

УДК 697.34

О. М. МАЛЯВИНА, кандидат технічних наук

Харківський національний університет міського господарства ім. В. М. Бекетова, м. Харків

КЛАСИФІКАЦІЯ, АНАЛІЗ І ВИБІР ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ

Разработана класифікація, проведен анализ и выбор показателей надежности тепловых сетей.

Ключевые слова: *надежность, трубопровод, параметр потока отказов, анализ, повреждение, эксплуатация, тепловые сети.*

Розроблена класифікація, проведено аналіз і вибір показників надійності теплових мереж.

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

Вступ

Надійна робота теплових мереж, як однієї з основних складових систем централізованого теплопостачання, є важливим чинником життєзабезпечення.

Для оцінки і підвищення надійності теплових мереж необхідно визначити показники надійності, дати класифікацію і обґрунтувати їх вибір.

Не дивлячись на актуальність і важливість вказаної проблеми в теперішній час не існує єдиної методики визначення надійності теплових мереж, а підходи до класифікації показників надійності відрізняються один від одного.

При розрахунку та обґрунтуванні рівня надійності систем в цілому та окремих їх частин необхідно враховувати особливості, характерні для систем централізованого теплопостачання [1-8]: територіальний розподіл у межах міста або промислового центру; неприривність 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 в цілому базуються на припущенні про недопустимість відмов теплової мережі [1-3]. Відповідно до цього їх можна поділити на інтегральні і локальні. До інтегральних показників відносяться:

- імовірна оцінка роботи системи в період строку експлуатації або періоду між капітальними ремонтами;
- норма лімітованого теплопостачання при аварійних ситуаціях.

Локальні показники носять конкретний характер і відображають зменшення якості теплопостачання окремих споживачів і підрозділяються:

- імовірнісний показник відключення споживачів при аварійних ситуаціях;
- мінімальна температура повітря в приміщенні, яка встановлюється в кінці ремонту теплопроводу.

У роботі [16] показники надійності теплових мереж підрозділяються на імовірностатистичні, економічні, аналітичні, облік живучості.

Вказана класифікація, як і попередня, не враховує питань надійності при будівництві і, частково, при проектуванні. В [4] рекомендується визначати показники надійності теплових мереж не тільки на етапі експлуатації, а і на етапі проектування. Однак вказана рекомендація не підтверджена реальним показником надійності при проектуванні систем централізованого теплопостачання.

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.

Основна частина

Показники надійності теплових мереж вказаних напрямів можуть бути комплексними (інтегральними) та локальними.

На рис.1. приведена схема класифікації показників надійності за напрямками: проектування, будівництво та експлуатація з розподілом кожного з вказаних напрямків, які описані далі.

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 [7], гранично допустима довжина нерезервованого тупикового відгалуження та максимально допустима довжина ділянки резервованої теплової мережі [7]. 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 із урахуванням матеріалу труб і їхньої ізоляції може бути відношення пошкоджуваності пропонованої конструкції до відомої [8].

Порівняння варіантів систем теплопостачання за надійністю при використанні проектно-економічних показників зводиться до мінімізації функції витрат на зведення й експлуатацію, уключаючи вартість недовідпущеної 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 ухваленням рішень щодо будівництва [12] на передпроектній стадії.

Кількісними показниками якості виконання монтажних робіт трубопроводів можуть бути показники їхньої пошкоджуваності на етапі приробляння [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 імовірнісно-статистичні й експериментальні.

Імовірнісно-статистичні показники можна розділити 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 $D(\tau)$, рік, 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, фун-

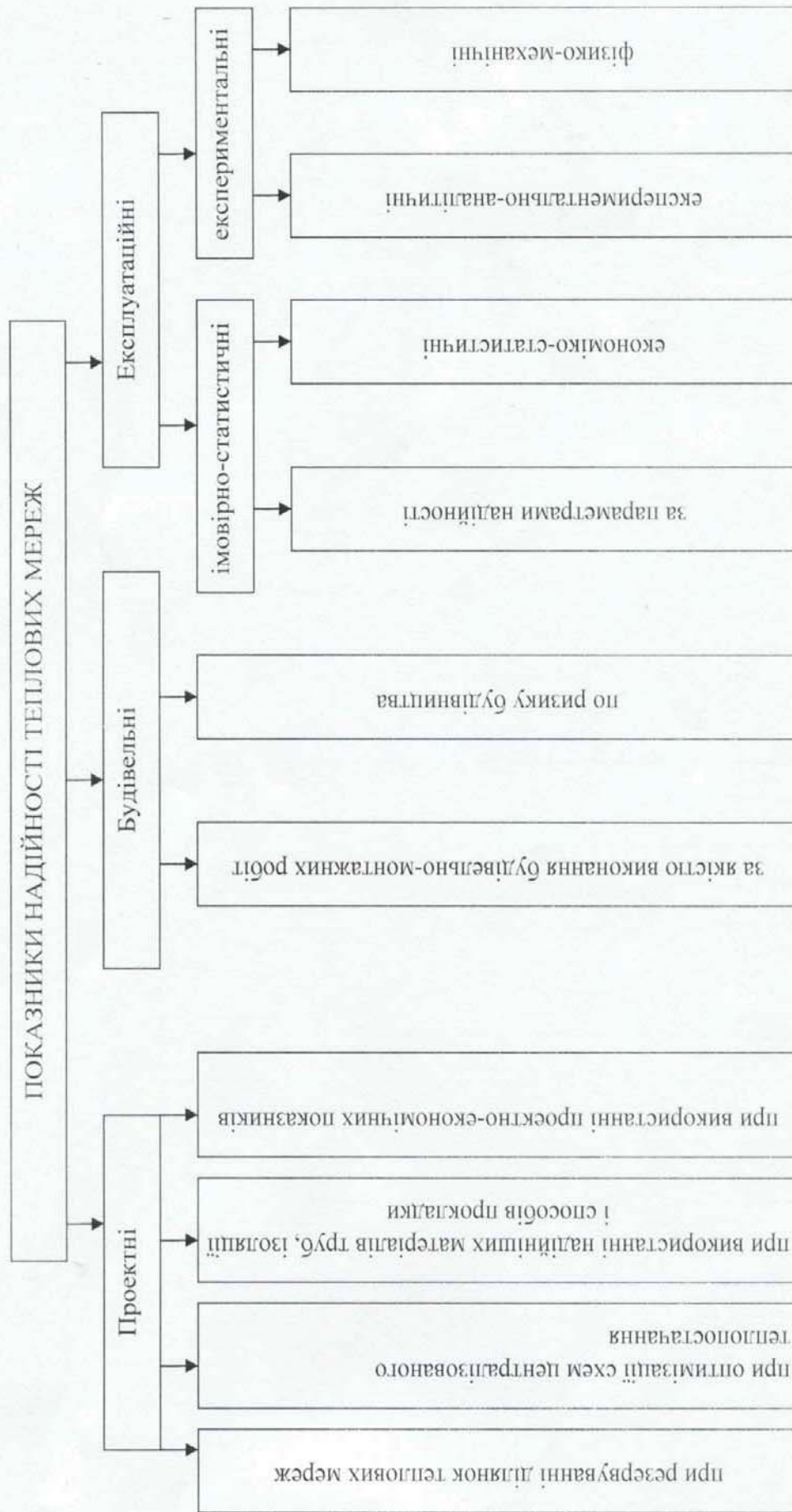


Рис.1.- Класифікація показників надійності теплових мереж

кція 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 зараховуємо коефіцієнти готовності K_g , простою K_p [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 $R_{ст.т}(t)$ включає, крім показників $R_{ст}(t)$, співвідношення $Q(t)/Q_0$, значення параметра потоку відмов і тривалість опалювального періоду [4].

За показник надійності $R_{ст}(t)$ 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 опалювальний 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 ремонтпригідність, 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 імовірно-статистичних показників надійності теплових мереж, варто зважати на те, що на пошкоджуваність 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, практично 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 імовірно-статистичним показником надійності теплових мереж може бути параметр потоку відмов і імовірність безвідмовної роботи, розрахована за законом Пуассона.

Основою обчислення імовірно-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.

Висновки

Таким чином, на основі класифікації й 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

потоків відмов залежності від строку експлуатації, діаметра та виду пошкоджень трубопроводів теплових мереж.

Список 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. Соколов Е. Я. Теплофикация и тепловые сети / Е. А. Соколов – М.: МСИ, 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. Ощенкова // 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. Майзель И. Л. Пути повышения надежности и долговечности тепловых сетей / И. Л. Майзель // Энергетика Татарстана. – 2007. – № 3. – С.10 – 15.
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 (Сер. 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.

CLASSIFICATION, ANALYSIS AND SELECTION OF RELIABILITY INDEX OF HEATING NETWORK

O. M. MALYAVINA, Candidate of Engineering

The paper develops classification, makes analysis and selection of heating networks.

Key words: *reliability, pipeline, failure flow parameter, analysis, damage, operation, heating networks.*

1. Ionin A.A. Reliability of systems of thermal networks/ A.A. Ionin. [Ionin A. A. Nadeznost system teplovix setei / A. A. Ionin]– М.: Stroyisdat, 1989.– 268 p.

2. Naumenko I. I. Assessment of reliability of water management objects/ Naumenko I. I. [Naumenco I. I. Ocinka nadiinosti vodogospodarskux obektiv / I. I. Naymenko] – Rivne : NUVGP, 2006 – 182 p.

3. Sokolov E. Y. Central heating and thermal networks/ E.A. Sokolov. [Sokolov E. A. Teplofikacia i teplovie seti / E. A. Sokolov] – М.: MEI,2006.– 472 p.

4. Ionin A. A. Multicriteria assessment of reliability of thermal networks/ Ionin A.A.// Water supply and sanitary equipment. [Ionin A. A. Mnogokriterialnai ocnka yadegnosti teplovix setei / A. A. Ionin // Vodosnabzhenie I sanitarnaia tekhnika.] – 1994. – № 3. – P. 35–37.

5. Khasiliov V.Y. About bases of a method of calculation of reliability of reservation of thermal networks/ Khasiliov V.Y., Takaishvili M.K. [Xasilev V.I. Ob osnovax meyodiki rasheta nadeznosti i rezervirovaniia teplovix setei / V. I Xasilev, M. K. Takaiwvili]. Heat-and-

power engineering. – 1972. – № 4. – P. 14–19.

6. Sennova E.V. Reliability research at an assessment of various principles of creation of heating systems/ Sennova E.V., B.M. Kaganovych, T.B. Oshenkova. [Sennova E. V. Issledovanie po nadezhnosti pri ocenke razlihnix principov postroenia teplofikacionnix sistem / E. V. Sennova, B. M., Kaganovibm, T. B. Owepcova]. Methodical questions of research of reliability of big systems of power. – 1975. – release 8. – P. 127–140.

7. Sokolov E. Y. Rationing of reliability of systems of the centralized heat supply/ Sokolov E. Y. , A. V. Isvekov, V. A. Malofeev. [Sokolov E. I. Normirovanie nadezhnosti sistem centralizovannoga teplosnobgenia / E. I. Sokolov, A. V. Izvekov, V. A. Malofeev]. Power plants. – 1993. – № 12. – P. 20–24.

8. Maisel I. L. Ways of increase of reliability and durability of thermal networks/ Maisel I. L. [Maizel I. L. Pyti poviwenia nadezhnosti i dolgovehnosti teplovix setei / I. L. Maizel]. – Power industry of Tatarstan. – 2007. – № 3. – P. 10–15.

9. Instruction on extension of service life of pipelines P, SH and IV categories : CO 153-34.17464-2003 [Instrykcia po prodleniu sroka slygbi tryboprovodov II, III i IV kategorii: CO 153-34.17464-2003 (Ser. 17. Dok. po nadzory v electroenerg. Feder. slygba po ekol., texnol. i atom. nadzory)]. – Official publishing – M.: NTC “Industrial safety”. – 2007. № 36. – 136.

10. Gluza A. T. Forecasting of damageability of underground thermal networks/ Gluza A. T., B. V. Yakovlev, U. D. Lysenko, M. Y. Meltser, O. F. Shleno [Gluza A. T. Prognozirovanie povregdaemosti podzemnix teplovix setei / A. T. Gluza, B. V. Iakovlev, U. D. Lisenko, M. I. Melcer, O. F. Wlenok]. – Heat-and-power engineering. – 1989. – № 6. – P. 18-21.

11. Belov P. G. About an assessment of risk of operation of the power equipment of thermal power plant P.G. belov, V.F. Resinskih, A.A. Rimov [Belov P. G. Ob ocenke riska eksplyatacii energooborydovaniia TES / P. G. Belov, V. F. Rezinskii, A. A. Rimov]. – Power engineering specialist. – 2007. – № 7. – P. 2–6.

12. Naimanov A.Y. Bases of reliability of engineering systems of municipal services/ Naimanov A.Y., N.G. Nasonkina, V.N. Maslak, N.I. Zotov. [Naimanov A. I. Osnovi nadezhnosti ingenernix sistem kommynalnogo xoziaistva / A. I. Naimanov, N. G. Nasonkina, V. N. Maslak, N. I. Zotov]. – Donetsk, 2001. – 151 p.

13. Sazonov E. V. Definition of empirical functions of distribution of refusals of city heat conductors/ E. V. Sazonov, M. S. Cononova [Sazonov E. V. Opredelenie emperiheskix funkicii raspredelenia otkazov gorodskix teploprovodov / E. V. Sazonov, M. S. Kononova]. – News of institutes of higher. Building– 2000. – № 2–3. – P. 62–64.

14. Ionin A.A. Criteria for an assessment and calculation of reliability of thermal networks/ Ionin A.A. [Ionin A. A. Kriterii dlia ocenki i rasheta nadezhnosti teplovix setei / A. A. Ionin] . – Water supply and sanitary equipment. – 1979. – № 12. – P. 9–10.

15. Sazonov E.V. Definition of empirical functions of distribution of refusals of city heat conductors/ Sazonov E.V., M.S. Cononova [Sazonov E. V. Sravnitel'nii analiz emperiheskix funkicii raspredelenia otkazov gorodskix teploprovodov / E. V. Sazonov, M. S. Kononova]. – News of institutes of higher. Building – 2000. – № 7 – 8. – P. 85–87.

16. Plavich A. U. Assessment and providing level of reliability of thermal networks. avtoref. dissertations on the competition of scientific degree of candidate of engineerings sciences: speciality 05.23.03 is ”Ventilation, lighting and heatgas supply” Plavich A.U. [Plavich A. U. Ocenka i obespehenia yrovnia nadezhnosti vodianix teplovix setei : avtoref. dis. na soisk. nayhn. step. kand. texn. nayk : spec. 05.23.03 – «ventiliatsia, osvewenie i teplosnabgenia» / A.U. Plavich]. – M. – RGB, 2005. – 17 p.

17. Gluza A. T. Forecasting of damageability of underground thermal networks/ Gluza A. T., B. V. Yakovlev, U. D. Lysenko, M. Y. Meltser, O. F. Shlenok [Gliuza A. T. Prohnozirovanie povrezhdaemosti podzemnykh teplovykh setey / A. T. Gliuza, B. V. Yakovlev, Yu. D. Lysenko, M. Ya. Meltser, O. F. SHlenok]. – Heat-and-power engineering. – 1989. - № 6. – P. 18-21.

18. Malaya E.M. Increase of level of operational reliability of thermal networks at reconstruction of systems of a heat supply in the conditions of limited financing/ Malaya E.M., S.A. Sergeeva [Malaia E. M. Poviwenie yrovnia eksplyatacionnoi nadezhnosti teplovix setei pri rekonstrykcii sistem teplosnabgenia v ysloviiax ogranihennogo finansirovaniia/ E. M. Malaia, S. A. Sergeeva]. – Heat supply news. – 2006. – № 4. – P. 41–44.

19. Oktyabrsky R. D. News теплоснабжения к вопросу о надежности источников тепловой энергии в системах централизованного теплоснабжения / R. D. Oktyabrsky [Oktyabrskii R. D. K voprosy o nadezhnosti istochnikov teplovii energii v sistemakh centralizovannogo teplosnabgenia / R. D. Oktyabrskii]. – Heatpower effective technologies. – 2006. – № 2. – P. 66.
20. Grishkova A. V. Reliability of systems of a heat supply taking into account modern requirements to heat technical characteristics of the building / A. V. Grishkova, B. M. Krasovsky, T. N. Romanova, T. N. Beloglazova [Griwkova A. V. Nadezhnosti sistem teplosnabgeniia i yhetom sovremennix trebovaniy k teplotexniheskim xarakteristikam zdanii / A. V. Griwkova, B. M. Krasovskii, T. N. Romanova, T. N. Beloglazova]. – News of institutes of higher. Building. – 2001. № 5. – P.73–76.
21. Sazonov E. V. To a question of diagnosing of a condition of engineering systems / E. V. Sazonov, M. S. Cononova [Sazonov E.V. K voprosy diagnostirovaniia sostoiania ingenernix sistem / E. V.Sazonov, M. S. Kononova]. News of institutes of higher. – 1999. – № 6. – P. 93–96.
22. Krasovsky B. M. To a question of an assessment of reliability of systems of a heat supply / Krasovsky B. M., E. V. Kolomyina [Krasovskii B. M. K voprosy ob ocenke nadezhnosti sistem teplosnabgenia / B. M. Krasovskii, E. V. Kolomina]. – Energy prom. – 1976. – release 8. – P. 51–54.
23. Monakhov G. V. Quantitative assessment of reliability of systems of a heat supply / Monakhov G. V., Krasovsky B. M. // Systems of the centralized heat supply [Monaxov G. V. Kolihestvennaia ocenka nadezhnosti sistem teplosnabgenia / G. V. Monaxov, B. M. Krasovskii // Sistemi centralizovannogo teplosnabgenia]. – M.: VNIPIE, 1985. – p. 152-166.
24. Umerkin G. H. Definition of a sufficient resource of thermal networks according to statistical data on accidents / Umerkin G. H., Drozdov S. A., Goncharov A. M., Demidenko N. N. [Ymerkin G. X. Opredelenie ostatohnogo resyrsa teplovix setei po statistiheskim dannim po avariam / G. X. Ymerkin, S. A. Drozdov, A. M. Gonharov, N. N. Demidenko]. – Heat supply news. – 2007. – № 11. – P. 42–46.
25. Standard maintenance instruction of thermal networks. TI 34-70-045-85. [Tipovaia instrukcia po eksplyatacii teplovix setei. TI 34-70-045-85.]. – M.: Souztxenergiia. – 1986. – 47 p.
26. Sokolov E.Y. Quantitative calculation of reliability of systems of a heat supply / Sokolov E. Y., A.V. Izvekov [Sokolov E. I. Kolihestvtvnnii raset nadezhnosti sistem teplosnabgenia / E. I. Sokolov, A. V. Izvekov]. – Heat-and-power engineering. – 1990. – № 9. – P. 14–15.
27. Kuchev V. A. Influence of duration of restoration of a heat supply on probability of no-failure operation / Kuchev V. A. // Improvement of design decisions of systems of the centralized heat supply. - [Kyhev V. A. Vlianie prodolgitel'nosti vosstanovleniia teplosnabgeniia na veroiatnost bezotkaznoi raboti / V. A. Kyhrv // Soverwenstvovanie proektnix rewenii sistem centralizovannogo teplosnabgenia]. – M.: VNIPIE, 1983. – P. 128–136.
28. Goroshevsky V. P. Calculation of parameters of operability of the pipelines which aren't subject to intra pipe defectoscopy / Goroshevsky V. P., Kolesnicov I. S. [Gorovevskii V. P. Raset parametrov rabotosposobnosti tryboprovodov, ne podlegawix vnytritrybnoi defektoskopii / V. P. Gorovevskii, I. S. Kolesnikov]. – Energetik. – 2009. – № 1. – P. 37–38.
29. Malakhov D.V. High-quality forecasting of a condition of sites of thermal networks avtoref. dis. na soisk. nayhn. step. kand. texn. nauk : spec. 05.23.03 – «ventiliatsiia, osvewenie i teplosnabgeniia» / Malakhov D.V. [Malaxov D. V. Kahestvennoe prognozirovanie sostoiania yhastkov teplovix setei: avtoref. dis. na soisk. yh. step. kand. tex. nauk: spec. 05.23.03 – ventiliatsiia, osvewenie i teplogazosnabgenie / D. V. Malaxov] – Volgograd, 2006. – 19 p.
30. Rules of technical operation of power plants and networks. Rules / GKD 34.20.507 – official publication – K.: GRIFRE: approved by the ministry of energetic of Ukraine from 13.06.03 № 296, 2003. [Pravila texnihnoi eksplyatacii elektrihnix stancii I mereg. Pravila / GKD 34.20.507- Ofic. vidan. – K.: GRIFRE: zatverdgeno M-vom paluva ta energetiku Ykraiini vid 13.06.03 № 296, 2003 (iz zminamu ta dopovnenniami vnesenimi nakazom M-va paliva ta energetiki Ykraiini vid 19.12.2005 № 609)]. – 335 p.

Поступила в редакцию 12.12 2013 г.