

УДК 628.14

О.В. Матяш

Полтавський національний технічний університет ім. Ю.Кондратюка, м. Полтава

СТАН ВОДОПРОВІДНИХ МЕРЕЖ УКРАЇНИ З ТОЧКИ ЗОРУ НАДІЙНОСТІ

Водопровідні мережі є одним із головних та вагомих елементів системи водопостачання, що вимагає особливої уваги до надійності трубопроводів. В статті проаналізовані статистичні дані щодо відмов трубопроводів, класифіковано причини відмов та встановлено значення питомого параметра потоку відмов металевих водопровідних труб для п'яти міст України.

Ключові слова: водопостачання, водопровідні мережі, металеві труби, показники надійності, безвідмовність, ремонтпридатність.

Постановка проблеми

На даному етапі розвитку систем водопостачання значну увагу слід приділяти саме надійності як окремих елементів, так і систем водопостачання у цілому. Як показала практика експлуатації систем водопостачання, основна частина яких була запроектована та введена в експлуатацію ще в часи існування Радянського Союзу, ігнорування питань надійності призводить до швидкого зношування матеріалу труб, зростання кількості аварій, підвищення енергоспоживання, що негативно відображається на роботі «Водоканалів» та суттєво збільшує кількість нарікань населення на незадовільне водопостачання.

Одним із самих вагомих елементів системи водопостачання на шляху до споживача є водопровідна мережа. Саме через пошкодження на водопровідних мережах значна кількість населення міст та населених пунктів України залишається без води на час ліквідації аварії. Згідно з постановою Кабінету Міністрів України №630 від 2005р. [1] вимагається щоб "...допустимий термін відхилення показників з безперебійного водопостачання складав не більше 6 годин на добу та не більше 2-х разів на місяць". ДБН В.2.5–74:2013 говорить [2]: "...централізовані системи водопостачання по надійності дії або за ступенем забезпеченості подачі води поділяють на три категорії...":

- для 1 категорії допускається перерва в подачі води не більше ніж на 10 хв;
- для 2 категорії допускається перерва в подачі води не більше ніж на 6 годин;
- для 3 категорії допускається перерва в подачі води не більше ніж на 24 години.

Норми, зазначені в нормативно-правових документах, можуть бути виконані для системи подачі та розподілу води в разі відповідності вимогам надійності окремих елементів системи водопостачання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Основи розвитку науки надійності в системі водопостачання заклали вчені бувшого Радянського Союзу М.М. Абрамов (Московська школа) [3] та Ю.А. Ільїн (Ленінградська школа) [4]. Значний вклад для вирішення питань надійності в Україні внесли доктори технічних наук, професори: П.Д. Хоружий [5], А.Я. Найманов [6], А.А. Ткачук [7], В.Г. Новохатній [8].

Для встановлення основних причин відмов, знаходження кількісних та якісних показників надійності водопровідних труб спрямовували та спрямовують свої зусилля ряд закордонних вчених: Н. Hotłóś, F. Piechurski, J.R. Rak, A. Studzinski, B. Tchórzewska-Cieślak [9 – 12]. Проте аналіз наукових джерел показує, що отримані числові показники надійності водопровідних трубопроводів потребують додаткових досліджень в кожному конкретному випадку, оскільки на безвідмовність та ремонтпридатність водопровідних мереж впливає ряд факторів, як при проектуванні так і експлуатації мереж.

Виклад основного матеріалу

Для виконання розрахунків надійності, отримання числових значень, проведення порівняльного аналізу та розроблення рекомендацій щодо підвищення надійності слід оперувати значеннями безвідмовної роботи окремих елементів подавально-розподільного комплексу систем водопостачання. З цією метою були зібрані та опрацьовані статистичні дані щодо безвідмовної роботи водопровідних металевих труб п'яти міст України, а саме: Полтави, Луцька, Кременчука, Лубен та Карлівки Полтавської області [13, 14].

Для виконання якісного аналізу пошкоджень водопровідних труб було прийнято рішення скористатися інформацією "Водоканалів" обласних центрів чотирьох міст, де відомості щодо відмов елементів систем водопостачання регулярно

реєструються у кінці кожного дня майстрами відповідних діляниць. Використано дані щодо пошкоджень для металевих труб діаметром 50...500мм протягом 4-6 останніх років, а саме: за 2003...2008 роки. Перед об'єднанням статистичних даних у генеральну вибірку виконано перевірку окремих вибірок на аномальність результатів спостереження [15].

Для порівняльного аналізу були побудовані діаграми причин пошкоджень водопровідних труб досліджуваних міст, що дає можливість порівняти їх відсоткові значення (рис. 1, 2). Зведені статистичні дані наведені в таблицях 1, 2.

Таблиця 1

Причини пошкоджень чавунних водопровідних труб м.м. Полтава, Кременчук, Луцьк, Карлівка, Лубни

Місто	Пошкодження чавунних водопровідних труб (сірий чавун), %			
	Вихід цементу із розтрубних з'єднань	Поперечні переломи	Корозія	Пошкодження землерийною технікою
Полтава	45,0	43,0	10,0	2,0
Кременчук	68,0	19,0	9,0	4,0
Луцьк	80,50	17,40	1,40	0,70
Карлівка	65,0	23,0	8,0	4,0
Лубни	58,0	32,0	8,0	2,0
Узагальнені дані	70,0	22,7	5,3	2,0

Таблиця 2

Причини пошкоджень сталевих водопровідних труб м.м. Полтава, Кременчук, Луцьк, Карлівка, Лубни

Місто	Пошкодження сталевих водопровідних труб, %			
	Наскрізнні свищі	Пошкодження зварних з'єднань	Корозія	Пошкодження землерийною технікою
Полтава	48,0	36,0	14,0	2,0
Кременчук	71,0	18,0	7,0	4,0
Луцьк	87,50	11,0	1,0	0,50
Карлівка	74,0	21,0	4,0	1,0
Лубни	67,0	27,0	4,0	2,0
Узагальнені дані	76,4	17,9	4,1	1,5

В якості основного показника безвідмовності водопровідних труб прийнято напрацювання на відмову T 1км трубопроводу та обернену йому величину – питомий параметр потоку відмов ω_0 . Для розрахунку середнього значення параметра потоку відмов 1км трубопроводу використана наступна формула:

$$\omega_0 = \frac{n}{t \cdot \sum L}, \quad (1)$$

де n – кількість відмов ділянки водопровідної мережі; t – термін спостереження, рік;

$\sum L$ – протяжність ділянок водопровідної мережі відповідного діаметра, км.

Фахівцями з водопостачання [16] прийнята статистична гіпотеза експоненціального розподілу

напрацювання на відмову T 1км трубопроводу та оберненої йому величини питомого параметра потоку відмов ω_0 . Аналіз статистичних даних в містах Полтава, Кременчук, Луцьк, Лубнах та Карлівці проводився протягом фіксованого часу, а отримані значення параметра потоку відмов ω_0 були випадковими. Інтервальні оцінки для параметра потоку відмов обчислені відповідно до ГОСТ 11.005-74 [18] за формулами:

$$\omega_0^u = \frac{\omega_0}{r_1}; \quad (2)$$

- верхня інтервальна оцінка питомого параметра потоку відмов ω_0

$$\omega_0^e = \frac{\omega_0}{r_2}, \quad (3)$$

де r_1, r_2 – коефіцієнти для визначення інтервальних оцінок у випадку експоненціального розподілу, приймаються згідно з таблицями 6 і 7 [17]. Довірча ймовірність прийнята $\gamma = 0,95$.



Рис. 1 – Діаграми причин пошкоджень чавунних водопровідних труб

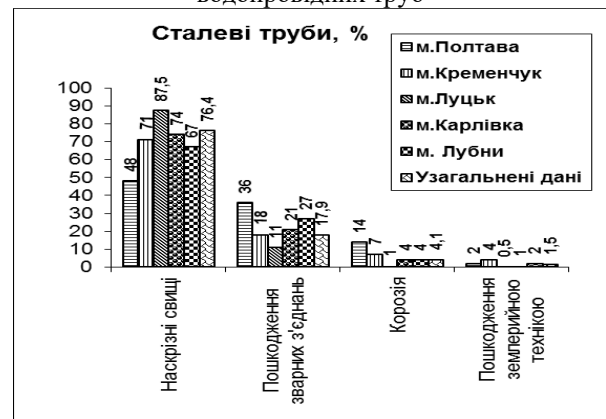


Рис. 2 – Діаграми причин пошкоджень сталевих водопровідних труб

Середньозважене значення питомого параметра потоку відмов ω_0 незалежно від діаметра обчислено за формулою

$$\omega_0^{mid} = \frac{\omega_{01}L_1 + \omega_{02}L_2 + \dots + \omega_{0n}L_n}{L_1 + L_2 + \dots + L_n} \quad (4)$$

Результати розрахунків наведені в таблиці 3. Середньозважене значення питомого параметра потоку відмов ω_0 незалежно від діаметра для

системи водопостачання досліджуваних міст України складає:

$$\omega_0^{mid} = 1,37 \text{ – для чавунних труб;}$$

$$\omega_0^{mid} = 2,45 \text{ – для сталевих труб.}$$

Як показав аналіз статистичних даних (табл. 3), питомого параметр потоку відмов металевих труб зменшується із збільшенням діаметра. Це дало можливість оцінити та спрогнозувати рівень надійності металевих водопровідних труб залежно від діаметра.

У результаті математичного оброблення статистичних даних отримано аналітичні залежності питомого 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. Отримані аналітичні функції для середніх значень параметра потоку відмов ω_0^{mid} для мережі водопостачання досліджуваних міст України (рис. 3, 4).

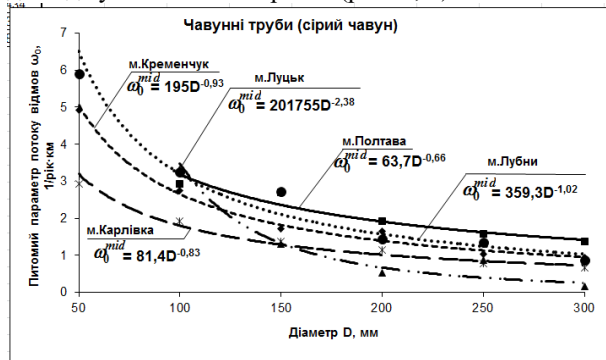


Рис. 3 – Аналітичні залежності $\omega_0 = f(D)$ для чавунних труб для досліджуваних міст

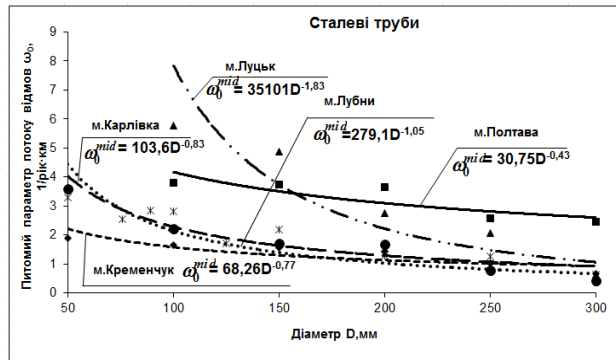


Рис. 4 – Аналітичні залежності $\omega_0 = f(D)$ для сталевих труб для досліджуваних міст

Висновки

1. Проведений статистичний аналіз дозволив виділити основні види пошкоджень для металевих водопровідних труб. Для чавунних труб із сірого чавуну – це вихід цементу з розтрубних з’єднань 70%, поперечні переломи 22,7%, корозія 5,3%, пошкодження землерийною технікою 2%. Для сталевих труб – це наскрізні свищі 76,4%, порушення зварних з’єднань 17,9%, корозія 4,1%, пошкодження землерийною технікою 1,5%.

2. Виконаний поглиблений аналіз методами математичної статистики даних експлуатації щодо відмов металевих водопровідних труб надав додаткове обґрунтування та підтвердження і для міст України відомого факту, що із збільшенням діаметра металевих труб параметр потоку відмов зменшується.

3. Узагальнені середні значення питомого параметра потоку відмов ω_0^{mid} незалежно від діаметра для п’яти міст України склали (табл. 4):

Таблиця 4

Середньозважені значення ω_0^{mid} незалежно від діаметра

Труби	Значення параметра потоку відмов ω_0 , 1/рік·км:		
	min	mid	max
Чавунні	1,2	1,37	1,55
Сталеві	2,15	2,45	3,21

Література

1. Правила надання послуг з централізованого опалення, постачання холодної та гарячої води і водовідведення [Текст]/ Постанова Кабінету Міністрів України від 21 липня 2005р. №630.
2. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування [Текст]: ДБН В.2.5-74:2013 – [Чинний від 2013-12-15]. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. – 281 с. – (Національні стандарти України).
3. Абрамов Н.Н. Надежность систем водоснабжения [Текст]/ Н.Н. Абрамов.– М.: Стройиздат, 1984.–216с.
4. Ильин Ю.А. Расчет надежности подачи воды [Текст]/Ю.А. Ильин. – М.: Стройиздат, 1987– 320 с.
5. Хоружий П.Д. Ресурсозберігаючі технології водопостачання [Текст]/ П.Д. Хоружий, Т.П. Хомуцька, В.П. Хоружий, 2008. – К.: Аграрна наука. – 534 с.
6. Найманов А.Я. О надежности систем водоснабжения и водоотведения [Текст]/ А.Я. Найманов // Водоснабжение и санитарная техника. – 2005. – №7. – С. 30 – 35.
7. Ткачук О.А. Удосконалення систем подачі та розподілення води населених пунктів [Текст]/ О.А. Ткачук, 2008.. – Рівне: НУВГП. – 301 с.
8. Новохатній В.Г. Надійність функціонування подавально-розподільного комплексу систем водопостачання [Текст]: автореф. дис. докт. техн. наук./ В.Г. Новохатній – К.: КНУБА, 2012 – 32 с.
9. Hotłoś H. Analisa strat wody w systemach wodociagowych // Ochrona Srodowiska. – 2003. - №1. – p. 17 – 24
10. Piechurski F. Straty wody i sposoby ich obnizania // Ochrona Srodowiska. – 2/2005, 4/2005, 1/2006, 2/2006.
11. Rak J., Tchórzewska-Cieślak B. Metody analizy i oceny ryzyka w systemie zaopatrzenia w vode. - Rzeszów: Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, 2005.
12. Rak J. Podstawy bezpieczeństwa systemów zaopatrzenia w vode. – Komitet Inżynierii Srodowiska PAN. – T. 28. – Lublin, 2005. – p. 1 – 215.

Таблиця 3

Значення питомого параметра потоку відмов ω_0 водопровідних труб для міст Полтава, Кременчук, Луцьк, Карлівка, Лубни

Труби ділянок мережі	Питомий параметр потоку відмов ω_0 , 1/рік·км.														
	м.Полтава			м.Кременчук			м.Луцьк			м.Карлівка			м.Лубни		
	Середнє значення	інтервальна оцінка нижня	інтервальна оцінка верхня	Середнє значення	інтервальна оцінка нижня	інтервальна оцінка верхня	Середнє значення	інтервальна оцінка нижня	інтервальна оцінка верхня	Середнє значення	інтервальна оцінка нижня	інтервальна оцінка верхня	Середнє значення	інтервальна оцінка нижня	інтервальна оцінка верхня
50				4,93	4,32	5,54				2,94	4,32	5,54	5,90	4,01	8,37
100	2,92	2,73	3,13	2,74	2,51	2,98	3,330	2,71	3,95	1,92	2,51	2,98	3,25	2,41	4,30
150	2,71	2,6	2,83	1,72	1,10	2,34	1,315	1,07	1,77	1,37	1,10	2,34	2,72	1,07	5,68
200	1,92	1,78	2,07	1,64	1,03	2,25	0,532	0,01	1,06	1,15	1,03	2,25	1,43	0,87	2,24
250	1,58	1,24	1,93	1,03	0,13	1,92	0,879	0,19	1,57	0,77	0,13	1,92	1,34	0,70	2,07
300	1,37	1,14	1,6	0,93	0,63	1,23	0,150	0,01	0,70	0,67	0,63	1,23	0,88	0,39	1,73
50				1,88	0,81	2,95				3,30	2,87	3,79	3,59	2,72	4,67
100	3,81	3,6	4,02	1,65	1,40	1,91	5,77	5,50	6,05	2,81	2,46	3,19	2,23	1,70	2,93
150	3,74	3,38	4,11	1,57	0,56	2,58	4,88	4,30	5,47	2,20	1,63	2,93	1,71	1,22	2,30
200	3,66	3,36	3,97	1,45	0,43	2,46	2,77	2,11	3,42	1,29	0,60	2,43	1,07	1,11	2,49
250	2,57	2,22	2,94	1,03	0,20	2,41	2,06	1,37	2,76	1,25	0,97	1,59	0,78	0,49	1,18
300	2,45	1,69	3,21	0,65	0,10	1,91	0,63	0,50	0,76	0,64	0,11	1,99	0,41	0,19	0,77

13. Матяш О.В. Удосконалення методів оцінювання надійності та розрахунків розгалужених водопровідних мереж [Текст]: автореф. дис. канд. техн. наук / О.В. Матяш – Рівне.: НУВГП, 2012– 20 с.
14. Матяш О.В. Висока надійність водопровідних мереж – шлях до зменшення втрат води [Текст] / О.В. Матяш // Комунальне господарство міст: Науково-технічний збірник. – Вип.107. – К.: Техніка, 2013. – С. 243 – 247.
15. Прикладная статистика. Правила оценки аномальности результатов наблюдений. ГОСТ 11.002-73 [Текст]. – М.: Издательство стандартов, 1973. – 32 с.
16. Храменков С.В. Стратегия модернизации водопроводной сети [Текст] / С.В. Храменков.– М.: ОАО Из-во “Стройиздат”, 2005.– 400 с.
17. Прикладная статистика Правила определения оценок и доверительных границ для параметров экспоненциального распределения и распределения Пуассона. ГОСТ 11.005-74 [Текст] / М.: Издательство стандартов, 1974. – 29 с.

References

1. Rules provision of centralized heating, hot and cold water and sanitation. (2005). Cabinet of Ministers of Ukraine of 21 July 2005. №630.
2. Water. External networks and facilities. The main provisions of design. (2013). DBN V.2.5-74: 2013 - [Effective as of 12.15.2013]. - K.: Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal Services of Ukraine, 2013. - 281 p. - (National Standards of Ukraine).
3. Abramov N.N. (1984). The reliability of water supply systems (1984) M.: Stroyizdat.– 216p.
4. Ilyin Y.A. Calculation of reliability of water supply. (1987) - M.: Stroyizdat. – 320p.
5. Horuzhy P.D., Khomutets A.P., Horuzhy V.P. (2008). Water saving technologies. - K.: Agricultural Science. – 534p.
6. Naimanov A.J. (2005). On the reliability of water supply and sanitation. Water supply and sanitary engineering. - №7. - p. 30 – 35.
7. Tkachuk OA (2008). Improving supply and distribution of water settlements. m. Rivne NUWMNRU. – 301p.

8. Novohatniy V.G. (2012) The Reliability of the distribution system supplying complex water systems. Thesis. Thesis. Doctor. Sc. nauk.- K.: KNUCA.– 32p.
9. Hołtoś H. Analiza strat wody w systemach wodociagowych // Ochrona Srodowiska. – 2003. - №1. – p. 17 – 24
10. Piechurski F. Straty wody i sposoby ich obnizania // Ochrona Srodowiska. – 2/2005, 4/2005, 1/2006, 2/2006.
11. Rak J., Tchórzewska-Cieślak B. Metody analizy i oceny ryzyka w systemie zaopatrzenia w wodę. - Rzeszów: Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, 2005.
12. Rak J. Podstawy bezpieczeństwa systemów zaopatrzenia w wodę. – Komitet Inżynierii Srodowiska PAN. – T. 28. – Lublin, 2005. – p. 1 – 215.
13. Matyash O.V. (2012). Udoskonalennya metodiv otsinyuvannya nadiynosti that rozrahunkiv rozgaluzhenih vodoprovodnih trammel. Author. Dis. cand. tehn. Science / - Rivne.: NUVGP – 20p.
14. Matyash O.V. (2013). Visoka nadiynist vodoprovodnih trammel - Way to zmnshennya vtrat Vod. Communal Gospodarstva mist Naukova-tehnichny zbirnik. - Vip.107. - K.: Tehnika. - 243 - 247.
15. Applied Statistics. (1973) Terms of abnormality evaluation of observation results. GOST 11.002-73. - M.: Publishing standards. – 32.
16. Khramenkov S.V. (2005). The modernization strategy seti.- tap of M.: Because of "Stroyizdat" – 400p.
17. Applied Statistics. (1974). The rules for determining estimates and confidence limits for the parameters of the exponential and Poisson distributions. GOST 11.005-74 M.: Publisher standards. – 29p.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.Г. Новохатній, Полтавський національний технічний університет ім. Ю. Кондратюка, Полтава.

Автор: Матяш Олександр Васильович Полтавський національний технічний університет ім. Ю. Кондратюка, Полтава, кандидат технічних наук, доцент.
E-mail – matyash1983@yandex.ru

СОСТОЯНИЕ ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ УКРАИНЫ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ

А.В. Матяш

Водопроводные сети являются одним из главных и значимых элементов водоснабжения, что требует особого внимания к высокой надежности трубопроводов. В статье проанализированы статистические данные по отказам трубопроводов, классифицированы причины отказов и установлены значения удельного параметра потока отказов металлических водопроводных труб для пяти городов Украины.

Ключевые слова: водоснабжения, водопроводные сети, металлические трубы, показатели надежности, безотказность, ремонтпригодность.

STATE WATER SUPPLY NETWORKS UKRAINE TERMS OF RELIABILITY

A.V. Matyash

Water network is a major and important elements of the water supply system requires special attention on high reliability pipelines. The paper analyzed the statistics of failures pipelines for the five cities of Ukraine, namely, Poltava city, Kremenchuk city, Lutsk city, Karlivka city and Lubny city. On the basis of the statistical data classified the causes of failures and diagrams causes damage to the water pipes; calculated numerical value of the specific failure flow parameter set analytical failure flow parameter depending on the diameter of metal water pipes and built curves. The calculated weighted average value failure flow regardless of the diameter of the Water researched cities of Ukraine.

Keywords: water supply system, water networks, metal pipe, indicators reliability, reliability, maintainability.