

АНАЛІЗ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ І СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ ТА ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЇЇ ПІДВИЩЕННЯ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проаналізовані та обґрунтовані основні показники надійності теплових мереж і систем опалення. Розроблені рекомендації щодо інноваційних технологій підвищення їх надійності.

Ключові слова: надійність, трубопровід, параметр потоку відмов, аналіз, пошкодження, експлуатація, теплові мережі, накипоутворення, тепловізор.

Abstract

The basic indicators of reliability of thermal networks and heating systems are analyzed and substantiated. Recommendations for innovative technologies to improve their reliability have been developed.

Key words: reliability, pipeline, failure flow parameter, analysis, damage, operation, thermal networks, scale formation, thermal imager.

Вступ

Надійна робота теплових мереж і внутрішньобудинкових систем опалення, як основних складових систем теплопостачання, є важливим чинником життєзабезпечення. Для оцінки і підвищення надійності теплових мереж необхідно визначити показники надійності, надати класифікацію і обґрунтувати їх вибір. Не зважаючи на актуальність і важливість вказаної проблеми в теперішній час ще не існує єдиної методики визначення надійності теплових мереж, а підходи до класифікації показників надійності відрізняються один від одного.

В процесі розрахунку та обґрунтування рівня надійності цих систем в цілому та окремих їх частин необхідно враховувати такі особливості, що є характерними для систем централізованого теплопостачання [1-4]: територіальний розподіл у межах міста або промислового центру; неперервність розвитку; нерівномірність процесів споживання теплової енергії; ієрархічність побудови; різноманітність технічного обладнання; забезпечення надійності; різноманітні вимоги до надійності та якості теплопостачання у споживачів теплоти різних категорій, .

Показники надійності теплових мереж і систем опалення в цілому базуються на припущенні про недопустимість відмов теплової мережі [2-4]. Відповідно до цього їх можна поділити на інтегральні і локальні. У роботі [7] показники надійності теплових мереж підрозділяються на ймовірностатистичні, економічні, аналітичні, облік живучості.

Оскільки надійність будь-якого технічного об'єкту складається з рішень по їх надійності, прийнятих при проектуванні, виготовленні (будівництві), а також рішення питань надійності при експлуатації, то доцільно класифікувати показники надійності за цими трьома напрямками [17].

Ефективність і надійність роботи систем опалення виробничих та житлових приміщень може бути підвищена шляхом налаштування режимів роботи із застосуванням інноваційних технологій. У доповіді представлені типові дефекти, порушення режимів роботи систем і рекомендації з оцінки та підвищення надійності мереж опалення.

Результати дослідження

Показники надійності теплових мереж вказаних напрямків можуть бути комплексними (інтегральними) та локальними. На рис. 1 приведена схема класифікації показників надійності за напрямками, рекомендованими [3,4]: проектування, будівництво та експлуатація з розподілом кожного з вказаних напрямків, які детально викладені у доповіді.

Показником надійності системи є відношення показника якості реальної системи (теплова потужність за відмови елементів систем централізованого тепlopостачання) до показника якості ідеальної системи (розрахункова теплова потужність системи централізованого тепlopостачання) [4, 10]. Оцінка надійності теплових мереж при проектуванні може визначатися за рахунок оптимізації схем систем централізованого тепlopостачання з метою зменшення шляху транспортування теплоносія, а отже, зменшення ймовірності відмов [1,3-5].

З огляду на те, що період експлуатації теплових мереж і їхнього основного елемента – трубопроводів, набагато більший за етап проектування й будівництва, то найважливішими є експлуатаційні показники надійності, які можна поділити на ймовірнісно-статистичні й експериментальні.

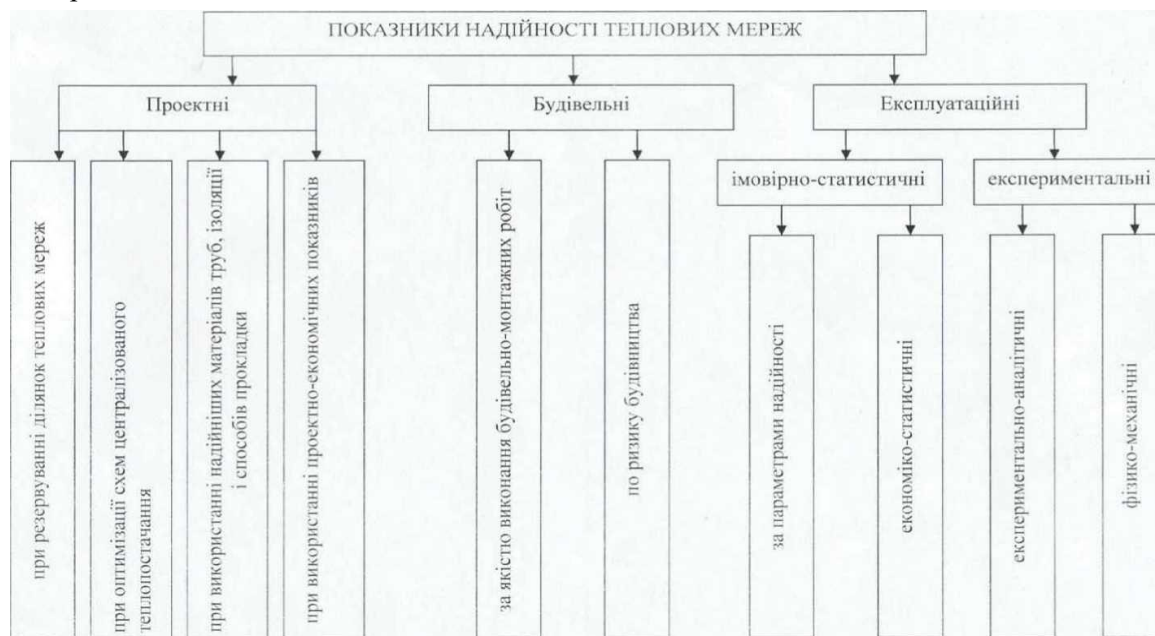


Рис.1 – Класифікації показників надійності теплових мереж

Ймовірнісно-статистичні показники можна розділити за параметрами надійності й економіко-статистичні.

До показників надійності за параметрами надійності для не відновлювальних елементів належать ймовірність безвідмовної роботи $P(t)$, ймовірність відмов $Q(t)$, частота відмов $a(t)$, інтенсивність відмов $\lambda(t)$, час напрацювання до першої відмови, або середній час безвідмовної роботи $T_{ср}$ [3].

Для відновлюваних елементів – параметр потоку відмов $\omega(t)$, час напрацювання на відмову $t_{ср}$, ймовірність безвідмовної роботи $P(t)$. Важливими експлуатаційними показниками надійності є ймовірність відновлення $F(t)$, інтенсивність відновлення $\mu(t)$, середній час відновлення $T_{в}$. Окрім величин $Q(t)$, $P(t)$ в роботі [9] показниками надійності теплопроводів виступають середній час безвідмовної роботи $T_{ср}$, рік, їхня дисперсія $D(\tau)$, рік і середньоквадратичне відхилення $\sigma(\tau)$, рік.

Показники надійності можуть бути локальними чи комплексними (інтегральними).

До локальних показників надійності належать параметр потоку відмов $\omega(t)$, питома пошкоджуваність $\lambda(t)$ [16].

До комплексних (інтегральних) показників надійності зараховуємо коефіцієнти готовності K_g , простою K_p [11] і лімітованої подачі теплоносія [4].

Під час експлуатації теплових мереж економіко-статистичні методи базуються на ймовірнісних показниках надійності та капітальних і амортизаційних витратах, на основі яких можна обґрунтувати й визначити доцільний період експлуатації [6,8].

Зважаючи на той факт, що первинною величиною, яка використовується для оцінки надійності теплових мереж, є кількість пошкоджень теплопроводів визначеної довжини за вказаний проміжок часу, основним ймовірнісно-статистичним показником надійності теплових мереж може бути параметр потоку відмов і ймовірність безвідмовної роботи, розрахована за законом Пуассона.

Для зниження кількості пошкоджень систем опалення, підвищення її надійності, терміну служби, та покращення контролю за станом мереж в процесі експлуатації було створено цілий ряд інноваційних технологій. Деякі з них далі будуть наведені в даній доповіді.

При використанні автономних систем теплопостачання в разі новобудови з подальшим переходом на полівалентну систему, можуть виникати певні труднощі із забезпеченням параметрів надійності системи теплопостачання, зазначених в нормативних вимогах [13].

Ця ж проблема виникає в разі проектування автономних котельень без подальшого об'єднання з централізованою системою. В обох випадках причиною зниження надійності систем теплопостачання є водно-хімічний режим (ВХР). При застосуванні автономних котельень, які використовують водопровідну воду, зростає інтенсивність корозії і накипоутворення [14].

Середні значення карбонатного індексу, який є найважливішим параметром, що диктує режим роботи автоматичних дозаторів, змінюється протягом року більш ніж в 100 разів. У цих умовах надійна робота котельні без постійного хімічного контролю та переналаштування дозуючих установок неможлива [17].

В даній час немає автоматичних пристроїв, які могли б вирішити цю задачу. У той же час робота малих котельень з обслуговуючим персоналом неможлива з економічних причин.

З метою знайти рішення цієї проблеми, підприємство ТОВ «ПСП Теплогаз» розробила автономну систему теплопостачання, що відрізняється високою надійністю. Результат виконаних робіт в даній час використовується при прийнятті конкретних технічних рішень.

При роботі системи в підживлювальну і мережеву воду не дозуються будь-які зм'якшуючі або інгібуючі речовини. Небезпека корозії і накипоутворення усувається за рахунок структурних рішень, не пов'язаних при експлуатації з діями персоналу [17].

Для усунення небезпеки накипоутворення в системі теплопостачання виділено котельний контур, в якому вода передає теплову енергію від водогрійних котлів до водо-водяних підігрівачів контурів опалення та гарячого водопостачання (ГВП), також для усунення цієї проблеми в водогрійних котлах підбираються параметри і режим роботи котлів (швидкість води, що нагрівається, індекс рециркуляції, температурний режим та ін.). Всі названі параметри забезпечуються при виготовленні обладнання і при розробці проекту. Це зроблено з метою усунення необхідності постійного контролю якості води в автономних котельнях.

У контурах, які обслуговують системи опалення та гарячого водопостачання, має місце відносно висока добова кратність водообміну. В них неможливо знизити інтенсивність накипоутворення за рахунок підбору оптимальних параметрів і режиму роботи. Тому в розроблених системах підігрівачі обох контурів захищені впливом ультразвуку.

Поділ системи теплопостачання від автономної котельні на первинний і вторинний контури дозволяє вирішити не тільки проблему утворення накипу, але і вельми актуальну проблему внутрішньої корозії трубопроводів котлів, теплових мереж систем опалення та ГВП. Така система дозволяє без істотних змін і витрат підключатися до централізованих систем теплопостачання з подальшою окремою, або спільною експлуатацією [12].

У первинний контур надходить дуже незначна кількість додаткової недеаерованої води. Ця кількість визначається тільки зміною середньої температури води і не перевищує 0,01% від продуктивності циркуляційних насосів первинного контуру. При такій частці підживлення в мережевій воді первинного контуру кисень і вуглекислота відсутні і внутрішньої корозії практично немає.

Внутрішня корозія в теплових системах повністю усувається при відмові від застосування сталевих трубопроводів і їх заміні поліпропіленовими. У тих випадках, коли запроектована котельня об'єднується з існуючими системами теплопостачання, опалення і ГВП, розробляється проект технічного переоснащення існуючих систем. Цей проект реалізується поетапно, у міру виконання робіт з капітального ремонту існуючих систем [17].

Ефективність і надійність роботи систем опалення виробничих та житлових приміщень може бути підвищена шляхом налаштування режимів роботи із застосуванням технології тепловізора. Надійність і безвідмовність систем опалення досягається шляхом перевірки технічного стану, виконання профілактичних і ремонтних робіт на етапі підготовки до опалювального сезону і безперервним контролем режимів роботи в процесі експлуатації [15].

Широкі можливості для діагностики та оптимізації режимів роботи систем опалення відкриває технологія тепловізійних досліджень. Тепловізор визначає верхню і нижню межу температур

досліджуваного об'єкта. Формує колірну діаграму температур і відповідність яскравості кольору кожного пікселя температурі. Сучасні тепловізори вимірюють значення температури з похибкою 0,10С. Тепловізійні дослідження системи опалення проводяться з метою перевірки ефективності, виявлення відхилень від нормального режиму і пошуку місць витоку тепла. Для зручності ідентифікації елементів і прив'язки до розміщення елементів в будівлі паралельно з тепловим знімком представляється звичайна фотографія [15].

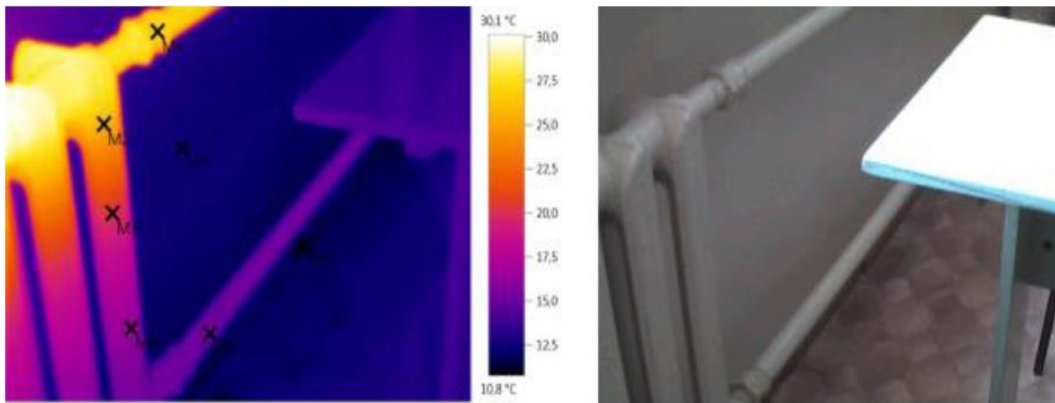


Рис.2 – Радіатор опалення в режимі малої потужності

Для прикладу на рис.2 представлений радіатор опалення та підвідні трубопроводи. Температура на вході 27 °С, на виході - 15 °С, температура на вході дуже мала. Половина радіатора не працює, має температуру 17 °С - на рівні температури повітря в приміщенні. Верхня половина ледь-ледь нагріта. Недостатня циркуляція теплоносія, радіатор працює неефективно, що свідчить про необхідність регулювання подачі теплоносія [15].

Тепловізор підвищує швидкість виявлення несправності обладнання, допомагає знаходити місця значних теплових втрат, пошкодження теплової ізоляції, покращує якість налаштування систем опалення, а в результаті підвищує надійність і ефективність роботи теплопровідних мереж.

Висновок

Таким чином, на основі класифікації й аналізу показників надійності теплових мереж нами обрані показники надійності для ремонтіваних теплових мереж і систем опалення: параметр потоку відмов, ймовірність безвідмовної роботи та тривалість напрацювання на відмову, які можуть залучатися до оцінки надійності теплових мереж і систем опалення за призначенням, конструктивними параметрами (діаметр і товщина стінки трубопроводів), а також використовуватися у вигляді уточненого показника параметра потоку відмов залежності від строку експлуатації, діаметра та виду пошкоджень трубопроводів теплових мереж. Впровадження сучасних технологій, в сферу систем опалювальних систем дозволить скоротити витрати бюджетних коштів на опалення будівель, підвищити надійність, термін експлуатації та полегшити налаштування систем опалення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- 1.Ионин А. А. Надежность систем тепловых сетей / А. А. Ионин - М.: Стройиздат,1989. - 268 с.
2. Науменко І. І. Оцінка надійності водогосподарських об'єктів / І. І. Науменко - Рівне : НУВГП, 2006. - 182 с.
3. Ратушняк Г.С. Оцінювання впливу конструктивних характеристик теплових мереж та їх надійність з використанням нестійкої логіки / Г.С. Ратушняк, М.В. Сідеревич // Сучасні технології матеріалів і конструкції в будівництві – 2017 – №1(22) – С. 41-48.
4. Ионин А.А. Многокритериальная оценка надежности тепловых сетей / А.А. Ионин // Водоснабжение и санитарная техника. - 1994. - № 3. - С. 35 - 37.
5. Хасилев В. Я. Об основах методики расчета надежности и резервирования тепловых сетей / В. Я Хасилев, М. К. Такайшвили // Теплоэнергетика. – 1972. – № 4. – С. 14-19.
6. Соколов Е. Я. Нормирование надежности систем централизованного теплоснабжения / Е. Я. Соколов, А. В. Извеков, В. А. Малофеев // Электрические станции. – 1993. – № 12. – С. 20-24.

7. Инструкция по продлению срока службы трубопроводов II, III и IV категорий : СО 153-34.17464-2003 – . Офиц. изд. – М. : НТЦ «Пром. безопасность» Госгортехнадзора России. – 2007. – Вып. № 36. – 136 с (Сер. 17. Док. по надзору в электроэнерг. Федер. служба по экол., технол. и атом. надзору.).
8. Белов П. Г. Об оценке риска эксплуатации энергооборудования ТЭС П. Г. Белов, В. Ф. Резинских, А. А. Римов // Энергетик. – 2007. – № 7. – С. 2-6.
9. Ионин А. А. Критерии для оценки и расчета надежности тепловых сетей / А. А. Ионин // Водоснабжение и санитарная техника. – 1979. – № 12. – С. 9-10.
10. Сазонов Э. В. Сравнительный анализ эмпирических функций распределения отказов городских теплопроводов / Э. В. Сазонов, М. С. Кононова // Известия вузов. «Строительство». – 2000. – № 7 – 8. – С. 85-87.
11. Монахов Г. В. Количественная оценка надежности систем теплоснабжения / Г.В. Монахов, Б. М. Красовский // Системы централизованного теплоснабжения. – М. : ВНИПИЭнергопром, 1985. – С. 152-166.
12. Чистович А.С. Концепция развития систем централизованного теплоснабжения / А.С. Чистович // Теплоэнергоэффективные технологии // Информационный бюллетень СПб, 2002. № 3 (29) - 4 с.
13. СНиП 41-01-2003. Строительные нормы и правила. Отопление, вентиляция и кондиционирование / Амирджанов А.А., Шарипов А.Я., Садовская Т.Н. (ФГУП СантехНИИпроект), Ильминский А.И. (ВНИИПО МЧС России), Глухарев В.А. (Госстрой России), Васильева Л.С. (ФГУП ЦНС), Карпов В.П. (ОАО «Моспроект»), Долгошева О.Б. (Мосгосэкспертиза). – 2004 – С 71.
14. Кривоногов Б.М. Современные технологии обработки подпиточной и сетевой воды в малых отопительных котельных / Б.М. Кривоногов // Теплоэнергоэффективные технологии. - 2003. - N 1(30). - С.48-54.
15. Горячев В.Я. Повышение надежности систем отопления / В.Я. Горячев, С.В. Голобоков, Н.В. Мартынов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-nadezhnosti-sistem-otopleniya/viewer>
16. Малявина О. М. Класифікація, аналіз і вибір показників надійності теплових мереж / О.М. Малявіна [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://cyberleninka.ru/article/n/klasifikatsiya-analiz-i-vibir-pokaznikov-nadiynosti-teplovih-meresh/viewer>
17. Б.М. Красовский Повышение надежности систем теплоснабжения с автономными котельными/ Б.М. Красовский. А.В. Гришкова, Ю.М. Гнедочкин [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=2393

Дациук Вячеслав Игоревич – студент, факультет будівництва теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: slavik.datsyuk1965@gmail.com

Ратушняк Георгій Сергійович – к.т.н., професор кафедри інженерних систем у будівництві, декан факультету будівництва, теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університету, м. Вінниця, e-mail: ratushnyak.gs@i.ua

Vyacheslav Datsyuk I. – Student, Faculty of Civil Engineering, Heat and Gas supply, Vinnitsa National Technical University, Vinnitsia, e-mail: slavik.datsyuk1965@gmail.com

Ratushnyak Georgiy S. – Ph.D. (Engineering), Professor, Department of Engineering Systems in Construction, Dean of the Faculty of Civil Engineering, Heat and Gas supply, Vinnitsa National Technical University, Vinnitsa, e-mail: ratushnyak.gs@i.ua