

УДК 697.34

О.М.МАЛЯВІНА, канд. техн. наук

Харківський національний університет міського господарства імені О.М.Бекетова

АНАЛІЗ І ВИБІР ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ

Оцінюється надійність теплових мереж. Визначаються показники надійності, аналізується та обґрунтовується їх вибір.

Оценивается надежность тепловых сетей. Определяются показатели надежности, анализируется и обосновывается их выбор.

With the purpose of estimation and increase of the reliability heating networks it is expedient to analyse and define their reliability indexes.

Ключові слова: надійність, теплові мережі, резервування, проектування, експлуатація, оцінка, параметри надійності.

Надійна робота теплових мереж як одного з основних складників систем централізованого теплопостачання є важливим чинником життєзабезпечення.

З метою оцінки та підвищення надійності теплових мереж необхідно визначити показники надійності й обґрунтувати їхній вибір.

Показники надійності теплових мереж у цілому базуються на припущенні про неприпустимість відмов теплової мережі [1-3].

Однак, надійність теплових мереж доцільно визначати на етапах проектування, будівництва й експлуатації [4], які в свою чергу згідно розробленої нами класифікації [8] можна розглядати за нижченаведеними напрямками.

Оцінка надійності теплових мереж при проектуванні може визначатися за рахунок оптимізації схем систем централізованого теплопостачання з метою зменшення шляху транспортування теплоносія, а отже, зменшення імовірності відмов [1, 5,6].

Під час вирішення питань надійності теплових мереж при резервуванні визначається максимальний діаметр магістральних трубопроводів, за якого необхідне резервування, гранично допустима довжина нерезервованого тупикового відгалуження та максимально допустима довжина ділянки резервованої теплової мережі. Вищенаведені показники визначаються на основі нормативних експлуатаційних показників із відмов та зіставлення часу, необхідного для ремонту, і часу зниження температури повітря у приміщенні до нормативного.

Кількісним вираженням надійності теплових мереж з урахуванням матеріалу труб і їхньої ізоляції може бути відношення пошкоджуваності пропонованої конструкції до відомої.

Порівняння варіантів систем теплопостачання за надійністю при використанні проектно-економічних показників зводиться до мінімізації функції витрат на зведення й експлуатацію, включаючи вартість недо-відпущеної теплоти [5-7, 9].

Надійність під час будівництва теплових мереж визначається якістю виконання будівельно-монтажних робіт, дотриманням технічних норм будівництва [10] і прийомом теплових мереж в експлуатацію [11], а також ризиком ухвалення рішень щодо будівництва [12] на передпроектній стадії.

Кількісними показниками якості виконання монтажних робіт трубопроводів можуть бути показники їхньої пошкоджуваності на етапі прироблення [13], які визначаються за допомогою параметра потоку відмов, інтенсивності відмов, питомих пошкоджень трубопроводів, отриманих у процесі експлуатації.

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

Імовірісно-статистичні показники розділяють за параметрами надійності й економіко-статистичні.

До показників надійності за параметрами надійності для невідновлювальних елементів належать імовірність безвідмовної роботи $P(t)$, імовірність відмов $Q(t)$, частота відмов $a(t)$, інтенсивність відмов $\lambda(t)$, час напрацювання до першої відмови, або середній час безвідмовної роботи T_{cp} .

Для відновлюваних елементів – параметр потоку відмов $\omega(t)$, час напрацювання на відмову t_{cp} , імовірність безвідмовної роботи $P(t)$.

Важливими експлуатаційними показниками надійності є імовірність відновлення $F(t)$, інтенсивність відновлення $\mu(t)$, середній час відновлення T_v .

Окрім величин $Q(t)$, $P(t)$ в роботі [14] показниками надійності теплопроводів виступають середній час безвідмовної роботи T_{cp} , рік, їхня дисперсія $D(\tau)$, рік² і середньоквадратичне відхилення $\sigma(\tau)$, рік.

Вищезазначені показники визначаються функціями, наведеними нижче. Імовірність безвідмовної роботи теплової мережі, переважно, визначається законом Пуасона [15], основним показником у якому є параметр потоку відмов.

Імовірність відмов визначається згідно з такими функціями: експоненційна, функція Вейбула, S-подібна, показникова [14]. Щільність вірогідності відмов трубопроводів визначається нормальним

розподілом, розподілом Релея, гама-розподілом, функцією вигляду $y = e^{a+bt+ct^2}$ [16].

Параметр потоку відмов для умов експлуатації теплопроводів за наявності ґрунтових вод, що враховують блукаючі струми і матеріал теплоізоляції, описаний логарифмічною функцією [17].

Залежність питомої пошкоджуваності трубопроводів [11] представлена у вигляді матриць-векторів. Розподіл часу відмов трубопроводів і устаткування підкоряється експоненційному закону, а з урахуванням старіння і зносу – закону Вейбула [5].

Показники надійності можуть бути локальними чи комплексними (інтегральними).

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

Параметр потоку відмов може бути як локальним показником безвідмовності [17,18], так і входити до інтегральних показників [4,7], а також використовуватися для визначення економічно обґрунтованого періоду експлуатації [7].

Параметр потоку відмов як показник безвідмовності теплових мереж може бути прийнятим (нормативним) [4,19,20] або одержаним на основі аналізу пошкоджуваності теплопроводів [1,7,17,18].

Як відомо, для ремонтіваних теплопроводів більш коректно використовувати не величину питомої пошкоджуваності $\lambda(t)$, а параметр потоку відмов теплопроводів $\omega(t)$. Що стосується нормативних значень параметра потоку відмов, то використання його в умовах недостатнього фінансування експлуатації викликає певні труднощі.

Прогнозований рівень пошкоджень теплової мережі приймається відповідно до концепцій [11].

Питома пошкоджуваність обчислюється залежно від строку експлуатації й товщини стінки трубопроводу [21]. Імовірність відмов теплопроводів визначається за тривалістю глибини відмов [22].

До комплексних (інтегральних) показників надійності зараховують коефіцієнти готовності K_g , простою K_n [23] і лімітованої подачі теплоносія [4].

Показником надійності системи є відношення показника якості реальної системи ($Q(t)$ – теплова потужність за відмови елементів систем централізованого тепlopостачання) до показника якості ідеальної системи (розрахункова теплова потужність системи централізованого тепlopостачання Q_0) [4,15].

Інтегральний показник $R_{c.m.}(t)$ включає, крім показників $R_{cm}(t)$, співвідношення $Q(t)/Q_0$, значення параметра потоку відмов і тривалість опалювального періоду [4].

За показник надійності $R_{cm}(t)$ систем тепlopостачання приймаємо відношення показників подачі теплоти реальної системи до ідеальної (розрахункової) [15].

Коефіцієнт готовності, імовірність безвідмовної роботи, частоти відмов, середній час порушення тепlopостачання за опалувальний сезон визначаються згідно з працями [4,24,25].

Довговічність визначається за умови, що витрати на усунення відмов більші, ніж на зведення нового теплопроводу [7,21,25].

Важливими експлуатаційними показниками надійності є ремонтопригідність, час відновлення трубопроводів [7,26,27].

Під час експлуатації теплових мереж економіко-статистичні методи базуються на імовірнісних показниках надійності та капітальних і амортизаційних витратах, на основі яких можна обґрунтувати й визначити доцільний період експлуатації [7,11,18,26,27].

Експериментальні показники надійності включають експериментально-аналітичні показники (одержані неруйнівними методами) і фізико-механічні (отримані руйнівними методами).

До експериментально-аналітичних показників надійності теплопроводів належать метод аналізу стану трубопроводів за величиною коефіцієнта еквівалентної шорсткості [12], внутрішньоутробна інспекція із залученням снарядів-дефектоскопів і методу магнітної томографії [28], а також визначення тепловитрат трубопроводу за допомогою тепловізорів [29].

Загальна оцінка теплопроводів за фізико-механічними показниками шляхом розкриття трубопроводів і вирізання зразка з тіла труби проводиться згідно з методикою [30]. Оцінка надійності теплопроводів у такий спосіб коректна, проте вимагає великих витрат.

3-поміж періодів проектування будівництва й експлуатації теплових мереж, останній етап становить основну частину їхнього функціонування, тому основою оцінки надійності теплових мереж виступають експлуатаційні показники надійності.

При використанні імовірнісно-статистичних показників надійності теплових мереж, варто зважати на те, що на пошкоджувальність теплопроводів впливають багато факторів. Дія кожного з них у різних умовах експлуатації неоднакова. Оскільки різними є комбінації цих чинників, до того ж неоднаковий економічний складник, то аналітичне вираження узагальненого показника надійності трубопроводів теплової мережі, яке включало б значення необхідних параметрів надійності й економіко-статистичні показники, неможливе.

Використання експериментальних методів оцінки надійності теплових мереж громіздке та не завжди коректне.

Із огляду на вищевикладене, 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 імовірісно-статистичним показником надійності теплових мереж може бути параметр потоку відмов і імовірність безвідмовної роботи, розрахована за законом Пуассона.

Основою обчислення імовірісно-статистичних показників надійної роботи теплових мереж є аналіз їхніх пошкоджень за визначений період часу. Ця процедура є відносно простою, але дає надійні результати під час оцінки технічного стану теплових мереж і прогнозування їхньої пошкоджуваності. Основним із цих показників для ремонтіваних теплових мереж є параметр потоку відмов.

На основі зазначеного параметра можна також визначити імовірність безвідмовної роботи теплової мережі та середній час безвідмовної роботи. За показники надійності ремонтіваних трубопроводів теплових мереж доцільно використовувати параметр потоку відмов і розраховані на його базі імовірність безвідмовної роботи та час напрацювання на відмову.

Із метою оптимізації планування витрат для існуючих теплових мереж основних матеріально-технічних ресурсів (за їхніми видами) і трудових ресурсів доцільно використовувати уточнений показник надійності – параметр потоку відмов, який включає його залежність від строку експлуатації трубопроводів, їхнього діаметра та виду пошкоджень. У цілях підвищення надійності теплопостачання в умовах недофінансування планово-ремонтних робіт за рахунок ранжування пошкоджуваності подавальних і зворотних теплопроводів та трубопроводів гарячого водопостачання і проведення при цьому відповідних першочергових ремонтно-відновлювальних робіт доцільно використовувати параметр потоку відмов, визначений для зазначених трубопроводів.

Таким чином, на основі аналізу показників надійності теплових мереж нами обрані показники надійності для ремонтіваних теплових мереж: параметр потоку відмов, імовірність безвідмовної роботи та час напрацювання на відмову, – які можуть залучатися до оцінки надійності теплових мереж за призначенням, конструктивними параметрами (діаметр і товщина стінки трубопроводів), видами пошкоджень, а також використовуватися у вигляді уточненого показника параметра потоку відмов залежності від строку експлуатації, діаметра та виду пошкоджень трубопроводів теплових мереж.

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. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети / Е.А. Соколов. – М.: МСН, 2006. – 472 с.
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. Сеннова Е.В. Исследование надежности при оценке различных принципов построения теплофикационных систем / Е.В. Сеннова, Б.М. Каганович, Т.Б. Ощенко // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики. – 1975. – Вып. 8. – С. 127-140.
7. Соколов Е.Я. Нормирование надежности систем централизованного теплоснабжения / Е.Я. Соколов, А.В. Извеков, В.А. Малофеев // Электрические станции. – 1993. – № 12. – С. 20-24.
8. Малявина О. Н. Классификация показателей надежности тепловых сетей / О.Н. Малявина // Энергосбережение и экология в жилищно-коммунальном хозяйстве и строительстве городов: сб. – Белгород, 2013.
9. 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. – Серия 17. Док. по надзору в электроэнерг. Федер. служба по экол., технол. и атом. надзору.
10. Глюза А.Т. Прогнозирование повреждаемости подземных тепловых сетей / А.Т. Глюза, Б.В. Яковлев, Ю.Д. Лысенко, М.Я. Мельцер, О.Ф. Шленок // Теплоэнергетика. – 1989. – №6. – С.18-21.
11. Белов П.Г. Об оценке риска эксплуатации энергооборудования ТЭС / П.Г. Белов, В.Ф. Резинских, А.А. Римов // Энергетик. – 2007. – № 7. – С. 2-6.
12. Найманов А.Я. Основы надежности инженерных систем коммунального хозяйства / А.Я. Найманов, Н.Г. Насонкина, В.Н. Маслак, Н.И. Зотов. – Донецк, 2001. – 151 с.
13. Сазонов Э.В. Определение эмпирических функций распределения отказов городских теплопроводов / Э.В. Сазонов, М.С. Кононова // Известия вузов. Строительство. – 2000. – № 2-3. – С. 62-64.
14. Ионин А.А. Критерии для оценки и расчета надежности тепловых сетей / А.А. Ионин // Водоснабжение и санитарная техника. – 1979. – № 12. – С. 9-10.
15. Сазонов Э.В. Сравнительный анализ эмпирических функций распределения отказов городских теплопроводов / Э.В. Сазонов, М.С. Кононова // Изв-я вузов. «Строительство». – 2000. – № 7-8. – С. 85-87.
16. Плавич А.Ю. Оценка и обеспечение уровня надежности водяных тепловых сетей: автореф. дис. на соиск. научн. степ. канд. техн. наук: спец. 05.23.03 – «вентиляция, освещение и теплогазоснабжение» / А.Ю. Плавич – М.: РГБ, 2005. – 17 с.
17. Глюза А.Т. Прогнозирование повреждаемости подземных тепловых сетей / А.Т. Глюза, Б.В. Яковлев, Ю.Д. Лысенко, М.Я. Мельцер, О.Ф. Шленок // Теплоэнергетика. – 1989. – №6. – С.18-21.
18. Малая Э. М. Повышение уровня эксплуатационной надежности тепловых сетей при реконструкции систем теплоснабжения в условиях ограниченного финансирования / Э.М. Малая, С.А. Сергеева // Новости теплоснабжения. – 2006. – № 4. – С. 41-44.
19. Октябрьский Р.Д. К вопросу о надежности источников тепловой энергии в системах централизованного теплоснабжения / Р.Д. Октябрьский // Теплоэнергоэффективные технологии. – 2006. – № 2. – С. 66.

20. Гришкова А.В. Надежность систем теплоснабжения с учетом современных требований к теплотехническим характеристикам здания /А.В. Гришкова, Б.М. Красовский Т.Н. Романова, Т.Н. Белоглазова // Изв-я вузов. «Строительство». – 2001. – № 5. – С. 73-76.
21. Сазонов Э.В. К вопросу диагностирования состояния инженерных систем / Э.В.Сазонов, М.С. Кононова // Изв-я вузов. – 1999. – № 6. – С. 93-96.
22. Красовский Б.М. К вопросу об оценке надежности систем теплоснабжения / Б.М. Красовский, Е.В. Коломина // Тр. И-та. ВНИПИЭнергопром. – 1976. – Вып. 8. – С. 51-54.
23. Монахов Г. В. Количественная оценка надежности систем теплоснабжения / Г. В. Монахов, Б. М. Красовский // Системы централизованного теплоснабжения. – М.: ВНИПИЭнергопром, 1985. – С. 152-166.
24. Умеркин Г. Х. Определение остаточного ресурса тепловых сетей по статистическим данным об авариях / Г.Х. Умеркин, С.А. Дроздов, А.М. Гончаров, Н.Н. Демиденко // Новости теплоснабжения. – 2007. – № 11. – С. 42-46.
25. Типовая инструкция по эксплуатации тепловых сетей. ТИ 34-70-045-85. – М: Союзтехэнерго. 1986. – 47 с.
26. Соколов Е.Я. Количественный расчет надежности систем теплоснабжения / Е.Я. Соколов, А.В. Извеков // Теплоэнергетика. – 1990. – № 9. – С. 14-15.
27. Кучев В.А. Влияние продолжительности восстановления теплоснабжения на вероятность безотказной работы / В.А. Кучев // Совершенствование проектных решений систем централизованного теплоснабжения. – М.: ВНИПИЭнергопром, 1983. – С. 128-136.
28. Горошевский В.П. Расчет параметров работоспособности трубопроводов, не подлежащих внутритрубной дефектоскопии В.П. Горошевский, И.С. Колесников // Энергетик. – 2009. – № 1. – С. 37-38.
29. Малахов Д.В. Качественное прогнозирование состояния участков тепловых сетей: автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. тех. наук: спец. 05.23.03 – вентиляция, освещение и теплогазоснабжение / Д.В. Малахов. – Волгоград, 2006. – 19 с.
30. Правила технічної експлуатації електричних станцій і мереж. Правила / ГКД 34.20.507 – Офіц. видан. – К.: ГРІФРЕ: затверджено М-вом палива та енергетики України від 13.06.03 № 296, 2003 (із змінами та доповненнями внесеними наказом М-ва палива та енергетики України від 19.12.2005 № 609). – 335 с.

Отримано 23.10.2013