

О.В. МАТЯШ, кандидат технічних наук

І.С. УСЕНКО, кандидат технічних наук

Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка

СПІВВІДНОШЕННЯ НАДІЙНОСТІ ВІТЧИЗНЯНИХ ТА ЗАРУБІЖНИХ ВОДОПРОВІДНИХ ТРУБ

На основі виконаного якісного та кількісного аналізу надійності металевих водопровідних труб для чотирьох міст України проведено порівняння отриманих результатів дослідження із зарубіжними даними та розроблені відповідні висновки та пропозиції.

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

На основе выполненного качественного и количественного анализа надежности металлических водопроводных труб для четырех городов Украины проведено сравнение полученных результатов исследования с зарубежными данными и разработаны соответствующие выводы и предложения.

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

Based on the qualitative and quantitative reliability analysis of metal water pipes for four cities of Ukraine a comparison of research results with foreign data and develop appropriate conclusions and suggestions.

Keywords: metal water pipes, indicators reliability, reliability, maintainability.

Постановка проблеми. На сьогоднішній день гостро стоїть проблема забезпечення населення питною водою. Про це свідчить відповідна постанова Кабінету Міністрів України №630 від 2005 [1], де вимагається щоб "...допустимий термін відхилення показників з безперебійного водопостачання складав не більше 6 годин на добу та не більше 2 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 годин.

Норми, зазначені в нормативно-правових документах, можуть бути виконані для системи подачі та розподілу води за умов відповідності вимогам надійності окремих елементів системи водопостачання. Однією із найбільш вагомих та проблемних складових частин систем водопостачання є водопровідні мережі.

Аналіз останніх досліджень. Особливо плідно над вирішенням питань надійності в Україні працюють доктори технічних наук, професори: В.Г. Новохатній [3, 5; 4, 2], А.А. Ткачук [5, 35], П.Д. Хоружий [6, 60], А.Я. Найманов [7, 30]. Серед фахівців в галузі водопостачання слід відмітити: С.В. Храменков (“Мосводоканал”), О.Г. Примін (“Інститут Мосводоканал-НДІпроект”) [8, 92; 15, 2] та інші. Для встановлення основних причин відмов, знаходження кількісних та якісних показників надійності водопровідних труб спрямовували та спрямовують свої зусилля ряд закордонних вчених, а саме Н. Hotłoś, F. Piechurski, J.R. Rak, A. Studzinski, B. Tchórzewska-Cieślak [9, 17; 10, 20; 11, 115; 12, 58]. Проте аналіз наукових джерел показує, що отримані числові показники надійності водопровідних трубопроводів потребують додаткових досліджень в кожному конкретному випадку, оскільки на безвідмовність водопровідних мереж впливає ряд факторів, як при проектуванні так і експлуатації мереж.

Викладення основного матеріалу досліджень. Збір та аналіз статистичних даних щодо пошкоджень водопровідних труб виконано у п’яти містах України, а саме: Полтаві, Луцьку, Кременчуці, Карлівці та Лубнах Полтавської області [13, 6]. Загальна протяжність проаналізованої водопровідної мережі вказаних міст України складає 520,9 км. Чавунні трубопроводи (сірий чавун) складають 61% від загальної протяжності мереж, сталеві – 39%. Проаналізовано статистичні дані пошкоджень металевих труб діаметром 50...300 мм протягом 7 років і встановлено, що основними видами пошкоджень є: для чавунних труб – вихід цементу з розтрубів труб (70,0%), поперечні переломи (22,7%), корозія (5,3%), пошкодження землерийною технікою (2,0%); для сталевих труб – наскрізні свищі (76,4%), порушення зварних з’єднань (17,9%), корозія (4,1%), пошкодження землерийною технікою (1,5%). Якісний аналіз (табл.1) дозволив побудувати порівняльні діаграми пошкоджень водопровідних труб для вказаних міст України (рис.1).

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

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

Таблиця 1

Причини пошкоджень водопровідних труб досліджуваних міст України

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

Місто	Сталеві водопровідні труби			
	Наскрізні свищі	Пошкодження зварних з'єднань	Корозія	Пошкодження землерийною технікою
Полтава	48%	36%	14%	2%
Кременчук	71%	18%	7%	4%
Луцьк	87,50%	11%	1%	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%

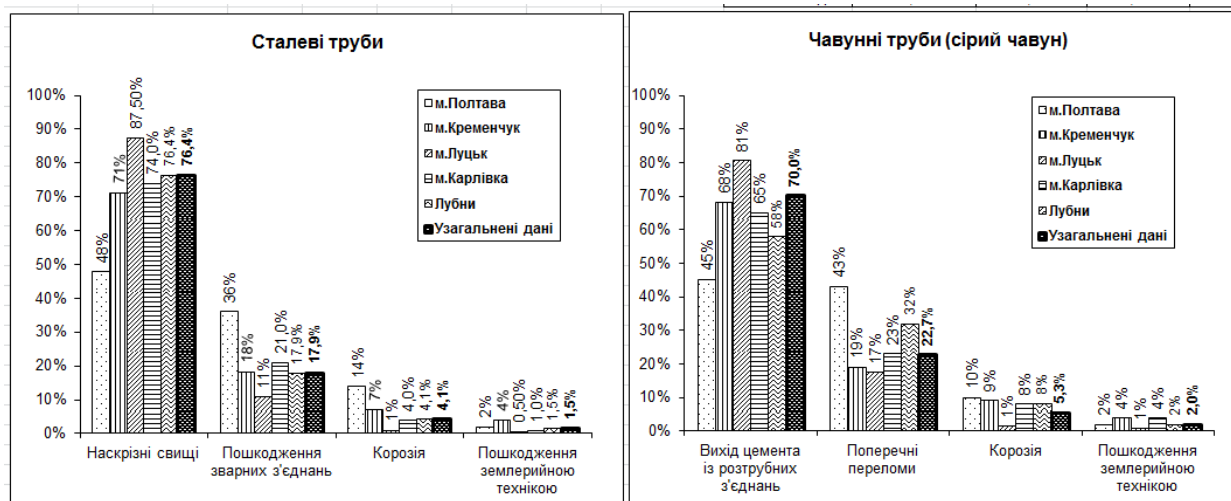


Рис. 1. Порівняльні діаграми причин пошкоджень водопровідних труб

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 [14, 5] за формулами:

– нижня інтервальна оцінка параметра потоку відмов ω_0 : $\omega_{0H} = \frac{\omega_0}{r_1}$; (2)

– верхня інтервальна оцінка параметра потоку відмов ω_0 : $\omega_{0B} = \frac{\omega_0}{r_2}$, (3)

де r_1, r_2 – коефіцієнти для визначення інтервальних оцінок у випадку експоненціального розподілу, приймаються згідно з таблицями [14, 22].

В результаті виконаного кількісного аналізу пошкоджень отримано наступні середні значення параметра потоку відмов для металевих труб (табл.2).

У результаті математичної обробки узагальнених статистичних даних отримано аналітичні залежності параметра потоку відмов ω_0 від діаметра труб. Побудова аналітичних функцій на основі об'єднаних емпіричних даних виконана за допомогою електронних таблиць "Microsoft Excel SR-1" за програмою Table Courve. Підтверджено відомий факт, що зі збільшенням діаметра металевих труб параметр потоку відмов зменшується, але аналітичні залежності мають різний вигляд для міст.

На рисунках 2 та 3 наведено графіки аналітичних залежностей для систем водопостачання міст України, Росії та Грузії, що дає змогу порівняти характер зміни параметра потоку відмов від діаметра трубопроводу для чавунних та сталевих труб

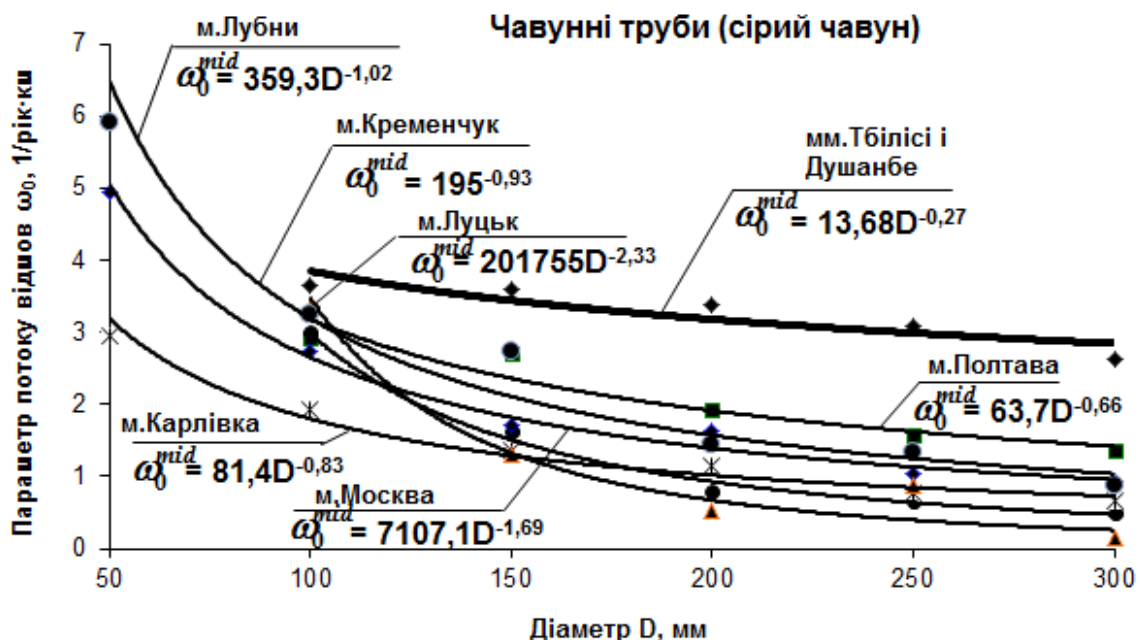


Рис. 2. Аналітичні залежності $\omega_0 = f(D)$ для чавунних труб

Труби ділянок мережі	Параметр потоку відмов ω_0 , 1/рік·км.																		
	Діаметр D_{mm}	м.Полтава			м.Кременчук			м.Луцьк			м.Карлівка			м.Лубни					
		Середнє значення		інтервальна оцінка	Середнє значення		інтервальна оцінка	Середнє значення		інтервальна оцінка	Середнє значення		інтервальна оцінка	Середнє значення		інтервальна оцінка			
		нижня	верхня	нижня	верхня	нижня	верхня	нижня	верхня	нижня	верхня	нижня	верхня	нижня	верхня	нижня	верхня		
Чавунні (сірий чавун)	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
Сталеві	50					1,88	0,81	2,95						3,30	2,87	3,79	3,59	2,72	4,67
	76													2,55	1,86	3,40			
	89													2,84	2,05	3,84			
	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
	125													1,70	1,20	2,32			
	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	1,69	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

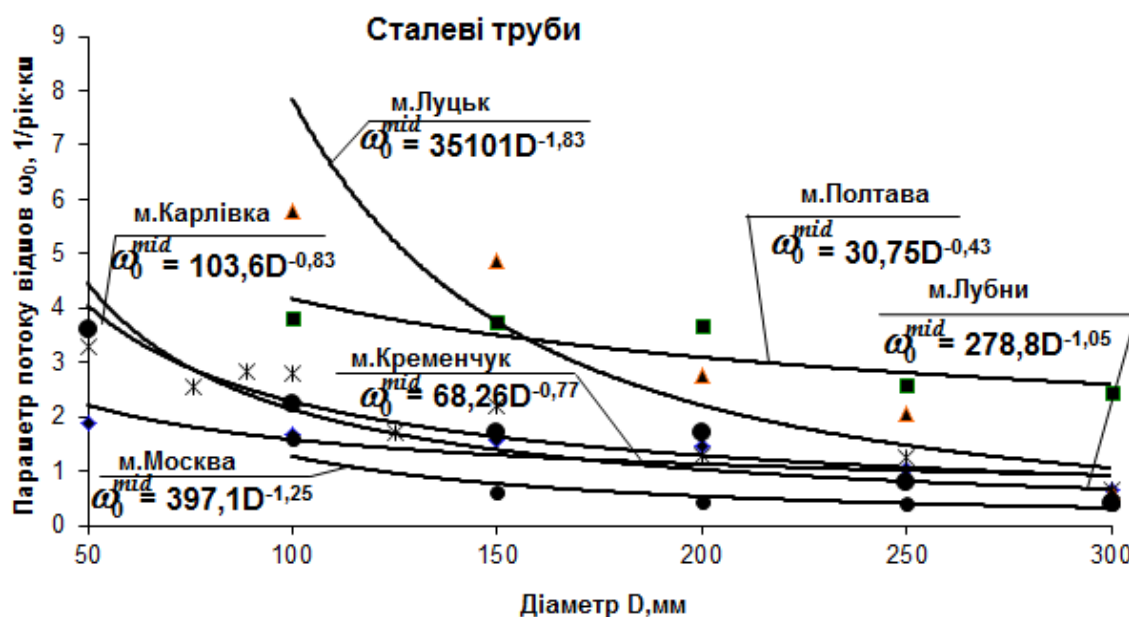


Рис. 3. Аналітичні залежності $\omega_0 = f(D)$ для сталевих труб

Аналіз опублікованих досліджень інших авторів [15, 3; 16, 12; 17, 9] дозволив виконати порівняння безвідмовності водопровідних труб за параметром потоку відмов ω_0^{mid} . Порівняння представлено діаграмами (рис.4), які показують суттєву різницю надійності труб у різних країнах.

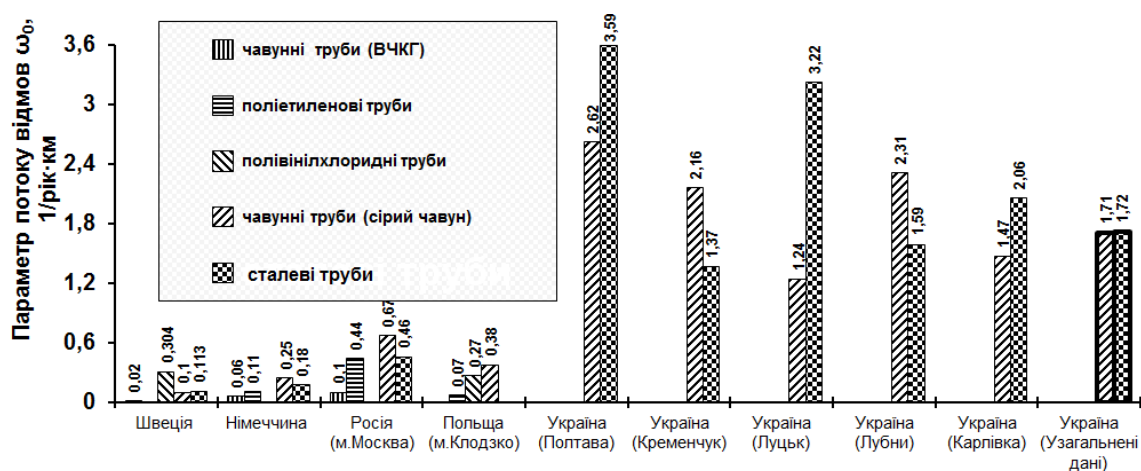


Рис. 4. Безвідмовність труб за параметром потоку відмов ω_0^{mid}

Найбільшу надійність мають водопровідні труби з високоміцного чавуну з кулястим графітом (ВЧКГ), а дещо меншу – поліетиленові труби. Найменшу надійність мають сталеві труби та чавунні труби з сірого чавуну. Кількісні дані наведені в таблиці 3.

Таблиця 3

Порівняння безвідмовності труб за параметром потоку відмов

Країна (місто)	Параметр потоку відмов водопровідних труб ω_0^{mid} , 1/рік·км				
	Високоміцний чавун з кулястим графітом	Поліетилен	Полівінілхлорид	Чавун	Сталь
Швеція	0,02		0,304	0,1	0,113
Німеччина	0,06	0,11		0,25	0,18
Росія (м.Москва)	0,1	0,44		0,67	0,46
Польща (м.Клодзко)		0,07	0,27	0,38	
Україна (Полтава)				2,62	3,59
Україна (Кременчук)				2,16	1,37
Україна (Луцьк)				1,24	3,22
Україна (Лубни)				2,31	1,59
Україна (Карлівка)				1,47	2,06
Україна (Узагальнені дані)				1,71	1,72

Висновки

1. За кордоном розвиток водопровідних мереж відбувається шляхом прокладання труб з високоміцного чавуну з кулястим графітом (ВЧКГ) та внутрішнім полімерцементним покриттям, які мають термін служби більше 100 років, а також поліетиленових труб.

2. В Україні нові ділянки водопровідної мережі прокладаються, зазвичай, з поліетиленових труб, гарантійний термін служби яких складає 50 років. Ці труби мають достатньо високу надійність, але головною перевагою є простота прокладання. Крім того, труби з ВЧКГ в Україні не виробляються.

3. При розрахунках надійності користуватись статистичними даними треба дуже обережно тому, що значення параметра потоку відмов для різних регіонів суттєво відрізняється.

Список літератури

1. *Правила* надання послуг з централізованого опалення, постачання холодної та гарячої води і водовідведення / Постанова Кабінету Міністрів України від 21 липня 2005р. №630.

2. *Водопостачання*. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування: ДБН В.2.5–74:2013 [Чинний від 2014–01–01]. К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово–комунального господарства України, 2013. 281 с. (Національні стандарти України).

3. *Новохатній В.Г.* Надійність функціонування подавально–розподільного комплексу систем водопостачання // автореф. дис. докт. техн. наук. К.: КНУБА, 2012. 32 с.

4. *Новохатний В.Г.* Надежность водоводов систем водоснабжения // MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture : Polish Academy of sciences. Lublin, 2013. Vol. 15, №6. P.101–108.
5. *Ткачук О. А.* Удосконалення систем подачі та розподілення води населених пунктів. Рівне : НУВГП, 2008. 301 с.
6. *Хоружий П. Д.* Ресурсозберігаючі технології водопостачання. К.: Аграрна наука, 2008. 534 с.
7. *Найманов А.Я.* О надежности систем водоснабжения и водоотведения // Водоснабжение и санитарная техника, 2005. №7. С. 30-35.
8. *Храменков С.В.* О надежности водонесущих трубопроводов и планировании их восстановления // Международная конференция и выставка по бестраншейным технологиям NO-DIG Москва. Сб. научных докладов. М., 2010. С. 92-96.
9. *Hotłoś H.* Analiza strat wody w systemach wodociagowych // Ochrona Srodowiska, 2003. №1. S. 17-24
10. *Piechurski F.* Straty wody i sposoby ich obnizania // Ochrona Srodowiska, 2006: №2. S. 20-23.
11. *Rak J., Tchórzewska-Cieślak B.* Metody analizy i oceny ryzyka w systemie zaopatrzenia w wode. Rzeszów: Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, 2005. S. 1-178, 2005.
12. *Rak J.* Podstawy bezpieczeństwa systemów zaopatrzenia w wode. Komitet Inżynierii Srodowiska PAN. T. 28. Lublin, 2005. S. 1-215.
13. *Матяш О.В.* Удосконалення методів оцінювання надійності та розрахунків розгалужених водопровідних мереж // автореф. дис. канд. техн. наук. Рівне: НУВГП, 2012. 20 с.
14. *ГОСТ 11.005-74.* Правила определения оценок и доверительных границ для параметров экспоненциального распределения и распределения Пуассона. М.: Издательство стандартов, 1974. 29 с.
15. *Храменков С.В.* Оценка надежности трубопроводов системы водоснабжения Москвы // Водоснабжение и санитарная техника, 1998. №7. С.2-5.
16. *П'єхурскі Ф.* Причини й оцінка аварійності розподільної водопровідної мережі // Ринок інсталяцій.2003. №6 (78). С.11-13.
17. *Готлось Г.* Аварійність та вартість ремонту водопровідних мереж (на прикладі міст Польщі) // Ринок інсталяцій. 2004. №6. С.9-12

Надійшло до редакції 17.11.2016