

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до проведення практичних занять та організації самостійної роботи
з навчальної дисципліни

«ОРГАНІЗАЦІЙНІ ТА ТЕХНІЧНІ МЕТОДИ
ДІАГНОСТИКИ СИСТЕМ
ТЕПЛОГАЗОПОСТАЧАННЯ, ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА
КОНДИЦІОНУВАННЯ»

*(для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти всіх форм
навчання зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія,
галузізнань 19 – Архітектура та будівництво,
освітня програма «Цивільна інженерія»)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2025

Методичні рекомендації до проведення практичних занять та організації самостійної роботи з навчальної дисципліни «Організаційні та технічні методи діагностики систем теплогазопостачання, вентиляції та кондиціонування» (для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти всіх форм навчання зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія, галузі знань 19 – Архітектура та будівництво, освітня програма «Цивільна інженерія») / С. В. Романенко, С. В. Павловський, О. М. Міланко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2025. – 42 с.

Укладачі: ст. викл. С. В. Романенко,
канд. техн. наук, доц. С. В. Павловський,
канд. техн. наук, доц. О. М. Міланко

Рецензент

Р. Б. Ткаченко, кандидат технічних наук, доцент кафедри теплогазопостачання і вентиляції Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

*Рекомендовано кафедрою теплогазопостачання і вентиляції,
протокол № 5 від 12.12.2024*

ЗМІСТ

1 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА НОРМАТИВНА БАЗА ДІАГНОСТИКИ СИСТЕМ ТЕПЛОГАЗОПОСТАЧАННЯ, ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА КОНДИЦІЮВАННЯ.....	5
ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 1.....	7
2 КЛАСИФІКАЦІЯ СИСТЕМ ТЕПЛОГАЗОПОСТАЧАННЯ, ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА КОНДИЦІЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ ЇХНІХ ВРАЗЛИВИХ МІСЦЬ.....	7
ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 2.....	10
3 ОРГАНІЗАЦІЙНІ АСПЕКТИ ДІАГНОСТИКИ СИСТЕМ ТЕПЛОГАЗОПОСТАЧАННЯ, ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА КОНДИЦІЮВАННЯ.....	11
ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 3.....	12
4 ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ДІАГНОСТИКИ ТЕПЛОПОСТАЧАЛЬНИХ СИСТЕМ.....	12
ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 4.....	15
5 МЕТОДИ ДІАГНОСТИКИ ТА ТЕХНІЧНИЙ КОНТРОЛЬ СИСТЕМ ГАЗОПОСТАЧАННЯ.....	16
ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 5.....	19
6 МЕТОДИ ДІАГНОСТИКИ ТА ТЕХНІЧНИЙ КОНТРОЛЬ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ.....	19
ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 6.....	21
7 ДІАГНОСТИКА СИСТЕМ КОНДИЦІЮВАННЯ ПОВІТРЯ: КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРІВ ТА ВИЯВЛЕННЯ НЕСПРАВНОСТЕЙ....	22
ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 7.....	25
8 ВИКОРИСТАННЯ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ МЕТОДІВ І СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ МОНІТОРИНГУ В ДІАГНОСТИЦІ.....	26
ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 8.....	30

9 ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ ТА МОНІТОРИНГУ СИСТЕМ ТЕПЛОГАЗОПОСТАЧАННЯ З ВИЯВЛЕННЯМ АВАРІЙНИХ РЕЖИМІВ.....	31
ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 9.....	33
10 ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СИСТЕМ ТЕПЛОГАЗОПОСТАЧАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ТРЕНДОВОГО АНАЛІЗУ ТА ЦИФРОВИХ ДВІЙНИКІВ.....	34
ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 10.....	36
11 КОМПЛЕКСНИЙ КОНТРОЛЬ СТАНУ СИСТЕМ І ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ДІАГНОСТИЧНИХ РОБІТ.....	37
ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 11.....	39
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	40

1 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА НОРМАТИВНА БАЗА ДІАГНОСТИКИ СИСТЕМ ТЕПЛОГАЗОПОСТАЧАННЯ, ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА КОНДИЦІЮВАННЯ

Мета заняття: ознайомити з предметом і завданнями дисципліни; пояснити значення діагностики для забезпечення надійності та енергоефективності систем; розглянути основні нормативні документи (ДБН, ДСТУ, EN, ISO), які регламентують діагностичні процеси; сформулювати базове уявлення про поняття «діагностика», «дефект», «відмова», «прогнозування ресурсу».

Теоретичні положення. Дисципліна «Організаційні та технічні методи діагностики систем теплогазопостачання, вентиляції та кондиціювання» є важливою складовою підготовки інженера у галузі будівництва та теплотехніки. Її вивчення формує у студентів розуміння ролі діагностики в забезпеченні надійної та безпечної експлуатації інженерних систем будівель.

Основна увага приділяється методам контролю, оцінки та прогнозування технічного стану систем теплогазопостачання, вентиляції та кондиціювання. Головні завдання дисципліни – навчити виявляти та аналізувати дефекти, визначати причини відмов, оцінювати вплив відхилень на функціонування систем, а також пропонувати заходи щодо підвищення їхньої надійності та ефективності.

Діагностика дозволяє своєчасно виявляти пошкодження і дефекти, які на перший погляд можуть не впливати на роботу системи, але з часом призводять до її відмови. Вона є ключовим інструментом у запобіганні аваріям, зменшенні енергетичних втрат та оптимізації витрат на експлуатацію.

Усі процеси діагностики регламентуються нормативно-правовими актами та стандартами. В Україні це, насамперед:

- ДБН В.2.5 – норми, що регулюють проєктування та експлуатацію систем теплогазопостачання, вентиляції та кондиціювання;

- ДСТУ – державні стандарти, які визначають вимоги до методів вимірювань, перевірок та випробувань;
- EN та ISO – міжнародні стандарти, що встановлюють уніфіковані підходи до діагностики, метрології та контролю якості. Дотримання нормативної бази гарантує не лише надійність функціонування систем, але і їх відповідність європейським стандартам безпеки та енергоефективності.

Діагностика – сукупність методів і засобів визначення технічного стану системи з метою виявлення дефектів, прогнозування відмов та оцінки залишкового ресурсу.

Дефект – будь-яке відхилення параметрів чи характеристик системи від норми, що може знижувати ефективність її роботи.

Відмова – повна або часткова втрата системою здатності виконувати задані функції.

Прогнозування ресурсу – оцінка часу або обсягів роботи, протягом яких система зможе безвідмовно функціонувати до настання критичного стану.

Основна частина.

Під час заняття студенти аналізують практичне значення діагностики для різних систем інженерного забезпечення будівель. Розглядаються приклади типових дефектів, що можуть виникати у процесі експлуатації:

- у системах теплогазопостачання – корозія трубопроводів, утворення накипу в теплообмінниках, негерметичність стиків;
- у системах вентиляції – засмічення повітропроводів, зниження продуктивності вентиляторів, розбалансування мережі;
- у системах кондиціонування – витіки холодоагенту, зношування компресорів, засмічення фільтрів.

Кожен із наведених дефектів впливає на енергоефективність системи (збільшення витрат енергії), надійність (зростання імовірності аварійної зупинки) та економічні показники (підвищення експлуатаційних витрат).

Далі проводиться обговорення ролі нормативних документів у процесі діагностики. Студенти ознайомлюються з базовими вимогами щодо перевірки систем, періодичністю контролю та методами фіксації результатів. Практична увага зосереджується на необхідності уніфікації термінів і методів, що забезпечується застосуванням міжнародних стандартів EN та ISO.

ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 1

Теоретичні питання

1. Які завдання вирішує діагностика систем теплогазопостачання, вентиляції та кондиціювання?
2. У чому полягає значення діагностики для підвищення надійності та енергоефективності систем?
3. Які нормативні документи (ДБН, ДСТУ, EN, ISO) регламентують процеси діагностики?
4. Подайте визначення понять «дефект», «відмова», «прогнозування ресурсу».
5. Наведіть приклади дефектів у системах вентиляції чи теплогазопостачання та поясніть їхні можливі наслідки.

2 КЛАСИФІКАЦІЯ СИСТЕМ ТЕПЛОГАЗОПОСТАЧАННЯ, ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА КОНДИЦІЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ ЇХНІХ ВРАЗЛИВИХ МІСЦЬ

Мета заняття: ознайомити із загальними характеристиками систем теплогазопостачання, вентиляції та кондиціювання; вивчити класифікацію систем теплопостачання (централізованих та децентралізованих); розглянути склад і принцип дії систем газопостачання; надати уявлення про типи вентиляційних і кондиціонерних установок; проаналізувати вразливі місця та потенційні дефекти інженерних систем.

Теоретичні положення. Системи теплогазопостачання, вентиляції та кондиціонування є обов'язковими складовими інженерного обладнання будівель. Вони забезпечують комфортні та безпечні умови для перебування людей, а також надійну роботу обладнання. Їх ефективність визначається правильним проєктуванням, монтажем і своєчасним обслуговуванням.

Теплопостачання

Централізоване теплопостачання: подача теплової енергії здійснюється від центральних джерел (ТЕЦ, котелень) через теплові мережі; характеризується високим рівнем регламентації, але потребує значних витрат на транспорт і має ризики втрат енергії під час транспортування.

Децентралізоване теплопостачання: подача теплової енергії здійснюється від автономних джерел тепла (індивідуальні котли, теплові насоси), забезпечує більшу гнучкість, проте вимагає регулярної діагностики й контролю стану обладнання.

Система газопостачання

Система включає джерело газу (магістральні мережі, газгольдери), розподільчі газопроводи, запірну й регулюючу арматуру, а також кінцеві газові прилади. Принцип дії полягає у безперебійному та безпечному транспортуванні газу до споживача. Важливе значення має контроль герметичності та запобігання витокам.

Система вентиляції та кондиціонування

Вентиляція забезпечує подачу свіжого повітря, видалення забрудненого та підтримку оптимального складу повітряного середовища.

Природна вентиляція – здійснюється за рахунок різниці температур і тиску зовнішнього та внутрішнього повітря. Її перевага – енергонезалежність, недолік – нестабільність роботи залежно від погоди.

Механічна вентиляція – подача та видалення повітря відбувається завдяки вентиляторам. Забезпечує регульованість повітрообміну, можливість очищення, підігріву чи охолодження повітря.

Комбінована вентиляція – поєднує природну та механічну для досягнення оптимального результату.

За призначенням вентиляція може бути:

- **припливною** (подає свіже повітря у приміщення);
- **витяжною** (видаляє відпрацьоване повітря);
- **припливно-витяжною** (забезпечує балансований повітрообмін).

Кондиціонування – це регулювання не лише кількості повітря, а і його параметрів – **температури, вологості, чистоти та швидкості руху**.

Типи систем.

Автономні системи (спліт- та мультиспліт-системи). Використовуються в житлових і невеликих комерційних приміщеннях.

Централізовані системи (чилери з фанкойлами, дахові кондиціонери). Застосовуються у великих будівлях, торгових центрах, на виробництвах.

Прецизійні системи. Призначені для об'єктів із підвищеними вимогами до параметрів мікроклімату (серверні кімнати, лабораторії).

Вразливі місця кондиціонерів: виток холодоагенту, зношування компресорів, засмічення фільтрів, вихід із ладу системи керування.

Вразливі місця та потенційні дефекти:

1. У **системах теплопостачання**: утворення накипу в теплообмінниках, корозія труб, витоки теплоносія, погана теплоізоляція.
2. У **газопостачанні**: витоки газу, зношування ущільнень, засмічення фільтрів, пошкодження арматури.
3. У **вентиляції**: зниження продуктивності вентиляторів, засмічення повітропроводів, розбалансування системи.
4. У **кондиціюванні**: витік холодоагенту, зношування компресорів, засмічення фільтрів, проблеми з електронними модулями керування.

Основна частина. Під час заняття студенти повинні порівняти централізовані та децентралізовані системи теплопостачання за критеріями: надійність, енергоефективність, вартість експлуатації, складність діагностики. Проаналізувати склад систем газопостачання. Звернути увагу на вузли, що

найчастіше піддаються дефектам (ущільнення, арматура, лічильники, фільтри). Детально розглянути класифікацію вентиляційних систем. Пояснити відмінність природної та механічної вентиляції. Обговорити переваги та недоліки припливних, витяжних і припливно-витяжних систем. Навести приклади застосування різних схем у житлових, промислових і громадських будівлях.

Вивчити типи кондиціонерних установок. Обговорити сфери використання автономних, централізованих та прецизійних систем. Проаналізувати характерні дефекти: від зниження продуктивності до повної відмови системи. Звернути увагу на вплив дефектів на енергоефективність та якість повітря у приміщеннях. Скласти перелік вразливих місць для кожного типу системи (теплопостачання, газопостачання, вентиляції, кондиціонування) та визначити можливі наслідки їхньої відмови: від погіршення комфорту до аварійних ситуацій.

Таким чином, у процесі роботи студенти засвоюють не лише теоретичну класифікацію, а й формують практичне розуміння того, де і чому найчастіше виникають проблеми в інженерних системах будівель. Це є основою для подальшого вивчення методів діагностики.

ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 2

Теоретичні питання

1. Які основні відмінності централізованих і децентралізованих систем теплопостачання?
2. Опишіть склад системи газопостачання та принцип її роботи.
3. Які типи вентиляційних установок ви знаєте? У чому різниця між природною та механічною вентиляцією?
4. Які бувають типи систем кондиціонування і де вони застосовуються?
5. Назвіть характерні вразливі місця та дефекти систем теплопостачання, газопостачання, вентиляції й кондиціонування.

3 ОРГАНІЗАЦІЙНІ АСПЕКТИ ДІАГНОСТИКИ СИСТЕМ ТЕПЛОГАЗОПОСТАЧАННЯ, ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА КОНДИЦІОНУВАННЯ

Мета заняття: ознайомити з рівнями та етапами проведення діагностики інженерних систем; сформулювати розуміння принципів організації діагностичних робіт в експлуатаційних організаціях; розглянути порядок документування результатів діагностики; пояснити значення планово-попереджувального обслуговування (ППР) у забезпеченні надійної роботи систем.

Теоретичні положення. Діагностика інженерних систем проводиться в три етапи:

1. Первинна діагностика – огляд нових систем після монтажу або модернізації.
2. Періодична діагностика – регламентовані перевірки під час експлуатації.
3. Позачергова діагностика – у випадках виявлення несправностей чи аварійних ситуацій.

Організація діагностичних робіт в експлуатаційних організаціях виконується згідно з планами технічного обслуговування, яке включає формування бригад і розподіл обов'язків, використання спеціального обладнання та приладів, контроль якості виконаних робіт, забезпечення безпеки персоналу та користувачів.

За результатами діагностичних робіт оформлюються акти огляду, протоколи вимірювань, звіти із висновками та рекомендаціями, графіки подальших перевірок. Правильне документування дозволяє створити базу даних для подальшого аналізу технічного стану систем.

ППР – це комплекс заходів, спрямованих на попередження відмов і продовження терміну експлуатації систем. До головних завдань ППР належать:

- вчасне виявлення дефектів;
- проведення дрібного ремонту до настання серйозних відмов;
- підтримка систем у працездатному стані;
- зниження аварійності та експлуатаційних витрат.

Основна частина. Під час заняття студенти виконують аналіз рівня діагностики та наводять приклади, коли застосовується первинна, періодична та позачергова діагностика. Студенти розглядають порядок організації діагностичних робіт у реальних експлуатаційних організаціях: як формуються бригади, які прилади використовуються, хто відповідає за результати. Ознайомлюються з типовими документами (акти, протоколи, звіти) та вчаться складати короткий зразок акту огляду. Обговорюють значення ППР, розглядаючи приклади, коли своєчасне технічне обслуговування дозволяє уникнути аварій чи значних витрат. Роблять висновки про значення системної організації діагностики як ключового елемента надійної експлуатації інженерних систем.

ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 3

Теоретичні питання

1. Які бувають рівні діагностики і чим вони відрізняються?
2. Назвіть основні етапи проведення діагностики.
3. Як організовуються діагностичні роботи у експлуатаційних організаціях?
4. Які документи оформляються за результатами діагностики?
5. У чому полягає значення планово-попереджувального обслуговування (ППР)?

4 ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ДІАГНОСТИКИ ТЕПЛОПОСТАЧАЛЬНИХ СИСТЕМ

Мета заняття: ознайомити з теоретичним матеріалом і набути практичних навичок щодо застосування методів діагностики теплопостачальних систем для оцінки їх технічного стану та виявлення тепловтрат.

Теоретичні положення. Гідравлічні випробування застосовуються для перевірки герметичності трубопроводів, арматури та вузлів теплових мереж.

Вони дозволяють виявити дефекти в системі до її введення в експлуатацію або під час профілактичного обслуговування.

Основні етапи випробувань:

- підготовка системи (відключення, очищення, закриття відводів);
- заповнення водою та видалення повітря;
- поступове підвищення тиску до робочого та контрольного рівня;
- фіксація зміни тиску та візуальна перевірка на наявність протікань.

Результати випробувань оцінюють за нормами ДБН та ДСТУ, визначаючи допустимі величини падіння тиску та критерії герметичності.

Тепловізійний контроль – метод неруйнівного контролю, що дозволяє візуалізувати розподіл температури на поверхні елементів системи.

Використовують тепловізори для виявлення:

- місць підвищених тепловтрат через огорожувальні конструкції;
- неправильної роботи ізоляції трубопроводів;
- ділянок перегріву або недостатнього нагріву.

Перевага методу – швидке виявлення проблем без демонтажу конструкцій і з мінімальними витратами часу.

Контроль температури і тиску в теплопостачальних системах є базовим для оцінки їхньої ефективності та безпеки експлуатації. Температурні характеристики визначаються за допомогою контактних термометрів або датчиків, а також тепловізійними приладами. Тискові характеристики перевіряють манометрами та датчиками тиску для визначення стабільності роботи системи. Вимірювання дозволяє виявити перевантаження, засмічення трубопроводів або недостатню продуктивність насосів.

Тепловтрати системи можуть відбуватися через:

- неякісну ізоляцію трубопроводів;
- тріщини або дефекти арматури;
- нещільності в з'єднаннях або вузлах.

Виявлення тепловтрат дозволяє підвищити енергоефективність системи, знизити витрати на опалення та уникнути аварійних ситуацій.

Практичне застосування цих методів дозволяє отримати комплексну інформацію про технічний стан теплопостачальної системи, визначити місця потенційних проблем і запобігти непередбачуваним аваріям.

Основна частина. Перед виконанням практичних вимірювань студентам необхідно ознайомитися з об'єктом дослідження, технічними характеристиками системи та правилами безпеки. На цьому етапі виконуються такі дії:

- ознайомлення з планом теплопостачальної системи, схемами трубопроводів та вузлів;
- перевірка наявності та справності контрольно-вимірювальних приладів (термометри, манометри, тепловізор);
- перевірка герметичності системи перед початком випробувань.

Проведення гідравлічних випробувань

1. Закривають всі запірні пристрої і заповнюють систему водою, видаляючи повітря.
2. Поступово підвищують тиск до робочого рівня та витримують його певний час для стабілізації.
3. Фіксують зміни тиску на манометрах і перевіряють наявність протікань.
4. Виявлені дефекти документуються (місце протікання, ступінь витоку, ймовірна причина).

Результат: визначається герметичність системи та її готовність до експлуатації.

Виконання тепловізійного контролю:

1. Тепловізором сканують поверхні трубопроводів, арматури та теплоізоляційних матеріалів.
2. Виявляють ділянки з підвищеною або зниженою температурою.
3. Порівнюють отримані дані з нормативними температурами та визначають місця потенційних тепловтрат.
4. Фіксують результати у вигляді теплових зображень з коментарями.

Результат: ідентифікація проблемних ділянок системи, що потребують усунення дефектів або посилення ізоляції.

Вимірювання температурних і тискових характеристик:

1. Встановлюють контактні термометри або датчики на ключових ділянках системи (вхід / вихід котла, опалювальні стояки).
2. Виконують послідовні вимірювання температури та тиску в різних точках системи.
3. Результати заносять до таблиць для подальшого аналізу та порівняння з проєктними параметрами.
4. Аналізують стабільність роботи системи та відповідність фактичних показників нормативам.

Результат: оцінка теплового режиму та робочого тиску системи, виявлення відхилень від норм.

Методи виявлення тепловтрат:

1. На підставі даних тепловізійного контролю та вимірювань температури визначають ділянки, де відбуваються значні тепловтрати.
2. Використовують розрахункові методи для кількісної оцінки втрат тепла.
3. Пропонуються заходи щодо зменшення тепловтрат: додаткова ізоляція, ремонт вузлів, оптимізація роботи насосного обладнання.

Результат: розробка рекомендацій для підвищення енергоефективності системи та зниження експлуатаційних витрат.

ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 4

Теоретичні питання

1. Які основні цілі та завдання гідравлічних випробувань теплопостачальних систем?
2. У чому полягає принцип тепловізійного контролю та які проблеми він дозволяє виявити в системах теплопостачання?

3. Які прилади використовуються для вимірювання температурних і тискових характеристик систем і як інтерпретуються отримані дані?

4. Які основні причини виникнення тепловтрат у теплопостачальних системах і якими методами їх можна виявити?

5. Як результати проведених вимірювань і випробувань використовуються для підвищення енергоефективності та безпеки роботи систем теплопостачання?

5 МЕТОДИ ДІАГНОСТИКИ ТА ТЕХНІЧНИЙ КОНТРОЛЬ СИСТЕМ ГАЗОПОСТАЧАННЯ

Мета заняття: закріпити теоретичні знання та набути практичних навичок щодо діагностики систем газопостачання, зокрема виявлення витоків газу, контролю герметичності та міцності трубопроводів, роботи з газоаналізаторами, а також перевірки технічного стану запірної та регулюючої арматури.

Теоретичні положення. Системи газопостачання потребують постійного контролю технічного стану з метою забезпечення їх безпечної та безперебійної роботи. Одним із ключових напрямів обслуговування є діагностика, яка дозволяє виявити пошкодження, витoki та інші несправності ще на ранніх стадіях.

Методи пошуку витоків газу

Витoki газу є найнебезпечнішим порушенням у роботі систем. Для їх виявлення застосовують:

1. Візуальний контроль – огляд місць з'єднань та стиків трубопроводів на наявність пошкоджень чи запаху газу.

2. Пінний метод – нанесення мильного розчину на підозрілі ділянки, при наявності витoku утворюються бульбашки.

3. Газоаналізатори – спеціальні прилади, що дозволяють точно визначити концентрацію газу в повітрі навіть при мікровитоках.

Контроль герметичності та міцності трубопроводів

Герметичність і міцність є головними умовами надійної роботи газових мереж. Для їх перевірки застосовують:

1. Гідравлічні випробування – наповнення трубопроводів водою під тиском для визначення міцності.
2. Пневматичні випробування – подача стисненого повітря чи інертного газу для перевірки герметичності з'єднань.
3. Манометричний метод – контроль падіння тиску в системі протягом певного часу.

Використання газоаналізаторів

Газоаналізатори дозволяють проводити контроль повітряного середовища у приміщеннях і навколо газопроводів. Основні типи приладів:

1. Портативні – використовуються для оперативного контролю персоналом.
2. Стаціонарні – встановлюються на об'єктах і здійснюють безперервний моніторинг концентрацій газу. Газоаналізатори підвищують точність та безпеку діагностичних робіт.

Перевірка стану запірної та регулюючої арматури

Запірна й регулююча арматура забезпечує безпечну експлуатацію систем газопостачання. Перевірці підлягають:

1. Легкість обертання засувки, вентилів та кранів.
2. Герметичність у закритому стані.
3. Відсутність пошкоджень та корозії.

Своєчасна діагностика арматури знижує ризик аварійних ситуацій та витоків газу.

Основна частина. Під час виконання практичної роботи студенти набувають навичок виявлення витоків газу, перевірки герметичності трубопроводів, роботи з газоаналізаторами та оцінки технічного стану запірної й регулюючої арматури.

Виявлення витоків газу

Студенти проводять пошук витоків за допомогою пінного методу: на з'єднання трубопроводу наноситься мильний розчин і ведуться спостереження за появою бульбашок. Для підвищення точності застосовується переносний газоаналізатор, яким фіксується концентрація газу в повітрі.

Контроль герметичності та міцності трубопроводів

Для перевірки на герметичність використовується манометричний метод: у систему подається стиснене повітря або інертний газ, після чого спостерігається зміна тиску протягом певного часу. Зменшення тиску свідчить про негерметичність. У разі проведення випробувань на міцність застосовується підвищений тиск, що дозволяє перевірити стійкість трубопроводів до навантажень.

Використання газоаналізаторів

Студенти вчаться працювати з портативними газоаналізаторами, ознайомлюються з їхньою будовою та принципом роботи. Виконується серія вимірювань у контрольних точках системи газопостачання для визначення рівня безпеки. Особлива увага звертається на зони можливих витоків – стики, фланці, з'єднання.

Перевірка стану запірної та регулюючої арматури

Під час практичної роботи перевіряється працездатність запірної арматури: легкість відкривання і закривання, герметичність у закритому положенні, відсутність сторонніх шумів чи пошкоджень. Також оцінюється технічний стан регулюючих елементів – вентилів, засувки, кранів.

Таким чином, у ході заняття студенти закріплюють знання з діагностики систем газопостачання та відпрацьовують практичні навички, необхідні для безпечної експлуатації газових мереж.

ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 5

Теоретичні питання

1. Які основні методи пошуку витоків газу застосовуються в системах газопостачання?
2. У чому полягає різниця між гідравлічними та пневматичними випробуваннями трубопроводів?
3. Які типи газоаналізаторів використовуються на практиці та які їхні основні функції?
4. Які вимоги висуваються до перевірки герметичності та технічного стану запірної і регулюючої арматури?
5. Чому своєчасна діагностика систем газопостачання є критично важливою для безпеки експлуатації?

6 МЕТОДИ ДІАГНОСТИКИ ТА ТЕХНІЧНИЙ КОНТРОЛЬ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ

Мета заняття: набути знань і практичних навичок із діагностики систем вентиляції, зокрема визначення повітрообміну, перевірки аеродинамічних характеристик, балансування вентиляційних мереж та виявлення засмічень і дефектів у повітроводах.

Теоретичні положення. Повітрообмін визначається шляхом вимірювання об'єму повітря, що подається або видаляється системою вентиляції. Для визначення об'єму застосовуються:

- 1) анемометри (крильчасті, термоанемометри) для вимірювання швидкості повітря;
- 2) метод кратності повітрообміну – розрахунок кількості змін повітря у приміщенні за годину;
- 3) газові або димові трасери для визначення руху повітряних потоків.

Аеродинамічні характеристики системи визначаються тиском, швидкістю та витратою повітря. Для перевірки застосовують:

- манометри (для вимірювання перепаду тиску);

- трубки Піто;
- тахоанемометри.

Дані вимірювань дозволяють оцінити ефективність роботи вентиляторів і відповідність системи проєктним параметрам.

Балансування вентиляційної мережі полягає у регулюванні витрат повітря по окремих гілках системи для досягнення рівномірного розподілу. Для цього застосовують:

- дросельні заслонки;
- регулювальні клапани;
- пристрої автоматичного балансування.

Стан повітропроводів суттєво впливає на ефективність роботи системи. Основні методи виявлення засмічень та дефектів у повітропроводах складається з візуального огляду внутрішніх поверхонь за допомогою ендоскопів, проведення замірів перепадів тиску для непрямого визначення засмічень, застосування акустичних методів для виявлення дефектів та нещільностей.

Основна частина. У процесі виконання практичної роботи студенти здобувають практичні навички діагностики систем вентиляції. Основна увага приділяється визначенню параметрів повітрообміну, перевірці аеродинамічних характеристик, балансуванню вентиляційних мереж та виявленню можливих засмічень і дефектів у повітропроводах.

Визначення повітрообміну

Студенти виконують вимірювання швидкості руху повітря у вентиляційних каналах за допомогою анемометрів. На підставі цих даних обчислюється витрата повітря та визначається кратність повітрообміну у приміщенні. Для оцінки напрямку та рівномірності розподілу потоків можуть застосовуватися димові трубки чи газові трасери.

Перевірка аеродинамічних характеристик

За допомогою манометрів, трубок Піто та інших приладів здійснюється вимірювання тиску та швидкості повітря на різних ділянках мережі. Отримані результати порівнюються з проєктними даними, що дозволяє визначити

ефективність роботи вентиляторів та виявити можливі відхилення від нормативних показників.

Балансування вентиляційної мережі

Під час роботи виконується регулювання витрат повітря по окремих гілках системи з використанням дросельних заслонок та регулювальних клапанів. Студенти спостерігають, як змінюється розподіл повітря при регулюванні, та вчаться досягати збалансованої роботи мережі відповідно до вимог експлуатації.

Виявлення засмічень та дефектів у повітроводах

Практичні навички включають перевірку стану повітропроводів. Використовуються як візуальні методи (ендоскопічний огляд внутрішніх поверхонь), так і непрямі (аналіз перепаду тиску, акустичні методи). Це дозволяє виявити відкладення пилу, сторонні предмети чи пошкодження, що знижують ефективність роботи системи.

Таким чином, під час практичного заняття студенти навчаються застосовувати інструменти й методики діагностики для оцінки технічного стану систем вентиляції та набувають досвіду, необхідного для їх безпечної та ефективної експлуатації.

ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 6

Теоретичні питання

1. Які методи використовують для визначення повітрообміну у приміщеннях?
2. Які прилади застосовують для вимірювання аеродинамічних характеристик систем вентиляції?
3. У чому полягає суть балансування вентиляційної мережі та які засоби для цього використовуються?
4. Які ознаки можуть свідчити про наявність засмічень або дефектів у повітроводах?
5. Чому регулярна діагностика систем вентиляції є важливою для безпеки та ефективності їх експлуатації?

7 ДІАГНОСТИКА СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ: КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРІВ ТА ВИЯВЛЕННЯ НЕСПРАВНОСТЕЙ

Мета заняття: закріпити знання та сформувати практичні навички щодо діагностики систем кондиціонування повітря, зокрема контролю температурно-вологісних параметрів, вимірювання витрат холодоагенту, виявлення витоків і дефектів компресорів, а також проведення енергоаудиту систем.

Теоретичні положення. Системи кондиціонування повітря забезпечують підтримання оптимальних параметрів мікроклімату у приміщеннях, створюючи комфортні умови для роботи та відпочинку людей. Ефективність їх функціонування визначається правильністю налаштувань, технічним станом обладнання та своєчасною діагностикою. Діагностичні роботи спрямовані на виявлення відхилень у роботі системи, попередження аварій та підвищення її енергоефективності.

Якість роботи систем кондиціонування оцінюється, насамперед, за параметрами повітря, що подається у приміщення. Температура і відносна вологість мають відповідати санітарним нормам та вимогам щодо комфортного мікроклімату. Для визначення цих параметрів використовуються:

- термометри (ртутні, електронні, інфрачервоні) для визначення температури повітря;
- психрометри та гігрометри для визначення відносної вологості;
- автоматизовані системи моніторингу, що дозволяють здійснювати безперервний контроль мікрокліматичних параметрів у режимі реального часу. Відхилення температури чи вологості від нормативних значень може свідчити про несправність системи або неправильну роботу її окремих елементів.

Холодоагент є робочою речовиною у системах кондиціонування, яка забезпечує відведення тепла. Витрата та кількість холодоагенту безпосередньо впливають на ефективність роботи системи. Діагностика охоплює такі напрями:

- вимірювання тиску у системі за допомогою манометричних колекторів;

- контроль маси холодоагенту при заправці системи ваговими методами;
- використання електронних витратомірів, які забезпечують точний облік подачі робочої речовини.

Надлишок холодоагенту створює додаткове навантаження на компресор і знижує ефективність роботи, тоді як нестача призводить до погіршення тепловідведення та підвищення енергоспоживання.

Компресор є «серцем» системи кондиціонування, оскільки забезпечує циркуляцію холодоагенту по контуру. Його несправності є найбільш поширеними причинами збоїв у роботі системи. Для діагностики компресору застосовують:

- візуальний контроль – наявність слідів мастила або обмерзання на корпусі може вказувати на витік холодоагенту;
- ультразвукові прилади для точного виявлення місць витіку;
- електричні вимірювання – перевірка параметрів двигуна компресора, струму навантаження та опору обмоток;
- вібраційний та акустичний аналіз, що дозволяє оцінити стан підшипників, клапанів та інших вузлів. Своєчасне виявлення дефектів компресора запобігає аварійним зупинкам системи та дороговартісному ремонту.

Енергоаудит є важливою частиною діагностики, адже навіть за відсутності явних несправностей система може працювати неекономно. Основні завдання енергоаудиту:

- вимірювання споживаної електроенергії системою у різних режимах роботи;
- порівняння фактичних показників із паспортними та розрахунковими даними;
- визначення коефіцієнтів енергоефективності (EER – Energy Efficiency Ratio, COP – Coefficient of Performance);

- аналіз режимів роботи обладнання та виявлення можливостей для підвищення ефективності (чистка теплообмінників, балансування повітропроводів, використання інверторних компресорів). Результати енергоаудиту дозволяють розробити рекомендації для зниження експлуатаційних витрат та поліпшення надійності системи.

Таким чином, діагностика систем кондиціонування повітря охоплює як контроль параметрів мікроклімату, так і аналіз технічного стану обладнання та його енергоефективності. Своєчасні діагностичні заходи забезпечують безперебійну роботу системи, зниження ризиків поломок та економію енергоресурсів.

Основна частина. Під час заняття відпрацьовуються методи контролю параметрів мікроклімату, вимірювання витрат холодоагенту, перевірка технічного стану компресорів та проведення енергоаудиту системи.

На першому етапі студенти проводять вимірювання температури та відносної вологості повітря у контрольних точках приміщення за допомогою термометрів, психрометрів і гігрометрів. Отримані дані порівнюються з нормативними значеннями, що дозволяє зробити висновки про якість роботи системи кондиціонування та комфортність мікроклімату.

Далі виконується діагностика холодоагентного контуру. Студенти вчаться користуватися манометричними колекторами для вимірювання тиску, а також ознайомлюються з методикою визначення кількості холодоагенту ваговими та електронними методами. Результати аналізуються з метою виявлення можливих відхилень, що можуть впливати на ефективність роботи системи.

Особлива увага приділяється перевірці компресора. Студенти виконують візуальний огляд обладнання на наявність слідів масла або обмерзання, застосовують прилади для пошуку витоків холодоагенту, а також ознайомлюються з методами електричної та вібраційної діагностики. У процесі роботи формуються практичні вміння швидко виявляти несправності компресора, що є критично важливим для стабільної роботи системи.

На завершальному етапі студенти проводять оцінку енергоефективності системи. Для цього вимірюється фактичне енергоспоживання, розраховуються коефіцієнти EER та COP, після чого результати порівнюються з паспортними даними обладнання. Виявляються причини можливих перевитрат енергії та формуються пропозиції щодо підвищення ефективності, наприклад очищення теплообмінників чи оптимізація режимів роботи.

Таким чином, під час практичного заняття студенти отримують комплексні знання та навички діагностики систем кондиціонування повітря – від перевірки мікроклімату та стану обладнання до оцінки енергоефективності, що є основою для подальшої професійної діяльності у сфері експлуатації інженерних систем.

ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 7

Теоретичні питання

1. Які прилади застосовуються для контролю температурно-вологісних параметрів у приміщеннях, обладнаних системами кондиціонування?
2. За допомогою яких методів здійснюється вимірювання витрат і кількості холодоагенту у системі кондиціонування?
3. Які основні ознаки витоку холодоагенту та дефектів компресора можна виявити під час діагностики?
4. Які параметри визначаються під час енергоаудиту систем кондиціонування і що означають коефіцієнти EER та COP?
5. Чому регулярна діагностика та енергоаудит систем кондиціонування є необхідними для їх ефективної та безпечної експлуатації?

8 ВИКОРИСТАННЯ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ МЕТОДІВ І СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ МОНІТОРИНГУ В ДІАГНОСТИЦІ

Мета заняття: набути теоретичних знань і практичних навичок щодо використання інструментальних методів діагностики інженерних систем, ознайомитися з принципами роботи класичних вимірювальних приладів, автоматизованих систем моніторингу та сучасних IoT-технологій, а також навчитися порівнювати точність і ефективність різних методів.

Теоретичні положення. Діагностика інженерних систем – це комплекс заходів, спрямованих на своєчасне виявлення несправностей, оцінку технічного стану обладнання та оптимізацію його роботи. Сучасні технології діагностики базуються на поєднанні класичних вимірювальних приладів, автоматизованих систем моніторингу та інноваційних сенсорних мереж. Це дозволяє забезпечити високу точність контролю, знизити експлуатаційні витрати й підвищити безпеку.

Традиційні вимірювальні прилади залишаються основою діагностики завдяки своїй простоті, надійності та точності.

Анемометри застосовуються для визначення швидкості руху повітря у вентиляційних та кондиціонерних системах. Використання крильчастих, термоанемометрів або диференційних анемометрів дає можливість оцінювати витрати повітря та перевіряти ефективність роботи вентиляційних мереж.

Термопари та інші температурні датчики дозволяють вимірювати температуру у широкому діапазоні. Завдяки своїй чутливості та простоті вони застосовуються для контролю як повітряного середовища, так і технологічних процесів.

Манометри є ключовим інструментом для вимірювання тиску у трубопроводах, газових і рідинних системах. Вони дають змогу виявляти втрати тиску, визначати герметичність і оцінювати працездатність обладнання.

Газоаналізатори використовуються для контролю складу повітря та концентрації газів. Вони незамінні під час проведення діагностики систем

газопостачання, вентиляції та кондиціювання, оскільки дозволяють визначати навіть мікробитокі.

Ці прилади забезпечують можливість проведення базових діагностичних робіт, проте вони потребують безпосередньої участі оператора та не завжди дозволяють вести безперервний моніторинг.

Автоматизовані системи (АСМ) – це комплекс апаратних та програмних засобів, які дають змогу здійснювати постійний контроль за параметрами роботи інженерних систем.

Вони виконують такі функції:

- **безперервне вимірювання** ключових параметрів (температури, тиску, витрат, вологості, складу повітря);
- **збір і збереження даних** для подальшого аналізу;
- **своєчасне оповіщення про відхилення** від нормальних режимів;
- **дистанційний доступ** до результатів вимірювань через комп'ютерні мережі.

Прикладом можуть слугувати системи диспетчеризації будівель (BMS), які інтегрують контроль за вентиляцією, кондиціонуванням, опаленням та енергоспоживанням в єдину інформаційну платформу. Це дає змогу не лише підтримувати комфортний мікроклімат, а й економити енергоресурси.

Інтернет речей (IoT) став новим етапом розвитку інструментальної діагностики. Завдяки бездротовим технологіям сучасні сенсори можна розміщувати практично будь-де, об'єднувати в єдині мережі та здійснювати моніторинг у реальному часі.

Основні переваги IoT-сенсорів:

- **бездротова передача даних** (Wi-Fi, Bluetooth, LoRa, ZigBee);
- **низьке енергоспоживання**, що дозволяє працювати від батарей протягом кількох років;
- **масштабованість**, можливість інтеграції десятків і сотень сенсорів у єдину мережу;
- **доступність даних у хмарних сервісах** або мобільних додатках;

- можливість застосування **аналітики на основі штучного інтелекту** для прогнозування несправностей.

Завдяки IoT стало можливим створення «розумних» будівель, де всі інженерні системи перебувають під постійним контролем у режимі реального часу.

Кожен метод має свої переваги та обмеження:

1. **Класичні прилади** відзначаються високою точністю та надійністю, але не забезпечують безперервного моніторингу і залежать від кваліфікації оператора.

2. **Автоматизовані системи** дають змогу контролювати значну кількість параметрів одночасно, проте потребують високих інвестицій у встановлення й обслуговування.

3. **IoT-сенсори** забезпечують мобільність, зручність та доступність даних, але їхня точність може бути нижчою за професійні прилади, а робота залежить від стабільності бездротових мереж.

Порівняльний аналіз дозволяє обрати оптимальне поєднання методів: для критичних вузлів системи застосовуються високоточні вимірювальні прилади й автоматизовані комплекси, тоді як IoT-технології доцільно використовувати для постійного моніторингу та збору великого обсягу даних.

Таким чином, інструментальні методи діагностики охоплюють широкий спектр технологій – від класичних приладів до сучасних сенсорних мереж. Їхнє комплексне застосування забезпечує підвищення точності контролю, своєчасне виявлення несправностей і створення умов для ефективної та безпечної експлуатації інженерних систем.

Основна частина. Практична робота передбачає ознайомлення студентів з інструментальними методами діагностики інженерних систем, відпрацювання навичок користування традиційними вимірювальними приладами, дослідження можливостей автоматизованих систем моніторингу та IoT-технологій, а також виконання порівняльного аналізу їх точності та ефективності.

На першому етапі заняття студенти вивчають принципи роботи та порядок використання класичних інструментів діагностики: анемометрів, термопар, манометрів і газоаналізаторів:

1. За допомогою анемометра проводяться вимірювання швидкості руху повітря у вентиляційному каналі.
2. Термопари використовуються для визначення температури в різних зонах приміщення та елементів обладнання.
3. Манометр дозволяє перевірити рівень тиску у трубопроводі й визначити наявність втрат.
4. Газоаналізатор застосовується для виявлення концентрації газів та оцінки безпеки повітряного середовища.

Результати вимірювань заносяться до протоколу, після чого порівнюються з нормативними параметрами, що дозволяє оцінити працездатність системи.

Далі студенти ознайомлюються з автоматизованими системами діагностики. На прикладі моделювання в системі диспетчеризації будівлі (BMS) розглядається можливість:

- безперервного відстеження температури, вологості, витрат повітря та енергоспоживання;
- збору та збереження даних у базі для подальшого аналізу;
- виявлення відхилень у роботі системи та оповіщення про них у режимі реального часу.

Таким чином, студенти переконуються, що автоматизовані комплекси дозволяють значно підвищити оперативність і точність діагностики.

Наступний етап присвячено вивченню роботи сучасних сенсорів Інтернету речей (IoT). Студенти отримують практичні навички підключення бездротових датчиків, збору інформації у мобільному додатку або хмарному сервісі та аналізу даних у реальному часі. Розглядаються переваги IoT-технологій – простота інтеграції, мобільність, масштабованість – та

можливі обмеження, зокрема залежність від стабільності мережі чи нижча точність порівняно з професійними приладами.

На завершальному етапі заняття проводиться порівняння отриманих результатів, отриманих за допомогою різних методів. Студенти аналізують такі критерії:

- точність вимірювань;
- швидкість та зручність роботи;
- доступність обладнання;
- можливості автоматизації та дистанційного контролю.

На підставі цього аналізу формуються висновки про доцільність застосування конкретних приладів, систем або технологій у різних умовах експлуатації інженерних систем.

Таким чином, під час практичного заняття студенти здобувають цілісне уявлення про інструментальні методи діагностики – від класичних вимірювальних приладів до сучасних IoT-рішень – і набувають практичних навичок їх застосування для оцінки технічного стану та ефективності інженерних систем.

ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 8

Теоретичні питання

1. Які принципи роботи та основні типи анемометрів, термопар, манометрів і газоаналізаторів у системах теплогазопостачання?
2. Як автоматизовані системи моніторингу забезпечують контроль параметрів роботи систем теплогазопостачання та вентиляції?
3. Які особливості застосування сучасних IoT-датчиків для діагностики та моніторингу теплогазових систем?
4. У чому полягають переваги та недоліки різних інструментальних методів діагностики щодо точності та надійності вимірювань?
5. Які критерії використовуються для порівняльного аналізу точності методів діагностики теплогазових систем?

9 ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ ТА МОНІТОРИНГУ СИСТЕМ ТЕПЛОГАЗОПОСТАЧАННЯ З ВИЯВЛЕННЯМ АВАРІЙНИХ РЕЖИМІВ

Мета заняття: ознайомити студентів із принципами та методами експлуатаційного контролю і моніторингу систем теплогазопостачання, навчити визначати періодичність перевірок, проводити експрес-діагностику, здійснювати віддалений моніторинг та виявляти аварійні режими роботи для забезпечення безпечної та ефективної експлуатації систем.

Теоретичні положення. Регулярний контроль технічного стану систем є ключовим елементом безпечної та ефективної експлуатації. Періодичність перевірок визначається технічними регламентами, нормативними документами та експлуатаційними вимогами конкретного обладнання. Вона може бути щоденною (оперативний огляд), щомісячною або щорічною (планові технічні перевірки). Дотримання встановлених інтервалів дозволяє виявляти дефекти на ранніх стадіях та запобігати аварійним ситуаціям.

Експрес-діагностика дозволяє оперативно оцінити стан системи без тривалих зупинок обладнання. Використовуються портативні прилади для вимірювання тиску, температури, витрати газу чи води, а також швидкі методи виявлення витоків чи локальних дефектів. Ці методи дозволяють приймати рішення про необхідність більш глибокого технічного огляду або ремонту.

Сучасні системи теплогазопостачання все частіше обладнуються датчиками та автоматизованими системами контролю, що дозволяють відстежувати параметри роботи в реальному часі. Віддалений моніторинг забезпечує збір даних про температуру, тиск, витрати та інші критичні показники, що значно підвищує оперативність реагування на відхилення від нормального режиму та знижує ризик аварій.

Аварійні режими виникають у разі перевищення допустимих параметрів тиску, температури, витрат чи інших критичних показників. Виявлення таких режимів передбачає застосування комплексного контролю з використанням як інструментальних методів, так і автоматизованих систем спостереження.

Своєчасне виявлення аварійних ситуацій дозволяє запобігти серйозним технічним пошкодженням та знизити ризики для безпеки персоналу та навколишнього середовища.

Роль систем експлуатаційного контролю у забезпеченні надійності Експлуатаційний контроль і моніторинг обов'язковою частиною управління технічним станом систем теплогазопостачання. Вони забезпечують стабільну роботу обладнання, підвищують енергоефективність та знижують ймовірність аварій, що є критично важливим для життєдіяльності об'єктів і безпеки персоналу.

Основна частина. Студенти починають роботу з детального вивчення системи теплогазопостачання або вентиляції, що підлягає моніторингу. Необхідно визначити склад обладнання, його основні функції та критичні точки контролю. Особлива увага приділяється ділянкам, де можливе перевищення допустимих параметрів або виникнення аварійних ситуацій.

На підставі технічних регламентів та експлуатаційних інструкцій визначаються інтервали регулярного контролю. Студенти розробляють графік перевірок, включаючи щоденні, щомісячні та щорічні заходи. Практична частина включає навчання правильному використанню календаря експлуатаційного контролю для забезпечення системності та своєчасності перевірок.

Студенти застосовують портативні прилади для швидкого вимірювання основних параметрів системи: тиску, температури, витрати робочих середовищ та концентрації газів (за потребою). Результати вимірювань аналізуються для виявлення можливих відхилень від нормальних режимів роботи. Особлива увага приділяється інтерпретації результатів та прийняттю рішень щодо подальших дій: чи необхідний детальний огляд або ремонт.

Студенти знайомляться з автоматизованими системами збору даних та сучасними IoT-датчиками. Віддалений моніторинг дозволяє в режимі реального часу відстежувати ключові параметри системи. Практична робота включає

навчання налаштуванню системи сповіщень про відхилення від нормальних показників та інтеграції отриманих даних у централізовану систему контролю.

На підставі зібраних даних студенти визначають наявність потенційних або фактичних аварійних режимів. Виявляються причини відхилень від нормальних параметрів та оцінюється можливий вплив на безпеку та ефективність системи. Студенти практикують алгоритми дій при аварійних ситуаціях, включаючи оперативне реагування та складання рекомендацій для усунення проблем.

На завершальному етапі практичної роботи студенти фіксують усі вимірювання, графіки перевірок, результати експрес-діагностики та висновки щодо стану системи. Висновки мають включати оцінку надійності та безпеки експлуатації, а також рекомендації щодо поліпшення контролю і моніторингу.

ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 9

Теоретичні питання

1. Які фактори визначають періодичність перевірок систем теплогазопостачання та як вони впливають на безпеку експлуатації?
2. Які методи експрес-діагностики застосовуються для оперативної оцінки технічного стану систем і як вони допомагають виявляти відхилення від нормальних режимів роботи?
3. Які переваги надає віддалений моніторинг систем за допомогою автоматизованих та IoT-датчиків порівняно з традиційними методами контролю?
4. Як здійснюється виявлення аварійних режимів роботи та які дії слід виконувати для запобігання серйозним технічним пошкодженням?
5. Яке значення комплексного експлуатаційного контролю та моніторингу для підвищення надійності та енергоефективності систем теплогазопостачання?

10 ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СИСТЕМ ТЕПЛОГАЗОПОСТАЧАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ТРЕНДОВОГО АНАЛІЗУ ТА ЦИФРОВИХ ДВІЙНИКІВ

Мета заняття: ознайомити студентів із сучасними методами прогнозування технічного стану систем теплогазопостачання, навчити застосовувати методи прогнозування ресурсу, трендовий аналіз, цифрові двійники та практичні моделі прогнозування для оцінки надійності та планування технічного обслуговування систем.

Теоретичні положення. Прогнозування ресурсу обладнання дозволяє визначати термін служби елементів системи та планувати технічне обслуговування з урахуванням залишкового ресурсу. Основними методами є статистичні підходи, методи експертних оцінок та математичне моделювання. Використання таких методів дозволяє запобігати аварійним відмовам і оптимізувати витрати на ремонт та обслуговування.

Трендовий аналіз передбачає вивчення історичних даних роботи системи для виявлення закономірностей та прогнозування майбутніх відхилень від нормальних режимів. Цей метод уможливорює визначення тенденції щодо зношування обладнання, змінювання параметрів експлуатації та потенційні ризики, що виникають у процесі експлуатації.

Цифровий двійник – це віртуальна модель фізичної системи, яка відтворює її роботу в реальному часі та дозволяє прогнозувати розвиток процесів. Завдяки цифровим двійникам можна моделювати різні сценарії експлуатації, оцінювати ефективність заходів щодо продовження ресурсу та здійснювати своєчасну оптимізацію роботи системи без втручання в реальний об'єкт.

Практичні моделі прогнозування включають математичні алгоритми, моделі на основі штучного інтелекту, регресійні та стохастичні моделі. Вони дозволяють проводити кількісну оцінку залишкового ресурсу, прогнозувати час до відмови окремих компонентів та планувати технічне обслуговування на

підставі даних реальної експлуатації систем. Застосування таких моделей підвищує надійність і безпеку роботи обладнання.

Прогнозування технічного стану систем теплогазопостачання є важливим елементом управління надійністю та ефективністю роботи обладнання. Воно дозволяє своєчасно виявляти потенційні проблеми, планувати ремонтні роботи, оптимізувати витрати на експлуатацію та забезпечувати безпеку персоналу та навколишнього середовища.

Основна частина. Студенти починають практичну роботу з детального вивчення системи теплогазопостачання або вентиляції, що підлягає аналізу. Визначаються основні компоненти системи, їх технічні характеристики та критичні точки, де можливі збої або пришвидшене зношування. Це дозволяє правильно обрати методи прогнозування та визначити параметри для подальшого аналізу.

Для проведення прогнозування необхідно зібрати дані попередньої роботи системи: показники тиску, температури, витрат, режимів роботи обладнання та попередніх ремонтів. Студенти навчаються обробляти дані, будувати трендові графіки та аналізувати зміни ключових параметрів з часом. Це є основою для побудови точних прогнозних моделей.

Студенти використовують статистичні та математичні методи для оцінки залишкового ресурсу окремих компонентів системи. Проводиться розрахунок термінів служби, оцінка ймовірності відмови та визначення необхідності планового технічного обслуговування. На практиці це дозволяє прогнозувати потенційні проблеми до їх фактичного виникнення.

Використовуючи історичні дані, студенти здійснюють трендовий аналіз для виявлення закономірностей зношування або відхилень параметрів роботи. Аналіз дозволяє оцінити тенденції розвитку системи та визначити критичні точки, де можливе виникнення аварійних або нестандартних режимів роботи.

Студенти ознайомлюються з цифровими двійниками систем, створюють віртуальні моделі та проводять симуляцію різних сценаріїв експлуатації. Це дозволяє прогнозувати поведінку системи в разі зміни параметрів роботи та

оцінювати ефективність заходів щодо продовження ресурсу без впливу на реальний об'єкт.

На підставі отриманих даних і трендового аналізу студенти формують прогнозні моделі за допомогою математичних алгоритмів або спеціалізованих програм. Моделі дозволяють оцінити час до відмови компонентів системи, прогнозувати потребу в технічному обслуговуванні та визначати оптимальні строки ремонтних робіт.

Результати практичної роботи оформлюються у вигляді графіків, таблиць та висновків щодо технічного стану системи. Студенти фіксують оцінку залишкового ресурсу, прогнозні терміни обслуговування та рекомендації щодо оптимізації експлуатації, що підвищує надійність та безпеку роботи обладнання.

ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 10

Теоретичні питання

1. Які методи прогнозування ресурсу використовуються для оцінки терміну служби компонентів систем теплогазопостачання?
2. Як трендовий аналіз допомагає виявляти закономірності зношування та прогнозувати відхилення від нормальних режимів роботи?
3. Що таке цифровий двійник і яку роль він відіграє у прогнозуванні технічного стану систем?
4. Які типи практичних прогнозних моделей застосовуються для оцінки залишкового ресурсу та планування технічного обслуговування?
5. Як прогнозування технічного стану систем впливає на надійність, безпеку та ефективність експлуатації обладнання?

11 КОМПЛЕКСНИЙ КОНТРОЛЬ СТАНУ СИСТЕМ І ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ДІАГНОСТИЧНИХ РОБІТ

Мета заняття: ознайомити із системним підходом до комплексної діагностики систем теплогазопостачання, навчити інтегрувати дані з різних систем, забезпечувати безпеку персоналу під час діагностичних робіт та оцінювати перспективи розвитку сучасних діагностичних технологій для підвищення надійності та ефективності експлуатації обладнання.

Теоретичні положення. Системний підхід передбачає комплексне вивчення всіх компонентів системи теплогазопостачання, їх взаємозв'язків та взаємодії з навколишнім середовищем. Він дозволяє не лише виявляти локальні дефекти, а й оцінювати загальний стан системи, прогнозувати можливі відмови та підвищувати ефективність експлуатації.

Ефективна діагностика потребує об'єднання інформації з різних джерел: датчиків, автоматизованих систем моніторингу, експрес-вимірювань та історичних даних. Інтеграція дозволяє отримати цілісну картину роботи системи, підвищує точність оцінки технічного стану та забезпечує можливість прийняття обґрунтованих рішень щодо обслуговування та ремонту.

Діагностичні роботи зазвичай пов'язані з підвищеним ризиком для персоналу через контакт із гарячими, тисковими або газоподібними середовищами. Забезпечення безпеки включає застосування індивідуальних засобів захисту, дотримання технологічних процедур, контроль параметрів середовища та навчання персоналу методам безпечної роботи.

Сучасні технології, такі як цифрові двійники, IoT-датчики, автоматизовані системи збору та аналізу даних, штучний інтелект та машинне навчання, відкривають нові можливості для комплексної діагностики. Вони дозволяють підвищити швидкість та точність виявлення дефектів, оптимізувати технічне обслуговування та забезпечити безпеку під час виконання робіт.

Комплексна діагностика забезпечує своєчасне виявлення дефектів та потенційних аварійних ситуацій, підвищує ефективність роботи системи та сприяє економії ресурсів. Вона є ключовим елементом управління надійністю,

безпекою та довговічністю обладнання, що особливо важливо для об'єктів критичної інфраструктури та життєзабезпечення.

Основна частина. Студенти починають роботу з детального вивчення системи теплогазопостачання або вентиляції, що підлягає діагностиці. Необхідно визначити склад обладнання, його функції, критичні точки та взаємозв'язки компонентів. Це дозволяє планувати комплексний контроль та правильно обирати методи збору та аналізу даних.

Студенти збирають інформацію з портативних приладів, автоматизованих систем моніторингу, IoT-датчиків та історичних даних експлуатації. Потім ці дані інтегруються для формування повної картини технічного стану системи. Аналіз інтегрованих даних дозволяє підвищити точність діагностики та виявити приховані проблеми, які не видно при окремих вимірюваннях.

Використовуючи системний підхід, студенти оцінюють взаємозв'язок компонентів, визначають вузькі місця та ризики відмови. Це дозволяє проводити не лише локальну перевірку, а й оцінювати стан всієї системи, прогнозувати можливі відмови та розробляти рекомендації щодо оптимізації роботи.

Особлива увага приділяється дотриманню правил безпеки при проведенні діагностичних процедур. Студенти використовують засоби індивідуального захисту, перевіряють параметри середовища перед початком вимірювань та виконують роботи відповідно до технологічних інструкцій, щоб мінімізувати ризики для здоров'я та життя.

Студенти аналізують сучасні тенденції у сфері комплексної діагностики, зокрема застосування цифрових двійників, автоматизованих систем, штучного інтелекту та машинного навчання. Оцінка перспектив дозволяє визначити напрямки підвищення ефективності та точності діагностичних робіт у майбутньому.

Результати практичної роботи оформлюються у вигляді таблиць, графіків, схем та висновків щодо стану системи. Студенти фіксують комплексну оцінку технічного стану, ідентифікують потенційні ризики,

пропонують заходи щодо усунення виявлених проблем та рекомендації для підвищення безпеки та надійності експлуатації систем.

ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ 11

Теоретичні питання

1. Що передбачає системний підхід до комплексної діагностики систем теплогазопостачання і які його основні переваги?
2. Як інтеграція даних із різних джерел підвищує точність оцінки технічного стану системи?
3. Які основні заходи забезпечення безпеки персоналу під час проведення діагностичних робіт?
4. Які сучасні технології та інструменти використовуються для комплексної діагностики та прогнозування стану систем?
5. Яку роль відіграє комплексна діагностика у підвищенні надійності, безпеки та ефективності експлуатації обладнання?

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Малярєнко В. А. Енергоменеджмент і енергетичний аудит систем електро постачання : конспект лекцій / В. А. Малярєнко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекєтова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекєтова, 2018. – 149 с. – Існує електрон. версія. (Режим доступу: <http://prints.kname.edu.ua/49576/>, вільний).
2. ДБН В.2.5-20:2018. Газопостачання. – Чинний від 2020–01–06. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2019. – 109 с.
3. Сідак В. С. Інноваційні технології в діагностиці та експлуатації систем газопостачання: навч. посіб. / В. С. Сідак ; Харків. нац. акад. міськ. госп-ва. – Харків : ХНАМГ, 2005. – 227 с.
4. Про енергетичну ефективність будівель : Закон України від 22 червня 2017 р. № 2118-VIII // Офіц. вісн. України. – 2017. – № 61. – С. 25.
5. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. – Чинний від 2022–01–09. – Київ : Міністерство розвитку громад та територій України, 2021. – 27 с.
6. Tkachenko R. Innovative approaches to construction using eco-friendly materials for the construction of industrial infrastructure facilities / R. Tkachenko, S. Romanenko, K. Borshchevska, S. Alforov // Modern Technologies, Materials and Structures in Construction. – 2024. – Vol. 21. – № 2. – P. 13–30. – DOI: <https://doi.org/10.63341/vmtmsc/2.2024.15>.
7. Романєнко С. В. Методика вибору альтернативних джерел енергії при теплоенергетичній реновації будинків. / С. В. Романєнко // Комун. госп-во міст : наук.-техн. зб. ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекєтова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекєтова, 2025. – Вип. 189. – С. 503–512. – DOI: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2025-1-189-503-512>.

8. Assessment of technological losses of hot water in centralized hot water supply systems. Reability and durability of transport engineering structure and buildings [Electronic resource] / Sergii Romanenko, Olha Maliavina, Viktoriia Hrankina, Halina Blahodarna, Sergii Volik // AIP Conf. Proc. 2684, 030025 (Scopus), 2023. – Electronic text data. – Regime of access: <https://pubs.aip.org/aip/acp/issue/2684/1> <https://doi.org/10.1063/5.0133820>, free (date of the application: 23.09.2025). – Header from the screen.

9. Системи централізованого тепlopостачання з інтеграцією відновлювальних джерел енергії : монографія / О. П. Арсеньєва, В. М. Бабаєв, І. В. Білецький [та ін.] ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. – 217 с.

10. Посібник з енергоаудиту / Пер Шубак, Детлеф Борст, Артем Саф'янц, Анатолій Чернявський. – Мюнхен : Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, 2020. – 148 с.

11. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. – Чинний від 2014–01–01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2013. – 149 с.

12. ДБН В.2.5-39:2008. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі. – Чинний від 2018–01–07. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 56 с.

Електронне навчальне видання

Методичні рекомендації

до проведення практичних занять та організації самостійної роботи
з навчальної дисципліни

**«ОРГАНІЗАЦІЙНІ ТА ТЕХНІЧНІ МЕТОДИ ДІАГНОСТИКИ СИСТЕМ
ТЕПЛОГАЗОПОСТАЧАННЯ, ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА КОНДИЦІОНУВАННЯ»**

*(для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти всіх форм
навчання зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія,
галузізнань 19 – Архітектура та будівництво,
освітня програма «Цивільна інженерія»)*

Укладачі: **РОМАНЕНКО** Сергій Вікторович,
ПАВЛОВСЬКИЙ Сергій Валерійович,
МІЛАНКО Ольга Миколаївна

Відповідальний за випуск *О. М. Міланко*
Редактор *О. А. Норик*
Комп'ютерне верстання *С. В. Романенко*

План 2025, поз. 604М

Підп. до друку 26.09.2025. Формат 60 × 84/16.
Ум. друк. арк. 2,4.

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Чорноглазівська, 17, Харків, 61002.
Електронна адреса: office@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 8386 від 14.07.2025.