

УДК 628.14

О.В.МАТЯШ, канд. техн. наук

Полтавський національний технічний університет імені Ю. Кондратюка

## **ВИСОКА НАДІЙНІСТЬ ВОДОПРОВІДНИХ МЕРЕЖ – ШЛЯХ ДО ЗМЕНШЕННЯ ВТРАТ ВОДИ**

На основі статистичних даних щодо відмов водопровідних металевих труб м. Лубни Полтавської області виконано розрахунок основних показників надійності.

На основе статистических данных по отказам водопроводных металлических труб г. Лубны Полтавской области выполнен расчет основных показателей надежности.

On the basis of statistical data on the failure of the water supply of steel pipes t. Lubyntava region made the calculation of the basic indicators of reliability.

*Ключові слова:* водопровідна мережа, надійність, безвідмовність, ремонтпридатність.

Водопровідні мережі – одна із вагомих та вразливих ланок системи водопостачання на шляху руху води від вододжерела до споживача. Це зумовлено значною кількістю факторів: зношеність матеріалу водопровідних труб, перепадів тиску в системі водопостачання, вплив несприятливих гідрогеологічних умов на трубопроводи та інші. Аварії на водопровідних мережах є негативним фактором як для водоканалів так і для споживачів. Водоканали несуть матеріальні та технічні затрати, а споживач не отримує воду в належній кількості, що в свою чергу призводить до зростання нарікань населення у зв'язку з відсутністю води у будинку чи квартирі. Тому на сьогоднішній день все більше уваги приділяється надійності водопровідного комплексу, а для покращення ситуації рекомендується застосувати комплексний підхід щодо аналізу відмов та розробки методів підвищення надійності саме водопровідних мереж.

*Огляд останніх джерел досліджень і публікацій* вказує на постійну увагу науковців [1-3] щодо встановлення основних причин аварій на водопровідних мережах, розроблення методик розрахунку основних показників надійності та впровадження заходів щодо підвищення надійності водопровідного комплексу. На вирішення даної проблеми звертають свою увагу і фахівці в галузі водопостачання, котрі на практиці впроваджують розробки науковців для проектування нових та реновації старих мереж [4]. Проте для відтворення реальної картини стану та причин відмов водопровідних мереж слід мати достатню кількість статистичних даних щодо аварій на них.

На сьогоднішній день залишається відкритим питання надійності водопровідних мереж як окремого елементу системи водопостачання

на шляху подачі води від вододжерела до споживача. Одна із нерозв’язаних задач – це недостатність статистичних даних щодо відмов окремих елементів подавально-розподільчого комплексу води (водопровідних мереж).

*Постановка завдання* – виконати аналіз безвідмовності металевих водопровідних труб системи водопостачання міста Лубни Полтавської області та визначити основні види пошкоджень.

У м. Лубни Полтавської області було зібрано і оброблено статистичні дані для металевих труб діаметром 50...300 мм протягом 4 років, а саме за 2005...2008 роки. Водопровідні мережі і водогони міста мають протяжність більш як 80км та складаються з чавунних (33%), сталевих (64%) труб, незначний відсоток – азбестоцементні та пластмасові труби (3%). Аналіз статистичних даних дозволив виділити основні види пошкоджень для металевих водопровідних труб. Для чавунних труб – це вихід цементу з розтрубних з’єднань – 58%, поперечні переломи – 32%, корозія – 8%, пошкодження землерийною технікою – 2%. Для сталевих труб: наскрізні свищі – 67%, порушення зварних з’єднань – 27%, корозія – 4%, пошкодження землерийною технікою – 2% та інші (рис. 1).

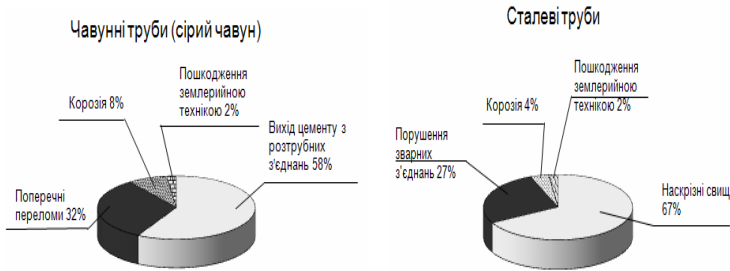


Рис. 1 – Види пошкоджень металевих водопровідних труб м. Лубни Полтавської області

В якості основного показника безвідмовності водопровідних труб прийнято напрацювання на відмову  $T$  1км трубопроводу та обернена йому величина – параметр потоку відмов  $\omega_0$  1 км трубопроводу. Для розрахунку середнього значення параметра потоку відмов 1км трубопроводу  $\omega_0$  використана наступна формула:

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

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

Фахівцями з водопостачання [5] прийнята статистична гіпотеза експоненціального розподілу напрацювання на відмову  $T$  1 км трубопроводу та оберненої йому величини параметра потоку відмов  $\omega_0$  1 км трубопроводу. Аналіз статистичних даних в місті Лубни Полтавської області проводився протягом фіксованого часу, а отримані значення параметра потоку відмов  $\omega_0$  були випадковими. Інтервальні оцінки для параметра потоку відмов обчислені відповідно до ГОСТ 11.005-74 [6] за формулами (2), (3). Результати розрахунків наведені в таблиці.

Розрахунок інтервальних оцінок для параметра потоку відмов  $\omega_0$  м. Лубни Полтавської області

Труби ділянок мережі	Діаметр $D, \text{мм}$	Об'єм вибірки $n$	Коефіцієнти для визначення інтервальних оцінок:		Параметр потоку відмов $\omega_0$ , 1/рік·км:		
			нижня $r_1$	верхня $r_2$	середнє значення	інтервальна оцінка	
						нижня	верхня
Чавунні (сірий чавун)	50	23	1,47	0,705	5,90	4,01	8,37
	100	35	1,35	0,755	3,25	2,41	4,30
	150	4	2,54	0,48	2,72	1,07	5,68
	200	14	1,65	0,64	1,43	0,87	2,24
	250	9	1,93	0,65	1,34	0,70	2,07
	300	6	2,27	0,51	0,88	0,39	1,73
Сталеві	50	39	1,32	0,77	3,59	2,72	4,67
	100	47	1,31	0,76	2,23	1,70	2,93
	150	28	1,4	0,74	1,71	1,22	2,30
	200	20	1,52	0,68	1,69	1,11	2,49
	250	17	1,58	0,66	0,78	0,49	1,18
	300	7	2,13	0,53	0,41	0,19	0,77

Нижня інтервальна оцінка параметра потоку відмов  $\omega_0^H$

$$\omega_0^H = \frac{\omega_0}{r_1}. \quad (2)$$

Верхня інтервальна оцінка параметра потоку відмов  $\omega_0^E$

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

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

Середньозважене значення параметра потоку відмов  $\omega_0$  незалежно від діаметра обчислено за формулою

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

Середньозважене значення параметра потоку відмов  $\omega_0$  незалежно від діаметра для системи водопостачання м. Лубни складає  $\omega_0^{mid} = 2,31$  – для чавунних труб;  $\omega_0^{mid} = 1,59$  – для сталевих труб.

У результаті математичної обробки статистичних даних отримано аналітичні залежності параметра потоку відмов  $\omega_0$  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 та графіки для середніх значень параметра потоку відмов  $\omega_0^{mid}$  для мережі водопостачання м. Лубни Полтавської області мають вигляд (рис. 2).

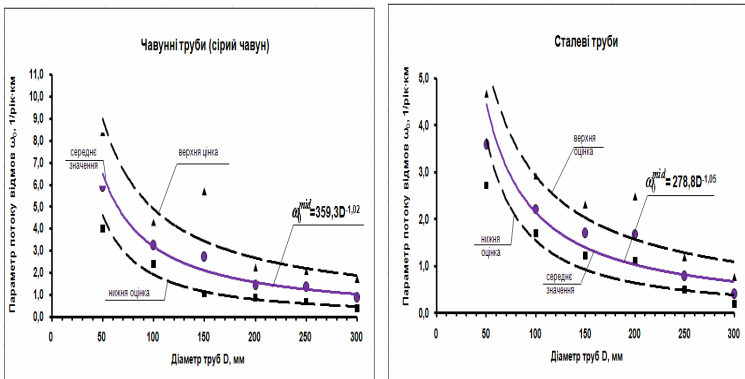


Рис. 2 – Аналітичні залежності  $\omega_0 = f(D)$  для металевих труб м. Лубни Полтавської області

Аналіз досліджень надійності елементів системи водопостачання інших міст України [2] дозволив виконати порівняння безвідмовності водопровідних труб за параметром потоку відмов  $\omega_0^{mid}$ . Порівняння представлено діаграмами (рис. 3). Узагальнені середні значення питомого параметра потоку відмов  $\omega_0^{mid}$  незалежно від діаметра для п'яти міст України складають:

- для чавунних труб (сірий чавун)  $\omega_0^{mid} = 1,96$  1/рік·км;
- для сталевих труб  $\omega_0^{mid} = 2,37$  1/рік·км.

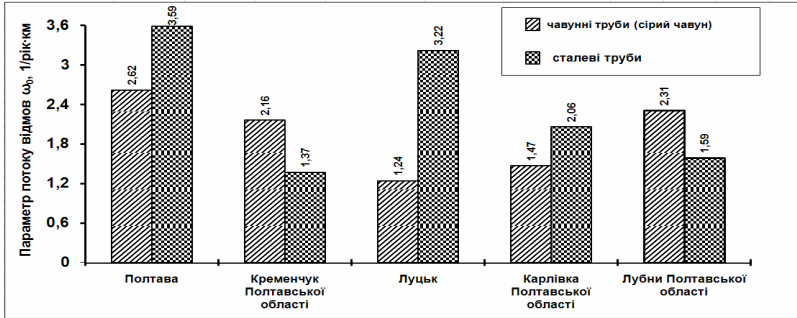


Рис. 3 – Порівняння безвідмовності труб за параметром потоку відмов

### Висновки

1. Якісний аналіз надійності водопровідних мереж дозволив виділити основні види пошкоджень металевих труб. Для чавунних труб – це вихід цементу з розтрубних з'єднань – 58% та поперечні переломи – 32%; для сталевих труб: наскрізні свищі – 67% та порушення зварних з'єднань – 27%.

2. В результаті кількісного аналізу надійності водопровідних металевих труб отримано аналітичні залежності для середнього значення питомого параметра потоку відмов:

- чавунні труби (сірий чавун)  $\omega_0^{mid} = 359,3D^{-1,05}$  1/рік-км;

- сталеві труби  $\omega_0^{mid} = 278,8D^{-1,05}$  1/рік-км.

1. Гіроль М.М. Стан водопровідних мереж України та шляхи запобігання погіршенню якості питної води / М.М. Гіроль: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://polypipe.info/news/238-stanvodoprovvidnuhmerezhuksraini>.

2. Матяш О.В. Порівняння надійності водопровідних мереж / О.В. Матяш, В.Г. Новохатній // Сучасні проблеми охорони довкілля, раціонального використання водних ресурсів та очищення природних та стічних вод: міжнародна науково-практична конференція. – К.: Знання, 2009. – Том 2. – С. 3-7.

3. Найманов А.Я. Показатели качества функционирования систем водоснабжения и канализации / А.Я. Найманов, Ю.В. Гостева // Вісник Донецького університету. Серія А Природничі науки. – Донецьк: ДонНАБА, 2010. – Вип. 6 (86). – С. 53-57.

4. Современные бесстраншейные методы ремонта трубопроводов / С.В. Храменков, В.А. Загорский, В.И. Дрейцер, Л.В. Плешков // Водоснабжение и санитарная техника. – 1998. – № 3. – С. 14-17.

5. Храменков С.В. Оценка надежности трубопроводов системы водоснабжения Москвы / С.В. Храменков, О.Г. Примин // Водоснабжение и санитарная техника. – 1998. – №7. – С. 2-5.

6. Прикладная статистика Правила определения оценок и доверительных границ для параметров экспоненциального распределения и распределения Пуассона: ГОСТ 11.005-74. – М.: Издательство стандартов, 1974. – 29 с.

Отримано 28.10.2013