

**ЯКІСНИЙ І КІЛЬКІСНИЙ АНАЛІЗ БЕЗВІДМОВНОСТІ
МЕТАЛЕВИХ ВОДОПРОВІДНИХ ТРУБ**

Проаналізовано статистичні дані щодо відмов водопровідних труб міста Карлівка Полтавської області. Побудовані аналітичні залежності кількості пошкоджень від діаметра труб. Виконано порівняння з іншими містами України.

Ключові слова: надійність, параметр потоку відмов, середній час напрацювання, середній час відновлення.

Проанализированы статистические данные относительно отказов водопроводных труб города Карловка Полтавской области. Построены аналитические зависимости количества повреждений от диаметра труб. Выполнено сравнение с другими городами Украины.

Ключевые слова: надежность, параметр потока отказов, среднее время наработки, среднее время возобновления.

Statistical information is analysed in relation to the refuses of water-pipes of city Karlivka the Poltava area. Analytical dependences of amount of damages are built on the diameter of pipes. Comparing to other cities of Ukraine is executed.

Key words: reliability, instantaneous failure intensity, average failure time, average duration of reneval.

Постановка проблеми. Аналіз роботи водопровідної системи в часі дає можливість, по-перше, в майбутньому спрогнозувати роботу елементів системи і технічної системи в цілому; по-друге, встановити основні причини виходу з ладу елементів системи; по-третє, виконати розрахунки надійності системи водопостачання в цілому. Отже, збір статистичних даних щодо відмов водопровідного комплексу є доцільним та корисним для фахівців із водопостачання, про що зазначено в їх роботах [1, 2, 3, 4]. Базовими показниками при розрахунках надійності систем водопостачання є середній час напрацювання на відмову T та середній час відновлення роботоздатності T_B .

Аналіз останніх публікацій. Питання надійності водопровідного комплексу піднімаються в роботах як українських учених, так і закордонних [5 – 9], що свідчить про актуальність даної проблеми на сьогоднішній день.

Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми. Правила надання послуг населенню з водопостачання (Постанова Кабінету Міністрів України №630 від 2005 р.) вимагають, щоб "...допустимий термін відхилення показників із безперебійного водопостачання складав не більше 6 годин на добу та не більше 2 разів на місяць". Тому при проектуванні систем водопостачання потрібно обчислювати конкретні значення базових показників надійності, а саме середній час напрацювання на відмову T та середній час відновлення роботоздатності T_B . Аналіз статистичних даних щодо відмов трубопроводу дає можливість розрахувати середнє значення параметра потоку відмов ω_0^{mid} – обернену величину до середнього часу напрацювання на відмову T .

Мета дослідження – виконати статистичний аналіз даних щодо пошкоджень водопровідних металевих труб м. Карлівка Полтавської області, визначити середні значення параметра потоку відмов ω_0^{mid} , побудувати степеневі графіки залежності параметра потоку відмов від діаметра труб та виконати порівняння з іншими містами України.

Виклад основного матеріалу досліджень. Загальна протяжність водопровідної мережі м. Карлівка складає близько 50 км. Сталеві трубопроводи складають 61% від загальної протяжності мереж, 32% –

чавунні, 7% – труби з поліетилену. Проаналізовано статистичні дані пошкоджень металевих труб діаметром 50 – 300 мм протягом 7 років (2002 – 2008 рр.). Основними видами пошкоджень є: для труб із сірого чавуну – вихід цементу з розтрубів (65%), поперечні переломи (23%), корозія (8%), пошкодження землерийною технікою (4%); для сталевих труб: наскрізні свищі (74%), порушення зварних з'єднань (21%), корозія (4%), пошкодження землерийною технікою (1%) (рис.1).

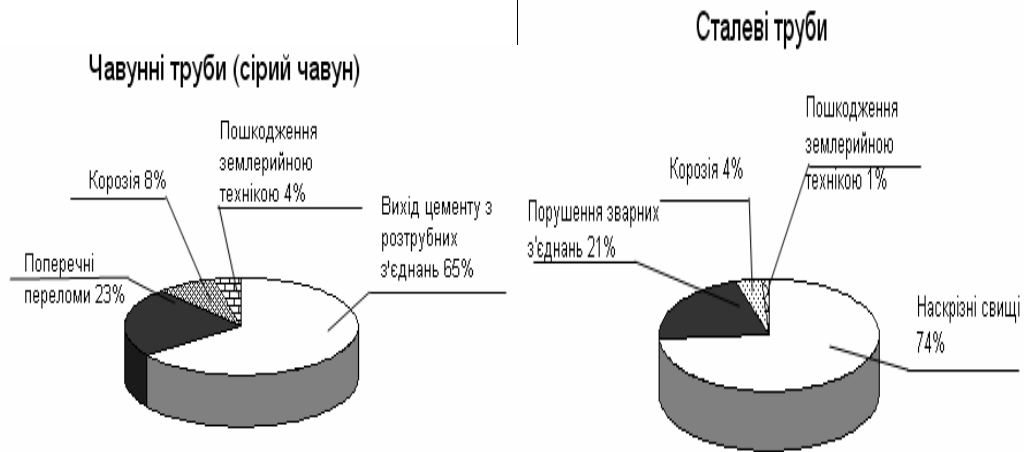


Рисунок 1 – Види пошкоджень водопровідних труб м. Карлівка

Основним показником безвідмовності водопровідних труб прийнято напрацювання на відмову T 1км трубопроводу або обернену йому величину – параметр потоку відмов ω_0 1км трубопроводу. Для розрахунку середнього значення параметра потоку відмов ω_0^{mid} використана така формула:

$$\omega_0^{mid} = \frac{n}{t \cdot \sum L},$$

де n – кількість відмов ділянок водопровідної мережі; t – термін спостереження; $\sum L$ – протяжність водопровідної мережі відповідного діаметра, км.

Інтервальні оцінки для параметра потоку відмов обчислені відповідно до ГОСТ 11.005-74 [10] за формулами:

$$\text{– нижня інтервальна оцінка параметра потоку відмов } \omega_0 : \omega_{0н} = \frac{\omega_0}{r_1};$$

$$\text{– верхня інтервальна оцінка параметра потоку відмов } \omega_0 : \omega_{0в} = \frac{\omega_0}{r_2},$$

де r_1, r_2 – коефіцієнти для визначення інтервальних оцінок у випадку експоненціального розподілу, приймаються згідно з таблицями 2 і 3 [12].

Відповідно до ГОСТ 11.005-74 [10] для коефіцієнтів r_1, r_2 мають місце відношення:

$$r_1 = \frac{2n}{x_{1-\alpha}(2n)}; \quad r_2 = \frac{2n}{x_{\alpha}(2n+2)},$$

де $x_p(k)$ – квантиль розподілу χ -квадрат, який відповідає ймовірності p числу степенів вільності k ; n – кількість відмов.

У результаті математичної обробки статистичних даних отримано аналітичні залежності (рис. 2, 3) параметра потоку відмов ω_0 від діаметра труб. Побудова аналітичних функцій на основі емпіричних даних виконана за допомогою електронних таблиць "Microsoft Excel SR-1" за програмою "Table Curve".

Середньозважене значення параметра потоку відмов ω_0^{mid} незалежно від діаметра обчислено за формулою

$$\omega_0^{mid} = \frac{\omega_{01}L_1 + \omega_{02}L_2 + \dots + \omega_{0n}L_n}{L_1 + L_2 + \dots + L_n}.$$

Середньозважене значення параметра потоку відмов ω_0 незалежно від діаметра для системи водопостачання м. Карлівка складає

$\omega_0^{mid} = 1,33$ 1/рік·км – для чавунних труб;

$\omega_0^{mid} = 2,42$ 1/рік·км – для сталевих труб.

Таблиця 1 – Інтервальні оцінки для параметра потоку відмов ω_0

Труби ділянок мережі	Діаметр $D, \text{мм}$	Обсяг вибірки n	Загальна довжина $L, \text{км}$	Коефіцієнти для визначення інтервальних оцінок		Параметр потоку відмов ω_0 , 1/рік·км		
				нижня r_1	верхня r_2	середнє значення	інтервальна оцінка	
							нижня	верхня
Чавунні (сірий чавун)	50	8	0,4	2,01	0,55	2,94	1,46	5,35
	100	51	3,904	1,28	0,79	1,92	1,50	2,43
	150	47	5,054	1,31	0,76	1,37	1,04	1,80
	200	22	2,824	1,48	0,7	1,15	0,77	1,64
	250	5	0,952	2,54	0,48	0,77	0,30	1,61
	300	14	3,075	1,65	0,64	0,67	0,41	1,05
Сталеві	50	150	6,684	1,15	0,87	3,30	2,87	3,79
	76	33	1,902	1,37	0,75	2,55	1,86	3,40
	89	29	1,5	1,39	0,74	2,84	2,05	3,84
	100	177	9,265	1,14	0,88	2,81	2,46	3,19
	125	27	2,34	1,41	0,73	1,70	1,20	2,32
	150	35	2,344	1,35	0,75	2,20	1,63	2,93
	200	7	0,8	2,13	0,53	1,29	0,60	2,43
	250	47	5,542	1,29	0,785	1,25	0,97	1,59
	300	2	0,462	5,63	0,32	0,64	0,11	1,99

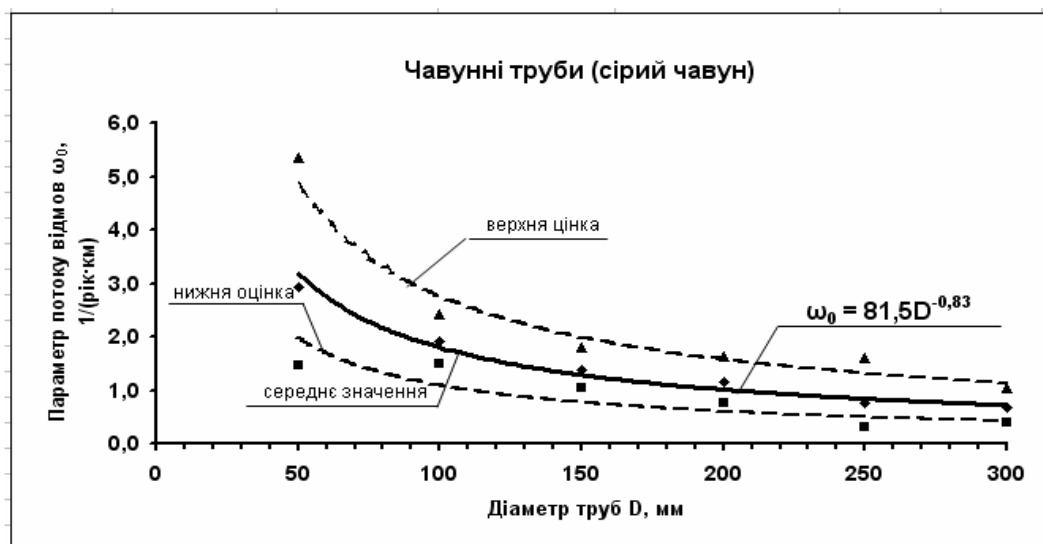


Рисунок 2 – Аналітична залежність $\omega_0 = f(D)$ для чавунних труб м. Карлівка

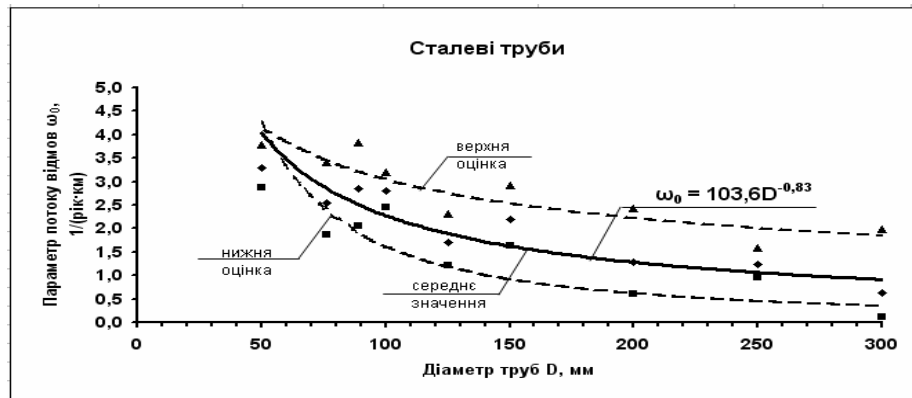


Рисунок 3 – Аналітична залежність $\omega_0 = f(D)$ для сталевих труб м. Карлівка

Попередні дослідження для інших міст України [1, 2, 3] дали можливість побудувати аналітичні залежності параметра потоку відмов ω_0 від діаметра труб. Для порівняльного аналізу наведені аналітичні залежності для чотирьох міст України, а саме: Полтави, Кременчука, Луцька, Карлівки (рис. 4, 5).

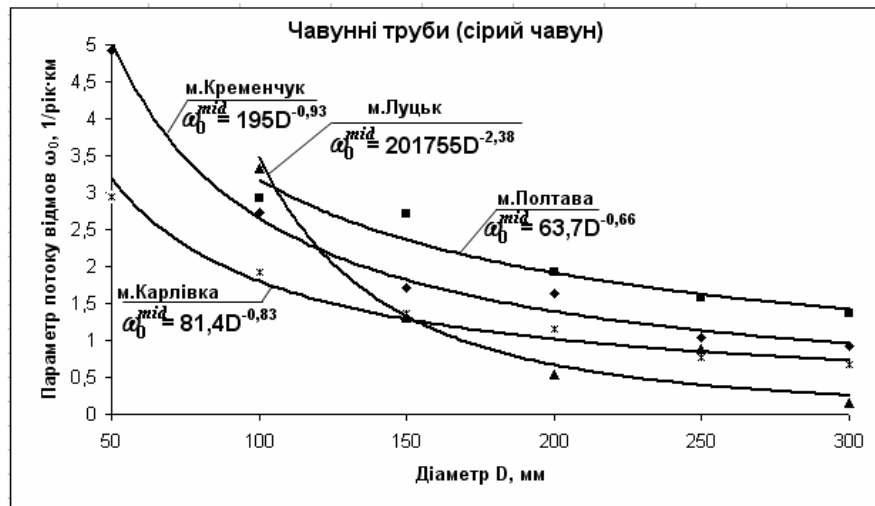


Рисунок 4 – Аналітичні залежності $\omega_0 = f(D)$ для чавунних труб міст Полтава, Кременчук, Луцьк, Карлівка Полтавської області

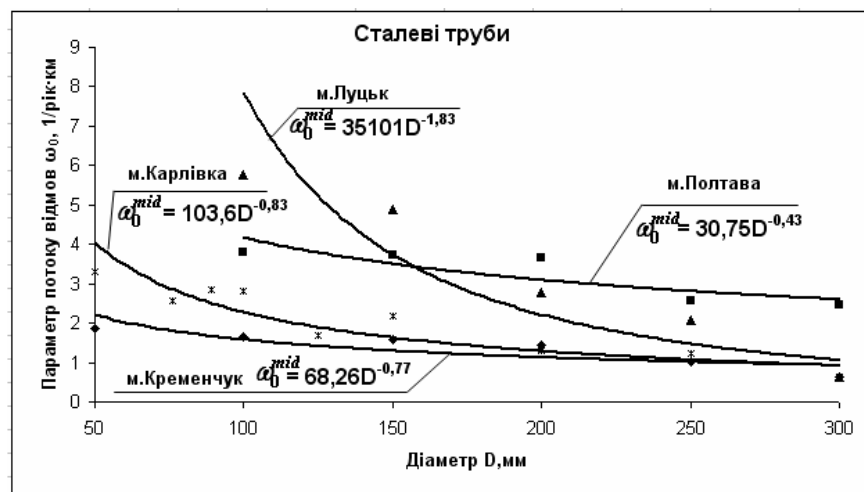


Рисунок 5 – Аналітичні залежності $\omega_0 = f(D)$ для сталевих труб міст Полтава, Кременчук, Луцьк, Карлівка Полтавської області

Висновки:

1. Згідно з якісним аналізом металевих труб основними видами пошкоджень є: для чавунних труб – вихід цементу з розтрубів (65%) і

поперечні переломи (23%); для сталевих труб: наскрізні свищі (74%) та порушення зварних з'єднань (21%).

2. Аналіз статистичних даних щодо відмов металевих водопровідних труб м. Карлівка показав, що параметр потоку відмов зменшується із збільшенням діаметра труб. Середньозважене значення параметра потоку відмов ω_0 незалежно від діаметра для системи водопостачання м. Карлівка Полтавської області складає:

$$\omega_0^{mid} = 1,33 \text{ 1/рік} \cdot \text{км} - \text{для чавунних труб};$$

$$\omega_0^{mid} = 2,74 \text{ 1/рік} \cdot \text{км} - \text{для сталевих труб}.$$

3. Порівняння з даними інших міст України показало, що зміна залежності параметра потоку відмов від діаметра труб для міста Карлівка характерна для міст Полтавської області. Для міста Луцьк ця залежність дещо відрізняється, що потребує додаткового дослідження.

Література

1. Новохатній В.Г. Надійність водопровідних труб за даними експлуатації / В.Г. Новохатній, О.В. Матяш // Науковий вісник будівництва: зб.наук.праць. Вип. 51.– Х.: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2009. – С. 136 – 140.
2. Матяш О.В. Причини й оцінка безвідмовності водопровідних труб / О.В. Матяш, В.Г. Новохатній // Науковий вісник будівництва: зб.наук.праць. Вип. 53.– Х.: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2009. – С. 310 – 314.
3. Матяш О.В. Безвідмовність металевих труб зовнішніх водопровідних мереж / О.В. Матяш, В.Г. Новохатній // Коммунальное хозяйство городов: науч.-техн.сб. Вып. 88. – К.: Техніка, 2009. – С. 122 – 127.
4. Найманов А.Я. О надежности систем водоснабжения и водоотведения / А.Я. Найманов // Водоснабжение и санитарная техника. – 2005. – №7. – С. 30 – 35.
5. Найманов А.Я. Особенности оценки надежности кольцевой водопроводной сети / А.Я. Найманов // Водоснабжение и санитарная техника. – 2006. – №12. – С. 11 – 16.
6. Храменков С.В. Оценка надежности трубопроводов системы водоснабжения Москвы / С.В. Храменков, О.Г. Примин // Водоснабжение и санитарная техника. – 1998. – №7. – С. 2 – 5.
7. П'єхурські Ф. Причини й оцінка аварійності розподільної водопровідної мережі / Ф. П'єхурські // Ринок інсталяцій. – 2003. – №6 (78). – С. 11 – 13.
8. Новохатній В.Г. Надійність подавально-розподільного комплексу систем водопостачання / В.Г. Новохатній // Науковий вісник будівництва: зб.наук.праць. Вип.47. – Х.: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2008. – С. 265 – 269.
9. Рак Я. Ризик аварії системи водопостачання / Я. Рак, А. Студзінські // Ринок інсталяцій. – 2006. – №9 (114). – С. 13 – 16.
10. ГОСТ 11.005-74. Правила определения оценок и доверительных границ для параметров экспоненциального распределения и распределения Пуассона. – М.: Издательство стандартов, 1974. – 29 с.

Надійшла до редакції 03.09. 2009

© О.В. Матяш, В.Г. Новохатній