

Секция 2. Перспективы ресурсосбережения и энергоэффективности в водопроводно-канализационном хозяйстве

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ РЕНОВАЦИИ ГОРОДСКИХ ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ

С.Л. ВАСИЛЕНКО, д-р техн. наук, В.Н. ВОЛКОВ

Коммунальное предприятие «Харьковводоканал»

ул. Шевченко, 2, г. Харьков, 61013, Украина

e-mail: texvater@rambler.ru

Современное состояние водопроводных сетей систем подачи и распределения воды (ПРВ) в Украине характеризуется как крайне неудовлетворительное [1, 2], что приводит к потерям питьевой воды (рисунок 1), возможности её вторичного химико-бактериального загрязнения, снижению пропускной способности трубопроводов из-за инкрустации их внутренней поверхности, непроизводительным затратам потребляемой электроэнергии.

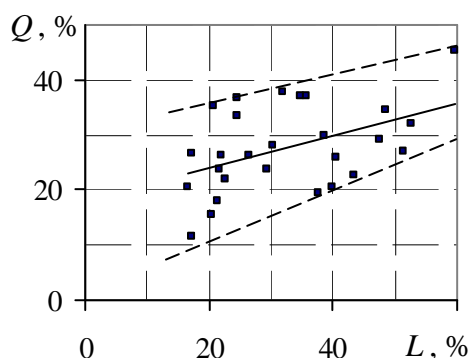


Рисунок 1 – Связь потерь воды Q (в % от подачи) с протяженностью аварийных водопроводных сетей L (в % от их общей длины) по 27 административным единицам Украины

На 1 км водопроводных сетей в среднем приходится около 2 повреждений в год, что на порядок превышает соответствующий показатель в международной практике, и тенденция роста продолжается.

По данным Минрегиона Украины (2015) «требуют замены 38% или 69 тыс. км водопроводных и 37% или 19 тыс. км канализационных трубопроводов».

В работе [3] на основе нормативных потерь воды из трубопроводов предложен метод определения протяженности физически изношенных водоводов и водопроводных сетей, которые подлежат ежегодному

восстановлению.

Метод требует доработки, в том числе с учетом современных подходов к разработке технологических нормативов использования воды (ТНИВ) [4, 5].

Под реновацией (реконструкцией) сетей подразумевается:

- *перекладка* – на равноценные или измененные диаметры труб;
- *санация* – с возможным уменьшением диаметров там, где это возможно в условиях устойчивой тенденции уменьшения фактического водопотребления.

Заметим, что часто используемый оборот «технически изношенные сети» квалифицируется как водопроводный сленг местечковой терминологии [6].

Сети – составная часть техники, отчего получается лингвистический нонсенс: «технически изношенная техника», вроде "масляного масла". В официальных отчетах издавна употребляется вполне четкое понятие, как аварийные и/или ветхие (старые) <водопроводные и канализационные> сети.

Структура нормативных потерь воды по системам ПРВ городов примерно одинакова. Так, по г. Харькову они равны 57,3 млн м³/год [5] и включают (%):

– *утечки воды* из трубопроводов (при авариях – 11.6 и скрытые – 56.8), в ёмкостных сооружениях – 0.9, через неплотности арматуры – 10.3, из водоразборных колонок – 4.9;

– *расходы воды*, не зарегистрированные средствами измерительной техники – 3.6, связанные с несанкционированным разбором воды – 4.1, вызванные несоответствием норм водопотребления фактическому количеству потребленной воды – 4.2, на противопожарные цели – 3.6.

Средний диаметр d_{cp} по поперечному сечению и объему трубопроводов, а также их средний возраст эксплуатации T_{cp} можно вычислить по формулам:

$$d_{cp} = \sqrt{L^{-1} \sum_{m,d} d^2 l},$$

$$T_{cp} = L^{-1} \sum_{m,i} i \cdot l,$$

где m, d, i – индексы суммирования соответственно по материалам, диаметрам трубопроводов и срокам их эксплуатации ($i = 1, 2... \text{соответствует } 10, 20... \text{ лет}$);

L – суммарная протяженность всех участков трубопроводов l .

Водопроводные сети проложены преимущественно из чугуна и стали (таблица 1). Прочие трубы занимают всего 2,6%, в том числе: железобетонные – 13,90; асбестоцементные – 1,50; пластиковые – 53,45 и керамические – 0,40 км.

Таблица 1 – Характеристика системы ПРВ г. Харькова (2014)

Материал труб	d_{cp} , мм	Протяженность по диаметрам труб (мм), км								
		≤ 100	101-200	201-300	301-400	401-600	601-800	801-1000	> 1000	Всего
Сталь	650	73,9	80,8	102,1	36,2	119,0	42,8	48,0	62,4	565,4
Чугун	253	346,0	674,1	366,4	72,3	41,8	9,1	17,5	0,0	1527,3
Прочие	353	3,0	28,9	4,6	3,0	10,9	0,4	0,0	0,5	51,3
Итого	400	423,0	783,8	473,1	111,5	171,7	52,3	65,6	62,9	2143,9
	T_{cp} , года	Протяженность по срокам эксплуатации (года), км								
		10	11 - 20	21 - 30	31 - 40	41 - 50	51 - 60	61 - 70	> 70	Всего
Сталь	41	73,9	80,8	102,1	36,2	119,0	42,8	48,0	62,4	565,4
Чугун	53	346,0	674,1	366,4	72,3	41,8	9,1	17,5	0,0	1527,3
Прочие	17	3,0	28,9	4,6	3,0	10,9	0,4	0,0	0,5	51,3
Итого	49	423,0	783,8	473,1	111,5	171,7	52,3	65,6	62,9	2143,9

В основу искомого расчета положим подход-идею «не навредить» или, по меньшей мере, не превысить со временем имеющийся уровень потерь воды.

Подробный анализ ТНИВ показывает, что с возрастом водопроводной сети пропорционально растут скрытые утечки воды по принципу суперпозиции

$$q_{\text{ут}} = 525,6 \cdot \sum_{m \text{ д } i} \left(k_i \cdot l \cdot q \cdot \sqrt{h_{\text{ср}}/60} \right),$$

где l – длина участка трубы соответствующего материала и диаметра, км;

q – допустимый уровень потерь воды при гидравлических испытаниях на герметичность согласно табл. 6 ДСТУ-НБ В.2.5-68:2012, л/мин \rightarrow 525,6 м³/год;

$h_{\text{ср}}$ – среднее давление в трубопроводе, м водяного столба;

k_i – коэффициент практически линейного повышения допустимых утечек после i -го срока-десятилетия эксплуатации: 1.0, 2.1, 3.2, 4.4, 5.5, 6.5, 7.5, 8.5.

Другие составляющие потерь воды увеличиваются примерно также.

Суть расчетного экспресс-метода достаточно проста: во сколько раз вырастают утечки воды, во столько раз следует обновить сети, как минимум.

Наименьший объем реновации сетей ориентировочно определяется через отношение коэффициентов для фактического срока эксплуатации k_i и последующей десятилетки k_{i+1} , в частности, по Харькову ($T_{\text{ср}} = 49 \rightarrow k_i = 5.5$):

$$L_{\text{пер}} \approx L(1 - k_i/k_{i+1})/10 = 2143,9 \cdot (1 - 5.5/6.5)/10 = 33,0 \text{ км.}$$

Учитывая круглосуточный режим подачи воды со средним напором $h_{\text{ср}} = 35$ м, детально рассчитанные утечки $q_{\text{ут}}$ через 10 лет увеличиваются в 1,161 раз: с 7,531 до 8,745 млн м³. Это несколько ниже усредненного значения $6.5/5.5 \approx 1,182$ и путем инверсии приводит к $\hat{L}_{\text{пер}} = 29,8$ км, что меньше аналогичной величины [3], основанной на принятом в 2003 г. нелинейно-параболическом характере увеличения коэффициента k_i .

Адресная замена-реновация трубопроводов с использованием современных материалов и новых технологий позволяет повысить эффективность капитальных вложений за счет уменьшения количества повреждений на наиболее аварийных участках водопроводной сети и оптимизировать затраты на реконструкцию системы ПРВ. Большое значение при этом имеют знание, опыт и интуиция эксплуатационного персонала.

Пока объемы работ по реновации водопроводных сетей не достигнут расчетных показателей, система ПРВ по техническим критериям устойчивости будет характеризоваться как выходящая за границы возможной стабилизации и входящая в зону "разрушительного" риска.

Эффективность обновления сетей при этом во многом будет зависеть от того, как задумано, как спроектировано и грамотно ли потом эксплуатируется.

Запас прочности, созданный в предшествующие периоды, вынужденно сокращается. Необходим комплексный подход в формировании концепции реконструкции муниципальных систем, технической и организационно-экономической политики водоснабжения. Это же является необходимой составляющей инвестиционной привлекательности сферы водоснабжения, самих предприятий водопроводного хозяйства и в целом обеспечения устойчивости централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Список источников:

1. Стан водопровідних мереж України та шляхи запобігання погіршенню якості питної води // Полімерні труби. – 2013. – URL: <http://polypipe.info/>.
2. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2012 році. – К.: Мінрегіон України, 2013. – 450 с.
3. Василенко С.Л. Метод расчета объемов реконструкции технически изношенных водопроводных сетей // Научный вестник строительства. – Харьков: ХДТУБА, 2003. – Вып. 21. – С. 134–140.
4. Методика розрахунку втрат питної води підприємствами, які надають послуги з централізованого водопостачання. – Мінрегіон України / Наказ від 25.06.2014 № 180. – URL: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/z1063-14>.
5. Поточні індивідуальні технологічні нормативи використання питної води в КП «Харківводоканал». – К.: ДП «НДКТИ МГ», 2014. – 222 с.
6. Василенко С.Л. Водные парадоксы. Часть 4 / С.Л. Василенко // Водопостачання та водовідведення. – 2015. – № 5. – С. 36-42.

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ БЕЗРЕАГЕНТНИХ МЕТОДІВ ЗНЕЗАЛІЗНЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД

О.М.КВАРТЕНКО, *канд. техн. наук*

*Національний університет водного господарства та природокористування
вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028, Україна
e-mail: as-755@rambler.ru*

Практично до середини 20-го сторіччя для видалення заліза із води у світі застосовувалися лише фізико-хімічні методи [1-3]. Основним з яких є метод спрощеної аерації з наступним фільтруванням. Метод засновано на здатності води, яка містить іони Fe^{2+} та розчинний кисень, при фільтруванні через шар фільтруючого завантаження формувати на його поверхні каталітичну плівку із сполук заліза. Обмеження застосування - наявність органіки, сірководню та амонійного азоту. Іншим безреагентним методом є метод глибокої аерації заснований на гомогенному окисненні сполук заліза киснем повітря у вільному об'ємі, утворенням в результаті гідролізу гідроокису заліза та його коагуляцію у вільному об'ємі з подальшим розділом фаз на фільтрах. Основна маса пластівців при цьому затримується у верхніх шарах завантаження товщиною 10-15 см, що призводить до швидкого зростання втрат напору, значних витрат води на промивку фільтрів та капітальних витрат пов'язаних з необхідністю присутністю в схемі контактних резервуарів [1, 2].

Для слабо кислих залізомістких вод із низьким лужним резервом, згідно [2], видалення вільного диоксиду вуглецю та підвищення рН тільки за допомогою аерації не можливо. Як наслідок окиснення іонів заліза та марганцю методами спрощеної та глибокої аерації не відбувається у повній мірі. Крім того ґрунтуючись на дослідженнях [4-6] можливо зробити висновок, що для слабокислих та біля нейтральних вод та вод, які містять залізоорганічні комплекси, або легко окиснювальні органічні речовини, зазначені методи за рядом показників значно поступаються біологічному методу знезалізнення. Так