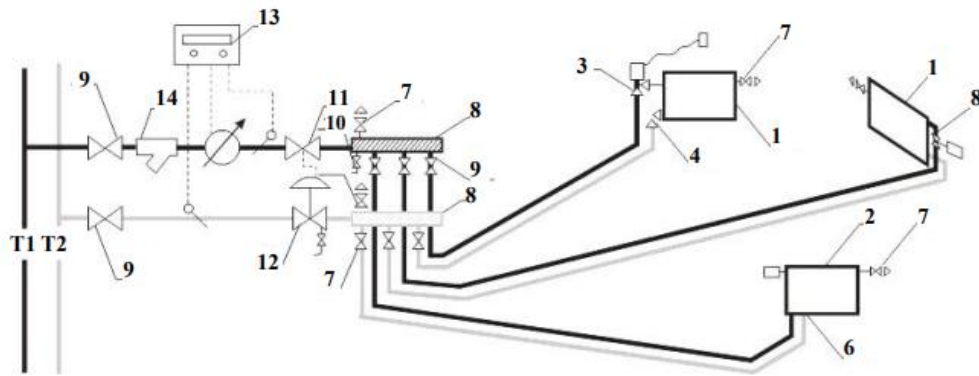


Рисунок 12.3 – Схема двотрубної системи з «променевим» поквартирним розведенням: 1 – звичайний опалювальний прилад з боковим приєднанням; 2 – опалювальний прилад із убудованим терморегулятором і нижнім приєднанням; 3 – терморегулятор із кутовим клапаном; 4 – запірний кутовий клапан; 5 – приєднувальна гарнітура з терморегулятором; 6 – запірно-приєднувальний клапан; 7 – повітряний кран; 8 – розподільний колектор; 9 – запірний кузовий 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).

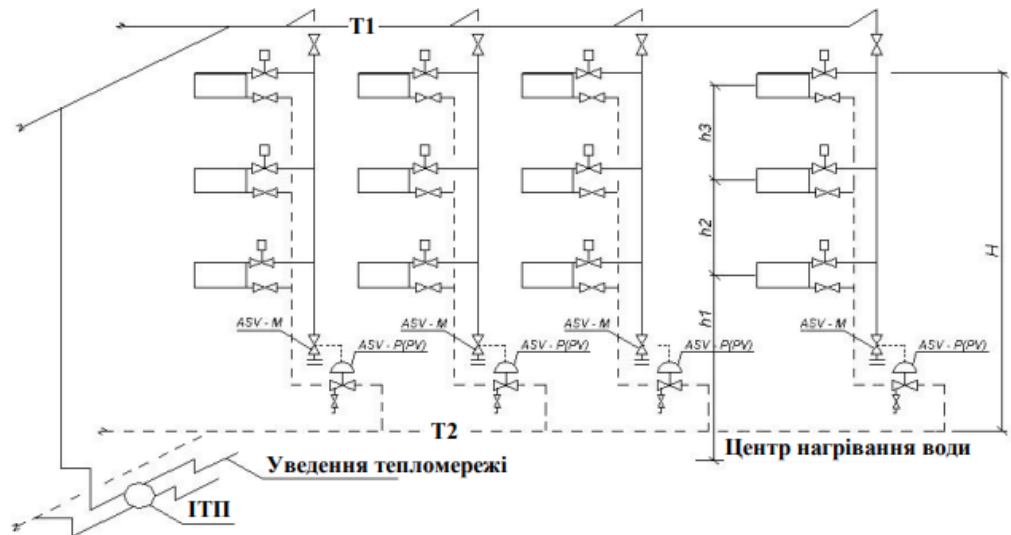


Рисунок 12.4 – Схема двотрубної системи опалення з верхнім розведенням

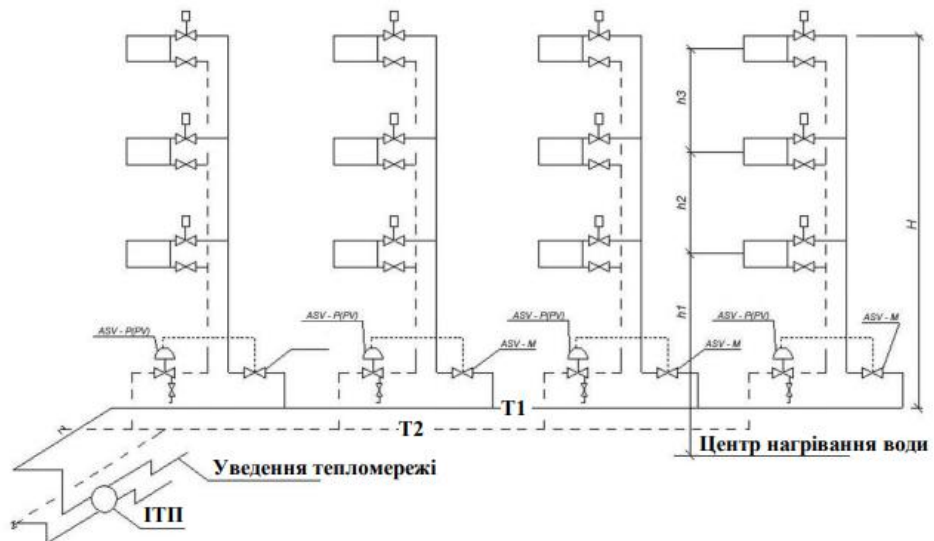


Рисунок 12.5 – Схема двотрубної системи опалення з нижнім розведенням

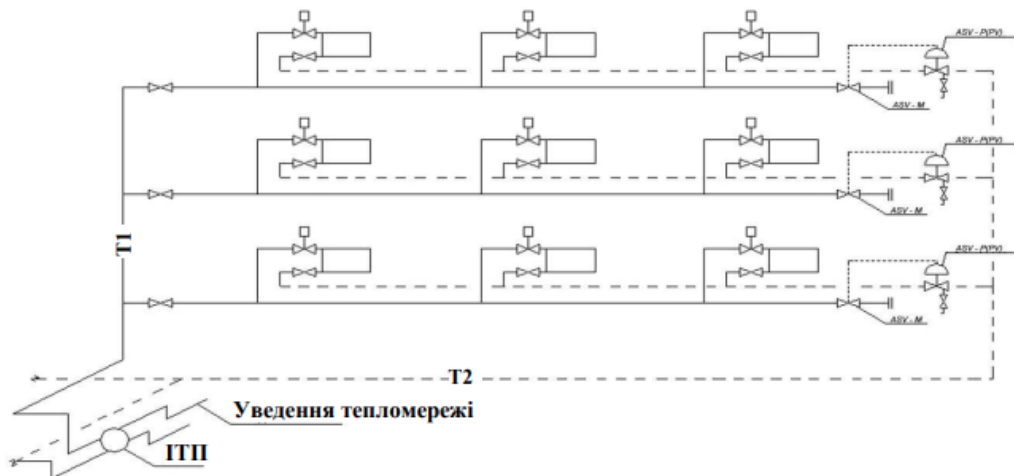


Рисунок 12.6 – Схема горизонтальної двотрубної системи опалення при різнобічному приєднанні горизонтальних гілок до магістралей

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

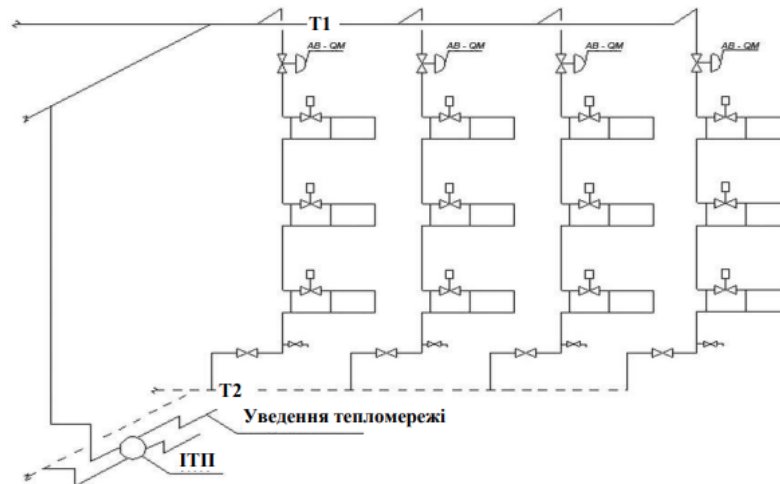


Рисунок 12.7 – Схема однотрубної системи опалення з верхнім розведенням і зміщеними замикальними ділянками

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

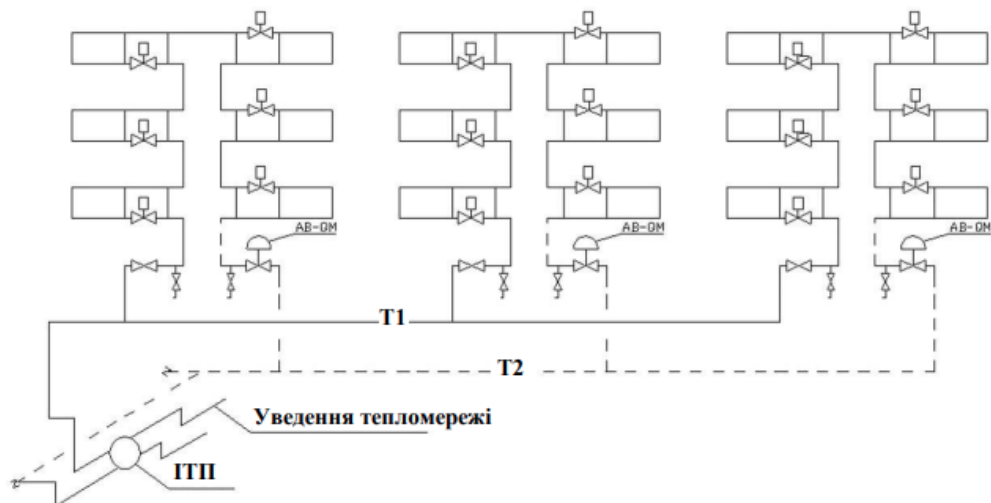


Рисунок 12.8 – Схема однотрубної системи опалення з нижнім розведенням магістралей

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 установа ситчастих 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 квартирної опалення їх варто встановлювати на введенні в кожен квартиру.

2. Основні показники роботи систем опалення

Опалення будинків забезпечується системами, що використовують певні теплоносії. Під час їхньої експлуатації варто брати до уваги кліматичні зони населених пунктів. Будь-яка система опалення приміщень обумовлюється системою їхньої вентиляції і разом із нею створює комфортні умови для проживання.

Найоптимальнішою температурою повітря в приміщенні вважають не нижчу за 18°C. Умовам теплового комфорту (найкращого самопочуття людини в спокійному стані) відповідає температура повітря в діапазоні 20...22°C, до того ж повинен забезпечуватися не менше ніж одноразовий щогодинний повітрообмін в приміщенні, що в зимовий період досягається відповідним способом опалення.

Теплоносій у вигляді нагрітої води чи водяної пари забезпечується шляхом спалення палива в конструктивних пристроях, що називають водонагрівальними або паровими котлами. У вдосконаленому вигляді вони стали головним різновидом сучасних генераторів тепла під час спалення різних видів палива.

Для опалення багатоповерхових та індивідуальних житлових будинків як нагрівальні прилади здебільшого використовують чавунні або сталеві радіатори (рис. 12.9), з'єднані трубами з місцевим джерелом тепла – котлом.



Рисунок 12.9 – Сталевий радіатор опалення

Робота приладу базується на тепловіддаванні води через стінки приладу на нагрівання повітря приміщення, після чого вода знову переходить у котел для подальшого підігрівання, таким чином відбувається постійна циркуляція води в системі опалення.

Опалювальна техніка, системи централізованого, районного та внутрішньо-будинкового теплопостачання постійно вдосконалюється; вимоги щодо якості життєзабезпечення, екологічної безпеки та надійності теплових мереж зростають. У нормативних документах передбачено оптимальні норми в зоні житлових, громадських і адміністративно-побутових приміщень. Температура повітря в таких приміщеннях повинна перебувати в діапазоні 20...22°C; відносна вологість повітря – 40...50%; швидкість руху повітря – не більше ніж 0,2м/с.

Гігієнічні дослідження мікроклімату приміщень і того, як впливає замінювання його окремих компонентів на організм людини, спричинили вироблення певних вимог до системи опалення.

Вона повинна забезпечувати:

- відшкодування втрат приміщенням тепла через усі його обгороджувальні конструкції – зовнішні стіни, двері, вікна, горищне перекриття або безгорищне покриття та підлогу;
- підтримання всередині приміщень залежно від їхнього призначення встановленої гігієнічними нормами температури, що не залежить від коливань температури зовнішнього повітря;
- якомога рівномірну як в горизонтальному, так і у вертикальному напрямках температуру внутрішнього повітря. Температура вважається рівномірною, якщо в горизонтальному напрямі біля вікон і біля протилежної стіни різниця температури повітря не перевищує 2°C, а у вертикальному – 1°C на кожен метр висоти;
- коливання температури повітря протягом доби $\pm 3^\circ\text{C}$ у разі застосування пічного опалення та $\pm 1,5^\circ\text{C}$ – у разі центрального;
- нагрівання внутрішніх поверхонь обгороджень (стіна, стеля, підлога) такою мірою, щоб їхня температура наближалася до температури повітря в приміщенні;
- середню температуру поверхні нагрівальних приладів у житлових приміщеннях не вище ніж 85°C. Вона регламентована і для приладів, установлених у приміщеннях іншого призначення;

- підтримання гігієнічних норм відносної вологості 40...60% у житлових і громадських будівлях, як і в системі вентиляції, і швидкості руху повітря у межах 0,15...0,25 м/с;

- у виробничих приміщеннях і в системі вентиляції сталі умови роботи й температурно-вологісний режим обумовлюються технологічним процесом виробництва.

Система опалення повинна бути індустріальною щодо виготовлення й монтажу, економічною під час експлуатації і пожежобезпечною.

3. Операції з експлуатації та налагоджування систем опалення

Головні організаційно-технічні вимоги щодо експлуатації систем опалення визначені в пріоритетному нормативно-технічному документі – Правилах технічної експлуатації теплових енергоустановок, вимоги і порядок технічного обслуговування і ремонту житлового фонду, зокрема інженерного обладнання. Це найважливіші нормативні документи для керівників місцевих адміністрацій, підприємств житлово-комунального господарства й енергопідприємств.

Під час експлуатації систем опалення підприємства тепломереж повинні забезпечувати надійність теплопостачання споживачам, подавання їм теплоносіїв (води, пари) з витратою і параметрами, що відповідають температурному графіку регулювання.

Окрім того, можуть виникати несправності систем опалення, головними з яких є зниження температури в опалюваних приміщеннях порівняно з розрахунковими й пошкодження герметичності елементів систем.

Зниження температури в приміщенні може спричинитися порушенням циркуляції теплоносія, несправністю вузлів управління, самовільним або незадовільним підімкненням нових опалювальних приладів і арматури. Перше порушення виникає в разі засмічення стояків, підведення до нагрівальних приладів, потрапляння в систему повітря, її заморожування, допущення помилок під час монтажу системи опалення, її труб, арматури, її несправності або розрегульованості.

«Заповітрявання» системи ліквідують шляхом відкриття повітроспускних кранів до тих пір, коли повітря повністю не вийде із системи. Під час розрегулювання системи опалення, що призводить до нерівномірного нагрівання приладів у різних частинах будівлі, виконують її відповідне регулювання, налагодження й доведення параметрів до нормативних. Зниження тиску в системі зазвичай ліквідують шляхом усунення витоків в обладнанні, приладах і трубопроводах.

До поточного ремонту системи водяного опалення входять: усунення витоків; замінення окремих секцій опалювальних приладів; утеплення труб і приладів; укріплення підвісок і гачків; усунення несправностей у вузлах управління; перевірення і замінення несправних контрольно-вимірювальних приладів (далі – КВП); промивання та чищення розширювальних бачків, запірної і регулювальної арматури, повітрязбірників; промивання системи

(щорічно після закінчення опалювального сезону) і її регулювання, налагодження.

Під час капітального ремонту опалювальних водяних систем перекладають трубопроводи, замінюють або ремонтують нагрівальні прилади, водонагрівачі, насоси, котли, вузли управління.

Після промивання, випробування й здавання опалювальної системи її консервують до початку нового опалювального сезону, для чого заповнюють очищеною водою з теплової мережі. Варто пам'ятати, що на літній період систему водяного опалення потрібно залишати заповненою водою, оскільки її спорожнення призводить до посилення внутрішньої корозії і висихання ущільнювача в різьбових з'єднаннях. Перед початком опалювального періоду цю воду спускають, а систему промивають, швидко замінюючи в ній воду.

На початку опалювального сезону систему водяного опалення відповідним чином регулюють. Відкривають засувки на введенні в систему і подають теплоносії з тепломережі в трубопроводи та нагрівальні прилади. Потім проходять уздовж трубопроводів, перевіряючи нагрівання нижніх точок усіх стояків. На «небезпечних» точках закривають крани, поступово домагаючись однакової температури зворотної води у всіх стояках.

Після цього досягають рівномірного нагрівання опалювальних приладів по поверххах, перекриваючи крани у перегрітих приладах. До того ж температуру встановлюють усередині секції нагрівальних приладів, найбільше віддаленої від стояка. Теплове випробування вважається завершеним, якщо температура в приміщеннях відхиляється від розрахункової в межах $1...2^{\circ}\text{C}$.

Дані щодо середніх за опалювальний період температур зовнішнього повітря й тривалості цього періоду в певному регіоні (місці) уможливають проведення відповідних розрахунків витрат тепла на роботу системи опалення та здійснення її якісного регулювання за розробленим графіком теплопостачання. Дуже важливими є розроблення й упровадження заходів щодо зниження витрат тепла, забезпечення енергозбереження в системах опалення, зокрема використання автоматичних опалювальних приладів і обладнання, виконання завдання якісної експлуатації об'єктів теплопостачання, дотримання правил і регламентів діагностування, технічного утримання, обслуговування, ремонту обладнання та приладів.

Експлуатація системи теплопостачання житлового будинку з автономною котельнею повинна забезпечувати підтримання:

- оптимальної (не нижче допустимої) температури повітря в опалювальних приміщеннях;
- температури води, що надходить і яку повертатимуть із системи опалення згідно з графіком регулювання температури води в системі опалення;
- необхідного тиску (не вище допустимого) в прямому і зворотному трубопроводах системи; – необхідної температури й тиску води на гаряче водопостачання відповідно до встановлених норм.

Тиск газу в газопроводі в приміщенні котельні не повинен перевищувати 5 кПа. Котельня експлуатується без постійного перебування обслуговувального персоналу. Стан обладнання котельні необхідно постійно контролювати, забезпечуючи її стале функціонування (не менше 1 разу на добу). За наявності системи диспетчеризації покази приладів виносяться на диспетчерський пульта. Устаткування, КВП і автоматики автономної (дахової) котельні необхідно ремонтувати за затвердженим графіком спеціалізованої теплопостачальної організації.

У разі зупинки теплогенераторів температуру повітря в приміщенні котельні необхідно підтримувати не нижчою за 10 °С. Вентиляція котельні не повинна залежати від вентиляції будівель. У разі витoku газу з приладів і апаратів, а також несправності автоматики безпеки, димарів, вентиляційних каналів, руйнування оголовків труб відповідні установки необхідно відімкнути від діючого газопроводу, установивши заглушки. Забороняється проводити роботи щодо регулювання й ремонту систем автоматизації, протиаварійного захисту та сигналізації в умовах загазованості.

Монтаж і технічна експлуатація парових систем опалення здійснюються аналогічно до таких у водяних системах. Парові системи опалення з робочим тиском до 0,07 МПа монтують за допомогою гідростатичного методу під тиском 0,25 МПа в нижній точці системи. Після цього ці системи випробують на щільність з'єднання теплопроводів, для чого в них пускають пару за робочого тиску. Після завершення випробувань перевіряють, чи не пропускають пару окремі з'єднання системи.

Водонагрівачі випробують на щільність гідростатичним тиском в 1,25 рази більшим за робочий тиск плюс 0,3 МПа для парової частини.

Усі результати випробувань оформлюють актом приймання системи парового опалення. Результати випробування теплопроводів системи вважаються задовільними, якщо під час їхнього проведення тиск не знизився і не виявлено дефекти.

ЛЕКЦІЯ 13. ВИПРОБУВАННЯ І НАЛАГОДЖЕННЯ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ СИСТЕМ

План

1. Особливості будови вентиляційних систем.
2. Основні показники роботи вентиляційних систем.
3. Випробування та операції з налагоджування 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 – $1,29 \text{ кг/м}^3$, за температури 16°C – $1,22 \text{ кг/м}^3$, а за 100°C – усього $0,95 \text{ кг/м}^3$. 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 безканальною, якщо повітря проходить тільки через відкриті прорізи в зовнішніх обгородженнях (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 витратити електроенергію. Однак аерація забезпечує тільки загальнообмінну вентиляцію і не передбачає очищення припливного та витяжного повітря.

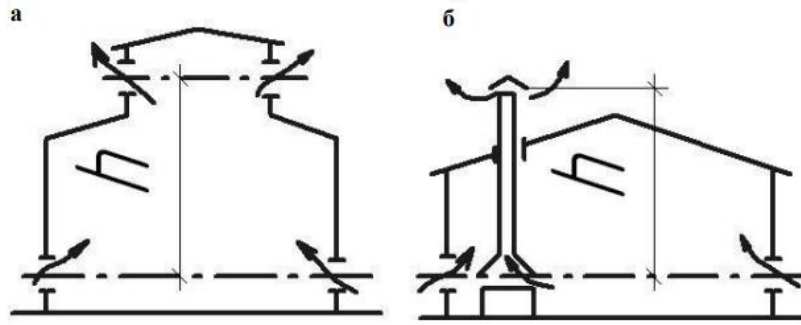


Рисунок 13.1 – Схеми систем природної вентиляції, що працюють під дією гравітаційного тиску: а – переміщення повітря через отвори в зовнішніх обгородженнях; б – те саме, через отвори й витяжну шахту

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 душення, 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 душення 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 входними дверима.

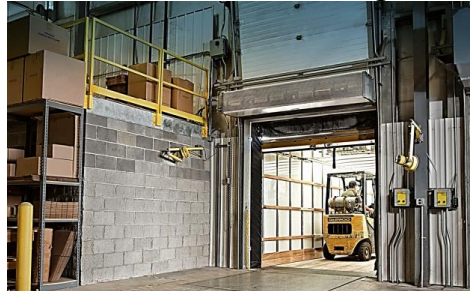


Рисунок 13.3 – Повітряно-теплова завіса

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

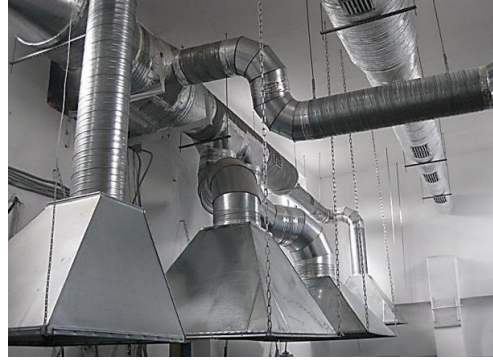


Рисунок 13.4 – Місцеві витяжні системи вентиляції

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.

3. Випробування та операції з налагоджування вентиляційних систем ***Оцінка технічного стану димоходів, газоходів, вентиляційних каналів.***

Щоб оцінити технічний стан димоходів, газоходів та вентиляційних каналів, перевіряють їхню прохідність, для чого в них опускають вантаж кулястої форми з діаметром 100...110 мм і вагою не більше ніж 2 кг. Вантаж повинен легко проходити до фундаменту каналів. Якщо в процесі опускання вантажу виявляють непереборні місцеві перешкоди, то придатність каналів перевіряється за кількістю повітря, що видаляється з них. Канали повинні забезпечувати видалення необхідної кількості повітря.

Канали також перевіряють на щільність і відокремленість. Перевірення здійснюється за допомогою диму. Якщо під час перевірення в сусідніх каналах з'являється дим, то це свідчить про їхню нещільності.

Технічний стан систем вентиляції оцінюється на підставі результатів обстеження санітарно-гігієнічного стану приміщень та параметрів роботи систем вентиляції. Обстеження санітарно-гігієнічного стану приміщень передбачає визначення температури, відносної вологості, швидкості руху й чистоти повітря (загазованості).

Обстеження проводиться за номінального завантаження устаткування після виконання всіх заходів щодо усунення дефектів, виявлених унаслідок візуального обстеження систем вентиляції. Режим роботи системи вентиляції повинен відповідати проєктній.

Для визначення температури в приміщеннях використовують таровані термометри з ціною поділки не більше ніж 0,2°C або термоанемометри. Для визначення температури повітря в робочій зоні приміщення термометри встановлюються на відстані 1,5 м від підлоги. Покази термометрів потрібно знімати не раніше ніж через 5 хв після їхнього встановлення.

Відносну вологість повітря в приміщенні вимірюють психрометром за різницею показів сухого й мокрого термометрів за допомогою спеціальних таблиць, номограм або I-d-діаграми вологого повітря.

Відносну вологість вимірюють в робочій зоні приміщення на рівні 1,5 м від підлоги. Рекомендується витримувати прилад у приміщенні після заливання його водою протягом 15 хв до початку вимірювань.

Швидкість руху повітря в приміщенні визначають термоанемометром, який встановлюють на відстані 1,5 м від підлоги.

Аналіз повітря робочих приміщень проводиться в зоні дихання, яка розташована в радіусі 0,5 м від працівника. Під час проведення аналізів 90

рекомендується використовувати газоаналізатор, що уможливило проведення відбирання проб повітря і аналізу одночасно.

Метеорологічні умови обстежують на постійних робочих місцях і в місцях можливого перебування обслуговувального персоналу. Кількість проб повітря, яке одночасно відбирають у цих точках, має становити не менше двох. У разі отримання істотної різниці результатів аналізу двох відібраних проб повітря в одній точці таке відбирання необхідно повторити.

Після проведення санітарно-гігієнічного обстеження приміщень обстежують ефективність роботи мереж повітропроводів.

Перед початком обстеження вентиляційних систем перевіряється наявність:

- пристроїв для регулювання продуктивності вентиляційних установок;
- умовного позначення й порядкового номера вентиляційної установки на кожусі вентилятора або на повітроводі;
- сіток, які запобігають потраплянню в систему сторонніх предметів, на отворах відсмоктування повітря витяжних вентиляційних систем;
- заземлення повітропроводів.

Вентилятори перевіряють на відповідність фактичного режиму їхньої роботи характеристикам за каталогом і розрахунковими даними. Щоб встановити фактичний режим роботи вентилятора, визначають кількість переміщуваного ним повітря, повний тиск, що забезпечується вентилятором, частоту обертання його колеса.

Подачу вентилятора визначають за витратою повітря в тому розрізі, у якому доцільніше проводити виміри. Повний тиск, що створюється вентилятором під час його випробування в мережі, знаходять як різницю повних тисків на нагнітанні й усмоктуванні. Тиск до й після вентилятора заміряють у площині фланцевих з'єднань патрубків вентиляторів.

Статичний, динамічний і повний тиски вимірюють мікроманометром із пневмометричною трубкою, диференціальним цифровим манометром із пневмометричною трубкою (напірною трубкою чи трубкою Піто) або іншим мікроманометром.

Аеродинамічні випробування проводять за повністю відкритих дроселювальних пристроїв, наявних як на загальному повітроводі, так і на всіх відгалуженнях від нього. Регульовальні пристрої, вбудовані в конструкції різних розподільників повітря припливних установок, повинні бути також повністю відкриті.

Під час випробування мережі визначають:

- фактичні витрати повітря в основі всіх гілок мережі, в усіх повітроприймальних і повітровипускних отворах, до й після пилоуловлювальних камер, калориферних установок;
- опір щодо витрат повітря в калориферних установках і місцевих відсмоктувальниках;
- швидкість повітря на виході з припливних отворів;
- кратність повітрообміну.

Під час технічного обслуговування димоходів, газоходів та вентиляційних каналів необхідно:

- утримувати вентиляційні канали та димоходи в технічно справному стані;
- забезпечувати герметичність і щільність димоходів, справний стан і розташування оголовка відносно даху й близько розташованих споруд і дерев поза зоною вітрового підпору;
- забезпечувати справний стан оголовків димових та вентиляційних каналів і відсутність дерев, що створюють зону вітрового підпору.

Організації, відповідальні за технічно справний стан вентиляційних каналів і димоходів, за договорами зі спеціалізованими організаціями повинні забезпечувати періодичні перевірки:

- димоходів: сезонно працюючого обладнання, що використовується перед опалювальним сезоном; цегляних – раз у три місяці; азбестоцементних, гончарних і з жаростійкого бетону – раз на рік; опалювально-варильних печей – три рази на рік (перед початком і під час опалювального сезону, а також навесні);
- вентиляційних каналів приміщень, у яких встановлені газові прилади, – не менше ніж два рази на рік (взимку і влітку).

Після кожного ремонту димоходи та вентиляційні канали необхідно перевіряти й прочищати незалежно від попереднього перевірлення та прочищення в терміни, встановлені в актах.

У зимовий період менше ніж один раз на місяць, а в районах північної будівельної-кліматичної зони – не менше ніж два рази на місяць необхідно оглядати оголовки димоходів і вентиляційних каналів, щоб уникнути їхнього обмерзання й закупорювання.

Догляд за системами вентиляції і кондиціонування будівель і споруд.
Догляд за станом систем вентиляції та кондиціонування будівлі (споруди) включає:

- систематичні спостереження;
- поточні періодичні огляди;
- загальні періодичні огляди, що здійснюються спеціальними комісіями, здебільшого два рази на рік – навесні й восени (загальні огляди);
- позачергові огляди, здійснювані спеціальними комісіями після стихійних лих (пожежі, ураганні вітри, землетруси, сильні зливи чи снігопади) або аварій, а також у разі виявлення аварійного стану систем вентиляції та кондиціонування;
- обстеження спеціалізованими організаціями.

У разі виникнення небезпечних порушень у роботі, а також інших ознак можливого прискореного руйнування систем вентиляції та кондиціонування або їхніх елементів, варто вжити заходів щодо запобігання аварійного стану систем, гарантування безпеки людей й збереження майна і звернутися в спеціалізовану організацію для проведення детального обстеження.

Якщо в процесі виконання будь-яких робіт із нагляду будуть виявлені неприпустимі дефекти або пошкодження, які загрожують безпеці людей або

збереженню майна чи грубі порушення правил експлуатації систем вентиляції та кондиціонування будівель (споруд), необхідно:

- обмежити або припинити експлуатацію аварійних ділянок і вжити заходів щодо попередження можливих нещасних випадків;
- вжити заходів щодо негайного усунення причин аварійного стану;
- забезпечити регулярне спостереження за станом пошкоджених елементів силами служби експлуатації або, за необхідності, залучити спеціалізовані організації;
- вжити заходів щодо організації кваліфікованого обстеження аварійних ділянок із залученням фахівців зі спеціалізованих організацій;
- забезпечити якнайшвидше відновлення аварійних ділянок за результатами обстеження і після отримання, за необхідності, проектнокошторисної документації.

Ремонтно-відновлювальні роботи. Технічне обслуговування систем вентиляції та кондиціонування передбачає комплекс профілактичних заходів щодо підтримання роботоздатності або справності систем загалом, їх частин, обладнання в процесі їхньої експлуатації.

Технічне обслуговування поділяється на щотижневе, регламентоване планово-попереджувальне, нерегламентоване або поточний ремонт, що виконуються за заявками співробітників служби експлуатації, зафіксованими в журналі заявок, а також усунення несправностей, виявлених в процесі повсякденної експлуатації.

Планово-попереджувальне обслуговування включає роботи, що виконуються відповідно до технічної документації в обов'язковому порядку після певного напрацювання або тимчасового інтервалу за заздалегідь затвердженим регламентом, а саме:

- замінення мастила в агрегатах, деяких значущих і легкозамінних деталей, що стали непридатними;
- періодичне технічне обслуговування за спеціальним графіком і регламентом;
- перевірка технічного стану обладнання за допомогою засобів технічної діагностики й візуально.

Роботи планово-попереджувального обслуговування зазвичай супроводжуються зупинкою системи або її частини й проводяться за спеціальним графіком.

Поточний ремонт включає роботи з чищення, регулювання, додавання мастила, замінення швидкозношуваних і легкозамінних деталей. Необхідність цих робіт виявляється під час проведення періодичних оглядів, моніторингу технічного стану за допомогою діагностичних систем і засобів технічного діагностування. Усуваються виявлені недоліки під час технологічних перерв, зазвичай без зупинки роботи систем вентиляції та кондиціонування.

Щотижневе технічне обслуговування передбачає усунення незначних несправностей:

- регулювання триходових кранів;
- дрібний ремонт теплоізоляції;

- розбирання й очищення грязьовиків повітрозбірників;
- зміцнення трубопроводів і повітроводів;
- ревізія підшипникових вузлів;
- перевірення заземлення електрокабелів, замірювання опору ізоляції проводів;
- підживлення систем холодопостачання розчином етиленгліколю й водою.

Під час проведення щоденних оглядів необхідно усунути несправності, що можна зробити під час проведення огляду. Порушення встановленого режиму роботи або виведення з ладу обладнання та приладів передбачають:

- замінення або очищення повітряних фільтрів, фільтрувальних елементів;
- підтягування ременів;
- перевірення наявності тяги в повітроводах;
- перевірення заземлення обладнання (насоси, вентилятори);
- усунення несправностей.

ЛЕКЦІЯ 14. НАЛАГОДЖЕННЯ СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

План

1. Особливості будови систем кондиціонування повітря.
2. Основні показники роботи систем кондиціонування повітря.

1. Особливості будови систем кондиціонування повітря

Кондиціонування 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.

Кондиціонування повітря забезпечується комплексом технічних засобів, які становлять систему кондиціонування 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, парою 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 «теплового 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 прямоструминними 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.

Поршковий компресор – це компресор об'ємного типу, що містить один або кілька поршнів, які переміщуються прямолінійно й поступально в циліндрах. Поршкові компресори поділяються на прямотечіїні, у яких усмоктувальний і нагнітальний клапани розташовані в кришці циліндра, і протитечіїні, 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, м^2 ; маса, кг; габаритні розміри, м; рівень шуму (з урахуванням шуму вентиляторів), дБ; надійність. Ефективність теплообмінних апаратів оцінюють за допомогою таких показників: коефіцієнта теплопередачі, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$; питомого теплового навантаження, $\text{Вт}/\text{м}^2$; гідравлічного опору, Па; питомої матеріаломісткості, $\text{кг}/\text{Вт}$; питомого

габаритного об'єму (відношення добутку габаритних розмірів до продуктивності), $\text{м}^3/\text{кВт}$.

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 кожухотрунні, панельні, з оребреними трубами.

Кожухотрунні 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 $\text{м}^3/\text{год}$ повітря, конденсатора – 300...370 $\text{м}^3/\text{год}$. 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 %.

2. Основні показники роботи систем кондиціонування повітря

Основні показники роботи систем кондиціонування повітря (СКП) – це сукупність параметрів, які визначають ефективність пристрою та якість створеного мікроклімату. До них відносяться фізичні властивості повітря, енергетичні коефіцієнти та експлуатаційні характеристики.

Для зручності вони поділяються на дві категорії: параметри мікроклімату та технічні показники самого обладнання.

1. Параметри мікроклімату (якість повітря). Це показники середовища, які кондиціонер підтримує в приміщенні:

- Температура повітря (t , °C): Оптимальна температура для людини влітку становить 19-23°C).

- Відносна вологість (ϕ , %): Нормальний рівень вологості в житлових приміщеннях коливається в межах 30-80 %.

Швидкість руху повітря (v , м/с): Для комфортного стану цей показник не повинен перевищувати 0,2-0,3 м/с, щоб уникнути протягів.

Чистота повітря: Кількість пилу, алергенів і шкідливих домішок, яка регулюється системою фільтрації (наприклад, HEPA-фільтри).

Концентрація вуглекислого газу CO₂, ppm): Визначає рівень свіжості; сучасні кондиціонери часто інтегрують з припливною вентиляцією для подачі кисню.

2. Технічні показники роботи. Це характеристики, які визначають продуктивність, потужність та економічність приладу:

- Холодопродуктивність / Теплопродуктивність (Q , кВт): Кількість тепла, яку кондиціонер забирає з приміщення (охолодження) або віддає йому (обігрів).

- Споживана електрична потужність (W , кВт): Кількість електроенергії, яку пристрій споживає з мережі під час роботи.

- Клас енергоефективності: Визначається співвідношенням виданої потужності до спожитої. Маркується літерами від A+++ (найвищий клас) до G.

- Коефіцієнт EER (Energy Efficiency Ratio): Енергоефективність в режимі охолодження. Розраховується як відношення холодопродуктивності до спожитої потужності.

- Коефіцієнт COP (Coefficient of Performance): Енергоефективність в режимі обігріву. Визначається як відношення теплопродуктивності до спожитої електроенергії.

- Витрата (об'ємна продуктивність) повітря (L , м³/год): Кількість повітря, яку вентилятор внутрішнього блоку пропускає через випарник за одиницю часу.

3. Експлуатаційні показники. Впливають на комфорт використання в процесі експлуатації:

- Рівень шуму (L_p , дБ): Вимірюється окремо для внутрішнього (тихий, 19-30 дБ) та зовнішнього блоків (голосніший, 45-60 дБ).

- Робочий тиск в системі: Тиск холодоагенту (фреону) в магістралі, який перевіряється під час обслуговування (наприклад, перегрів або переохолодження).

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. Загальський, П.А. Овчінніков: 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**
Частина 2
**Особливості роботи та налагодження
теплоенергетичного обладнання**
КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

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
