

УДК 697.34

МАЛЯВИНА О. М., кандидат технічних наук, [malyavinaolga@rambler.ru](mailto:malyavinaolga@rambler.ru)

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

**НАДІЙНІСТЬ ТРУБОПРОВОДІВ РОЗПОДІЛЬЧИХ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ**

*С целью определения влияния повреждаемости видов трубопроводов тепловых сетей на общую повреждаемость теплопроводов целесообразно проанализировать и сопоставить зависимости параметров потока отказов подающего и обратного теплопроводов, трубопровода горячего водоснабжения и всех трубопроводов тепловых сетей в зависимости от срока их эксплуатации.*

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

*З метою визначення впливу пошкоджуваності видів трубопроводів теплових мереж на загальну пошкоджуваність теплопроводів доцільно проаналізувати та співставити залежності параметрів потоку відмов подаючого й зворотного теплопроводів, трубопроводу гарячого водопостачання та всіх трубопроводів теплових мереж залежно від строку їхньої експлуатації.*

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

**Вступ**

Надійність в забезпеченні житлових, громадських і промислових будівель тепловою енергією і гарячою водою можлива лише при надійному функціонуванні трубопроводів теплових мереж.

Надійність ремонтуємих трубопроводів теплових мереж визначається параметром потоку відмов  $\omega$ , міжремонтним часом  $t_p$  та імовірністю безвідмовної роботи  $P(t)$ , основним показником надійності є параметр потоку відмов  $\omega$ , на базі якого визначаються  $t_p$  і  $P(t)$  [1]. Параметр потоку відмов  $\omega$ , визначається:

$$\omega = n/L \text{ (1/км}\cdot\text{рік)} \quad (1)$$

де:  $n$  – число відмов за певний проміжок часу;

$L$  – довжина теплопроводів, км

Дослідження надійності всіх трубопроводів теплових мереж ( $T_0$ ), наведена в [2].

Крім того, необхідно знати значення розподілу пошкоджуваності трубопроводів теплопостачання подаючого ( $T_1$ ), зворотнього ( $T_2$ ) і трубопроводів гарячого водопостачання подаючого ( $T_3$ ) витікає в першу чергу з забезпеченості надійності  $T_1$  і  $T_2$  особливо в умовах значного недофінансування і відповідно недовиконання планових ремонтних робіт в умовах економічної кризи. Крім того, на основі аналізу пошкоджуваності трубопроводів  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  можливе ефективне планування заходів по їх технічній експлуатації, вказані дослідження наведені в [3].

Доцільно, з метою визначення впливу пошкоджуваності видів трубопроводів теплових мереж на загальну пошкоджуваність теплопроводів, співставити залежності параметрів потоку відмов трубопроводів  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_0$  від строку експлуатації.

**Основна частина**

На рис. 1 приведена залежність параметру потоку відмов трубопроводів  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_0$  від строку експлуатації.

Як видно із рис.1 залежність параметру відмов від строку експлуатації має три періоди:

I період збільшення параметру потоку відмов з 9 до 20–23 років;

II період зменшення параметру потоку відмов в період від 20–23 до 30–33 років;

III період стрімкого збільшення параметру потоку відмов з 30–33 до 36 років та імовірно і в подальшому.

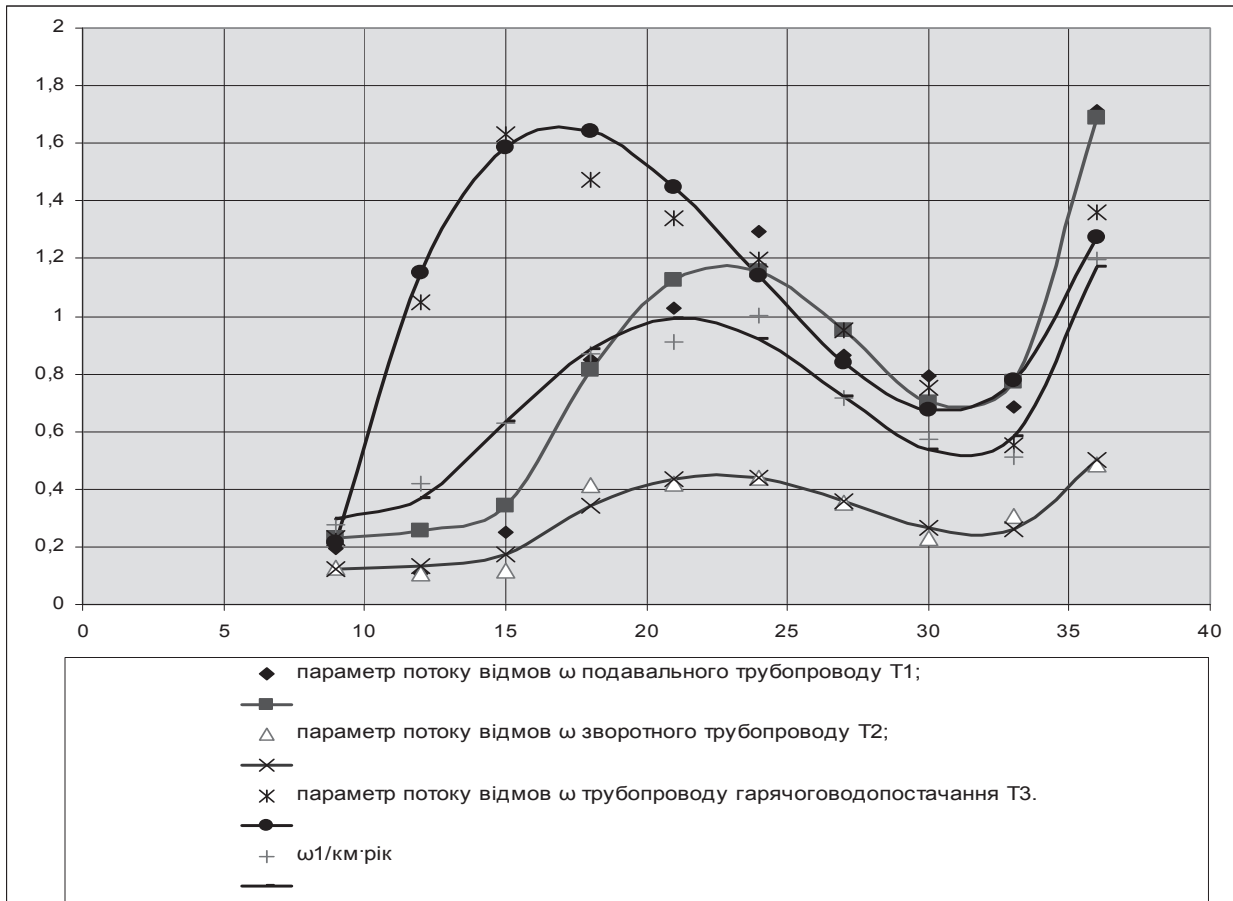


Рис.1. Залежність параметру потоку відмов подаючого (T1) й зворотного (T2) теплопроводів, трубопроводу гарячого водопостачання (T3) та всіх трубопроводів теплових мереж (T0) від строку експлуатації

Поступове збільшення параметру потоку відмов в I періоді пояснюється комплексним впливом руйнуючих факторів основним з яких є корозія, особливо на ділянках, де її дія є максимальною і при наявності скритих дефектів в матеріалі труб на цих ділянках [1, 4–5]. В результаті дії корозії з часом зменшується товщина стінки труби. Максимального значення параметр потоку відмов у I періоді набуває в 20–23 роки, що близько до терміну експлуатації трубопроводів теплових мереж [6].

II період експлуатації характерний тим, що після досягнення терміну експлуатації трубопроводів проводиться капітальний ремонт найбільш пошкоджуваних ділянок, що приводить до зменшення параметру потоку відмов і досягнення при цьому його мінімального значення 30–33 роки експлуатації.

В подальшому для III періоду після 30–33 років експлуатації пошкоджуваність зростає за рахунок загального зменшення товщини стінок труб при їх корозії і більш інтенсивного при цьому впливу тиску теплоносія.

Статистична модель залежності параметру потоку відмов трубопроводів T0 від строку експлуатації  $t$  має вид поліному 4-го порядку:

$$\omega = 4,64 - 1,1627t + 0,1053 t^2 - 0,0037 t^3 + 0,00004 t^4 . \quad (2)$$

Статистичні характеристики побудованої моделі:

Коефіцієнт кореляції:  $R = 0,98$ ;

Коефіцієнт детермінації (нормований)  $R^2 = 0,94$ ;

Стандартна помилка –  $S = 0,068$ ;

Значимість параметрів  $b_i$  – усі значимі;

Модель є адекватною з імовірністю  $P = 0,95$ .

Як видно з рис. 1 характер зміни параметру потоку відмов трубопроводів T1, T2, T3 ідентичний і складається з трьох періодів:

I період: збільшення параметру потоку відмов з 9 до 20–23 років трубопроводів T1, T2 і 15–18 років T3 ;

II період: зменшення параметру потоку відмов в період від 20–23 у подавальному трубопроводі T1 і зворотному трубопроводу T2 до 30–33 років та трубопроводу гарячого водопостачання T3 з 15–18 до 30–33 років експлуатації теплових мереж;

III період: стрімкого збільшення параметру потоку відмов з 30–33 до 36 років та імовірно і в подальшому ідентичний для всіх видів трубопроводів.

Згідно рис. 1 значення параметру потоку відмов трубопроводів T1 більше за аналогічний показник для трубопроводу T2.

Відношення параметру потоку відмов трубопроводів T1 і T2 збільшується із збільшенням періоду експлуатації. Це пояснюється більш вагомим впливом тиску і температури теплоносія при зменшенні товщини стінки труби впродовж експлуатації.

Слід відмітити, що динаміка параметру потоку відмов трубопроводів T2 в порівнянні з зміною параметру потоку відмов в трубопроводі T1, більш плавна (спокійна), це пояснюється меншими значеннями тиску і температури і їх коливанням.

Максимальне значення параметру потоку відмов для T1 і T2 припадає на 20–23 рік експлуатації для I періоду, що корелюється з нормативним строком служби теплопроводів [1], а min (II– III періоди) припадає на 30–33 роки для вище вказаних трубопроводів.

Підвищення рівня пошкоджуваності теплопроводів T1, T2 до 20–23 років експлуатації пояснюється зменшенням з часом товщини стінки теплопроводів внаслідок їх корозії, особливо на ділянках, де її дія є найбільш інтенсивною.

У подавальному трубопроводі T1 та зворотному T2 зменшення потоку відмов відбувається з 20–23 до 30–33 років для II періоду експлуатації пояснюється реновацією (капітальним ремонтом) найбільш пошкоджуваних ділянок трубопроводів.

Після 30–33 років експлуатації, в основному, в наслідок дії корозійних процесів, які усугубляються збільшенням впливу тиску на стінки трубопроводів, починається масове руйнування тіла труб.

Значення параметру потоку відмов пошкоджуваності теплопроводів T3 відрізняється від аналогічного показника трубопроводів T1 і T2.

Параметр потоку відмов T3 збільшується при збільшенні строку експлуатації і досягає max значення в 15–18 років у I період, що відповідає строку служби трубопроводів системи гарячого постачання [6]. У II період з 15–18 до 30–33 років параметр потоку відмов зменшується за рахунок реновації найбільш пошкоджених ділянок трубопроводів.

Після 30–33 років як і для T1, T2 настає масове руйнування тіла труб.

Відміна в пошкоджуваності трубопроводів T3 пояснюється тим, що при однакових умовах експлуатації T1, T2, T3 інтенсивність корозії зовнішньої поверхні вказаних теплопроводів в основному однакова, але корозія внутрішньої поверхні трубопроводу T3 більша, за рахунок того, що на відміну від підготовленого теплоносія, який знаходиться в трубах T1, T2, вода, яка знаходиться в трубопроводах T3 не проходить хімічної підготовки, а значить її корозійність більша [1, 5].

Максимальне відношення параметру потоку відмов теплопроводів T3 по відношенню до такого ж показника для трубопроводів T1 у I період експлуатації до капітального ремонту досягає максимального значення на 15–18 рік експлуатації.

Різде падіння параметрів потоку відмов трубопроводів T3 після 18 років експлуатації і незначна відміна його порівняно з T1 в подальшому процесі експлуатації пояснюється більшою кількістю заміненних ділянок трубопроводів T3 на нові.

В результаті обробки даних по пошкоджуваності трубопроводів T1, T2, T3 одержані статистичні моделі залежності параметру потоку відмов від строку експлуатації  $t$ , вказаних трубопроводів:

$$\omega_{T1} = 11,199 - 2,668 t + 0,219 t^2 - 0,0072 t^3 + 0,0001 t^4 . \quad (3)$$

Статистичні характеристики побудованої моделі:

Коефіцієнт кореляції:  $R = 0,98$ ;

Коефіцієнт детермінації (нормуємий)  $R^2 = 0,94$ ;

Стандартна помилка –  $S = 0,12$ ;

Значимість параметрів  $b_i$  – усі значимі;

Модель є адекватною з імовірністю  $P = 0,95$ .

$$\omega_{T2} = 3,34 - 0,791 t + 0,0658 t^2 - 0,0022t^3 + 0,00003 t^4, \quad (4)$$

$$R=0,96; R^2= 0,85; S=0,06, b_i\text{- усі значимі, } P=0,95,$$

$$\omega_{T3} = -6,911 + 1,237 t - 0,0566 t^2 + 0,0008t^3, \quad (5)$$

$$R=0,95; R^2= 0,86, S=0,18, b_i\text{- усі значимі, } P=0,95.$$

Як видно з рис.1 характер зміни параметру потоку відмов трубопроводів T1, T2, T3, T0 ідентичний і складається з трьох періодів, які описані вище.

При цьому, максимальне значення параметру потоку відмов T0 приходить на 21 рік експлуатації, що менше ніж максимальне значення параметру потоку відмов T1, T2, який припадає на 22-23 роки їх експлуатації й більше ніж максимальне значення параметру потоку відмов трубопроводів T3, яке припадає на 17–18 років експлуатації. Таке співвідношення максимальних значень T1, T2, T3, T0 пояснюється більш інтенсивною пошкоджуваністю трубопроводів T3 і впливом пошкоджуваності останніх на пошкоджуваність усіх трубопроводів в цілому (T0).

Ранжування середніх значень параметрів потоку відмов трубопроводів T1, T2, T3, T0 за період експлуатації 9-36 років відповідно складає: T1 – 0,8 1/км·рік, T2 – 0,3 1/км·рік, T3 – 1,07 1/км·рік, T0 – 0,71 1/км·рік.

Вказане співвідношення параметрів потоку відмов пояснюється характером залежності параметру потоку відмов від строку експлуатації вказаних трубопроводів, який приведений вище.

### Висновки

Залежність параметру потоку відмов трубопроводів T1, T2, T3, T0 від строку їхньої експлуатації ідентичний і включає три періоди:

I період збільшення параметру потоку відмов T0, T2, T2 з 9 до 20–23 років, T3 – 15–18 років;

II період зменшення параметру потоку відмов трубопроводів T0, T1, T2 від 20–23 до 30–33 років, а трубопроводу гарячого водопостачання T3 – з 15–18 років до 30–33 років експлуатації теплових мереж;

III період: стрімкого збільшення параметру потоку відмов трубопроводів T0, T1, T2, T3 з 30–33 до 36 років та імовірно і в подальшому ідентичний для всіх видів трубопроводів.

Осереднене співвідношення параметрів потоку відмов трубопроводів складає: 0,8 1/км·рік – T1, 0,3 1/км·рік – T2, 0,7 1/км·рік – T3, 0,71 1/км·рік – T0.

Максимальне значення параметру потоку відмов за період експлуатації 15-35 років припадає на наступні строки їх експлуатації роки T1, T2 – 22-23 роки, T3 – 17–18, T0 – 21.

### Список літератури

1. Ионин А. А. Надежность систем тепловых сетей. – М.: Стройиздат, 1989. – 268 с.
2. Малявіна О. М. Дослідження показників надійності теплових мереж методами статистичного моделювання / О. М. Малявіна. Науковий вісник будівництва: Наук.-техн. сб. Вип. 61.: ХДТУБА, 2010. – С. 286–291.
3. Малявіна О. М. Статистичне моделювання показників надійності теплопроводів і трубопроводів гарячого водопостачання теплових мереж/ О. М. Малявіна // «Энергосбережение · Энергетика · Энергоаудит». Декабрь 2010. – № 12 (82). – С. 48–54.
4. Глюза А. Т., Яковлев Б. В., Лысенко Ю. Д., Мельцер М. Я., Шленок О. Ф. Прогнозирование повреждаемости подземных тепловых сетей// «Теплоэнергетика». – 1989.– № 6. – С. 18–21.

5. Громов Н. К. Городские теплофикационные системы. – М.: – Энергия. – 1974. – 256 с.
6. Письмо Минфин УССР от 29.01.91 № 04-503-3 «Единые нормы амортизационных отчислений на полное восстановление основных средств».

## RELIABILITY OF PIPELINES OF HEAT DISTRIBUTION NETWORKS

MALYAVINA O. M., Candidate of Engineering

*In order to determine the effect the damage rate of network pipelines types on the total heat damage rate, it is desirable to make an analysis and to compare the dependence of the parameters of failure flows in supply and return pipelines, hot water supply pipelines and all heat network pipelines depending on the time of their operation.*

**Key words:** study, operation, parameters of failure flow, damage, heat networks, pipeline

### References

1. Ionin A. A. Reliability of the heating networks systems [Nadegnost system teplovikh setei]. – М.: – Stroiizdat. – 1989. – 268 p.
2. Malyavina O. M. Research of reliability of heating networks indexes by the methods of statistical design [Doslidgennia pokaznikov nadiinosti teplovikh merezh metodami ststistichnogo modeluvannia] / O. M. Malyavina. Scientific announcer of buildings: Scien. – techn.collect. Vol. 61.: KNUBA, 2010. – P. 286–291.
3. Malyavina O. M. Statistical design of reliability of the heating pipelines indexes and pipelines of hot water-supply of heating networks [Statistichne modeluvannia pokaznikov nadiinosti teploprovodiv i tryboprovodiv garyachogo vodopostachannia teplovikh merezh] / O. M. Malyavina // «Energy saving · Power engineering · Energy audit». December of 2010. – № 12 (82). – P. 48–54.
4. Gluza A. T. Prognostication of damageability of the underground heating networks [Prognozirovanie povrezhdaemosti podzemnykh teplovykh setei]/A. T. Gluza, B. V. Iakovlev, U. D. Lisenko, M. I. Melcer, O. F. Chlenok // «Heat and power engineering». 1989. – № 6. – P. 18–21.
5. Gromov N. K. Municipal introduction of a heating system [Gorodskie teplofikacionnye sistemi]. М.: – Power. – 1974. – 256 p.
6. Letter Ministry of Finance in UKRAINE from 29.01.91 № 04-503-3 «Single norms of depreciation decrees on complete renewal of the fixed assets [Edinie normy amortizacionnikh otchislenii na polnoe vosstanovlenie osnovnykh sredstv]».

Поступила в редакцию 10.03 2014 г.