

## Моделювання прогнозованої надійності трубопроводів теплових мереж

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація.*

*Розглянуто основні принципи прогнозування надійності теплових мереж. Проаналізовано основні чинники організаційно-технологічного забезпечення оцінювання надійності трубопроводів теплових мереж. Запропоновано для моделювання прогнозованої надійності трубопроводів теплових мереж використовувати математичний апарат нечіткої логіки та лінгвістичні змінні.*

**Ключові слова:** прогнозування, надійність, трубопроводи, теплові мережі, лінгвістична змінна.

### *Abstract.*

*The basic principles of forecasting reliability of heat networks. The basic factors of organizational and technological support evaluation of reliability of network pipes. Proposed to model predicted reliability of network pipes used mathematical apparatus of fuzzy logic and linguistic variables.*

**Keywords:** forecasting, reliability, pipelines, heat networks, linguistic variable.

Значна кількість аварій в системах тепlopостачання та ненадання населенню якісних й дешевих послуг з опалення будівель обумовлено низькою якістю виконання конструкцій трубопроводів, теплової ізоляції, запірної арматури, недостатнім рівнем автоматичного управління процесами передавання, розподілення й споживання теплової енергії. В зв'язку з цим зменшується надійність системи тепlopостачання із-за морального й фізичного старіння її окремих елементів, що обумовлено хронічним недофінансуванням робіт з їх модернізації та реконструкції.

Основні принципи прогнозування надійності трубопроводів теплових мереж розглянуті в роботах [1, 2, 3, 4, 5]. Суттєвий вплив на методологію прогнозування надійності систем тепlopостачання мають такі конструктивні властивості та технологічні особливості: нелінійні просторові мережові структури довільної топології із значною кількістю елементів з різною ймовірністю безвідмовної роботи, потік відмов, що виникають одна за одною у випадкові моменти часу є випадковою функцією, що визначається значною величиною факторів, які характеризуються кількісними та якісними параметрами. Відмова функціонування системи тепlopостачання при проектному розрахунковому або аварійному рівні теплoзабезпечення споживачів є причиною зменшення температури повітря в приміщеннях нижче оптимального значення, тобто до погіршення комфортних умов проживання мешканців.

Відомі статистичні методи прогнозування надійності, що базуються на аналізі варіації оціночного показника за певний проміжок часу [2, 4]. Прогнозування надійності трубопроводів теплових мереж на основі аналізу статистичних моделей не завжди доцільне й можливе із-за відсутності статистики пошкоджуваності за визначений проміжок часу для довгострокового періоду їх експлуатації. Систему теплогазопостачання доцільно представляти як динамічну математичну модель, яка може бути неперервною, коли змінна весь час змінюється, або дискретною, коли змінна змінюється в окремі періоди експлуатації.

Процес моделювання з прогнозування надійності трубопроводів теплових мереж включає: постановку задачі – підвищення ефективності організаційно-технологічних заходів із забезпечення надійності; формалізацію моделі – формування концептуальної моделі для багатофакторного аналізу накопичених факторів, що впливають на стан трубопроводів; вибір математичного апарату для моделювання та формальний опис моделі; безпосереднє створення моделі – встановлення залежності між факторами, що досліджуються і впливають на надійність трубопроводів; верифікація та перевірка адекватності моделі; аналіз результатів моделювання та формування висновків й пропозицій.

Прогнозування надійності трубопроводів залежно від факторів, що впливають на цей процес,

доцільно виконувати на основі експертних якісних та кількісних оцінок технічного стану елементів системи теплопостачання. Для розроблення експертно-моделюючої системи прогнозування надійності трубопроводів доцільно використовувати математичний апарат, що базується на теорії нечітких множин та лінгвістичної змінної [6, 7, 8].

Основними поняттями теорії нечітких множин є універсальна множина, нечітка множина, функція належності, лінгвістична змінна та нечіткі логічні операції. Моделювання прогнозованої надійності здійснюється за допомогою нечітких висновків, які апроксимуються відповідною залежністю за допомогою нечітких правил «якщо – то» та нечітких логічних операцій [6, 8]. Техніка нечіткого логічного висновку дозволяє отримати прогнозовану надійність трубопроводів як нечіткі множини. Для переходу від отриманих нечітких множин до кількісної оцінки виконують процедуру дефазифікації, тобто перетворення нечіткої інформації в чітку форму.

З метою встановлення ієрархічних зв'язків, що визначають прогнозовану надійність трубопроводів теплових мереж, виконана їх класифікація за кількісними й якісними ознаками: проектні рішення, якість будівельно-монтажних робіт та умови експлуатації, які враховують призначення конструктивні параметри, руйнуючі фактори тощо. Класифіковані фактори визначають лінгвістичні змінні на системному та підсистемному рівнях. За результатами структурної ідентифікації чинників, що впливають на надійність трубопроводів, розроблено узагальнений елемент у вигляді дерева логічного висновку ієрархічних зв'язків кількісних та якісних параметрів як факторів впливу. Корінь дерева логічного висновку відповідає прогнозованій надійності трубопроводів, а висячі вершини є фактори, що впливають на надійність на підсистемних рівнях. Як нечіткі терми для оцінювання лінгвістичних змінних прийняті кількісні вирази «низька», «нижче середньої», «середня», «вище середньої» та «висока», за допомогою яких складено нечіткі матриці знань. Лінгвістичні висловлювання, що структуризовані у вигляді нечітких матриць знань стали підґрунтям для складання системи нечітких логічних рівнянь, які характеризують поверхню належності змінних за відповідним термом.

Отримані нечіткі логічні рівняння на відповідному ієрархічному системному чи підсистемних рівнях пов'язують функції належності вхідних і вихідних змінних. Ієрархічна система логічних рівнянь дозволить оцінити ступінь належності чинників, що впливають на безвідмовність роботи теплових мереж. Використання теорії нечітких множин дає можливість оцінити прогнозовану надійність трубопроводів з врахуванням кількісних та якісних параметрів їх технічного стану.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ионин А.А. Надежность систем тепловых сетей. – М.: Стройиздат, 1989, 265 с.
2. Капцов И.И. Оценка надежности трубопроводов систем централизованного теплоснабжения/ И.И. Капцов, О.Н. Лобко// Коммунал. хозяйство городов: научн.-техн. сб. ХНАМГ: – К.: Техника, 2008. – Вып. 84. с. 151-155.
3. Нікітін Є.Є. Підвищення енергетичної ефективності систем централізованого теплопостачання: автореф. дис. докт. техн. наук: 05.14.01/ Є.Є. Нікітін. К.: 2015. – 40 с.
4. Ратушняк Г.С., Поліщук М.В. Методи прогнозування із забезпечення надійності розподільчих мереж систем теплопостачання / Зб. наук. праць Актуальні проблеми систем теплогазопостачання і вентиляції, водопостачання і водовідведення. Г.С. Ратушняк, М.В. Поліщук// Рівне: НУВГП, 2015. – с. 77-78.
5. Ратушняк Г.С. Обґрунтування доцільності способу санації та термомодернізації трубопроводів теплових мереж для підвищення їх енергоощадності / Г.С. Ратушняк, М.В. Поліщук // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві: наук.-техн. зб. – Вінниця, УНІВЕРСУМ – Вінниця. – 2015. - №1(18). – с. 130-136.
6. Митюшкин Ю.И. Soft Computing: идентификация закономерностей нечеткими базами знаний/ Ю.И. Митюшкин, Б.И. Мокин, А.П. Ротштейн. – Винница: УНІВЕРСУМ – Винниця, 2002. – 145 с.
7. Ратушняк Г.С. Управління змістом проектів із забезпечення надійності зовнішніх газорозподільних мереж: монографія / Г.С. Ратушняк, О.І. Ободянська. – Вінниця, 2014. – 128 с.
8. Ротштейн А.П. Нечеткая надежность алгоритмических процессов / А. Ротштейн, С. Штовба. – Винница: Континент. – ПРИМ, 1997. – 142 с.

*Георгій Сергійович Ратушняк* — канд. техн. наук, професор, професор кафедри інженерних систем в будівництві, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

*Марина Володимирівна Свідеревич* — аспірант кафедри ІСБ, факультет будівництва теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: