

233 с.

7.Пантелєя Г.С., Никулин С.Е. Исследование и разработка новых типов сооружений для очистки сточных вод и интенсификации стабилизационной обработки воды // Методы удаления твердых примесей из промышленных сточных вод: Тез. докл. – Челябинск: Уральский ДНТП, 1984. – С.21-23.

8.ОРД 14.397-2.02-87 Указания по проектированию объектов энергохозяйства металлургических предприятий. Очистные сооружения и защита водоёмов. Т.14. – М.: Минчермет СССР, 1987.

9.Нікулін С.Ю., Прокопенко А.В. Обґрунтування загальної методики досліджень, досліджуваних параметрів модернізованого гідроциклонного апарату // Науковий вісник будівництва: Зб. наук. праць. Вип.63. – Харків: ХДТУБА, 2011. – С.378-382.

10.Никулин С.Е., Прокопенко А.В. Обоснование общей методики исследований и параметров модернизированного гидроциклона // Комунальне господарство міст: Наук.-техн. зб. Вип.99. Серія: Технічні науки та архітектура. – Харків: ХНАМГ, 2011. – С.307-312.

11.Никулин С.Е., Прокопенко А.В. Исследование влияния параметров на количество отложенный при интенсивном перемешивании сточных вод с гидратной и гидрокарбонатной щелочностью // Науковий вісник будівництва: Зб. наук. праць. Вип.67. – Харків: ХДТУБА, 2012. – С.294-302.

Получено 01.03.2012

УДК 628.17.08

О.С.НОВИЦЬКА, канд. техн. наук

Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

СПРОЩЕННЯ ГІДРАВЛІЧНИХ РОЗРАХУНКІВ ПРИ РІЗНИХ РЕЖИМАХ РОЗБОРУ ВОДИ

Наведено залежності коефіцієнтів регресії для різних режимів водоспоживання залежно від нічного розбору води для спрощення виконання гідрравлічних розрахунків водопровідних мереж систем подачі та розподілення води.

Показаны зависимости коэффициентов регрессии для разных режимов водопотребления в зависимости от ночного разбора воды для упрощения выполнения гидравлических расчетов водопроводных сетей систем подачи и распределения воды.

The relationships of regression coefficients for different regimes of water using as a function of night water using are shown for simplified fulfillment of water network hydraulic calculations of water transmission and distribution systems.

Ключові слова: системи подачі та розподілення води, водопровідні мережі, гідрравлічні розрахунки, вузлові відбори, вільні напори, необхідний напір, режим водоспоживання.

Втрати води в системах подачі та розподілення води (СПРВ) складають 40-50%. Більша частка втрат води припадає на житловий сектор. Однією з основних причин формування втрат води є напори у водопровідних мережах [1, 2]. Від величин вільних напорів залежать: непродуктивні витрати, що формуються у процесі розбору води споживачем; витoki у споживача, які самовільно виливаються з санітарно-технічних

приладів; витоки із зовнішніх трубопроводів водопровідних мереж. Кожна з цих величин впливає на формування загального розбору води із водопровідних мереж.

Врахування впливу вільних напорів на величини витрат води при гідравлічних розрахунках водопровідних мереж дозволяє провести комплексну оцінку загальної картини розбору води в СПРВ та визначити ефективні енергозберігаючі заходи на основі реальних умов подачі, розподілу та розбору води споживачами [3].

Для врахування втрат води при гідравлічних розрахунках СПРВ розроблено модель [4], на основі якої встановлено залежності витрат води, що відбираються у вузлах водопровідних мереж, від величин вільних напорів $q=f(H)$:

$$q = q_n \cdot k = q_n \cdot \left(\frac{H}{H_n} \right)^\chi, \quad (1)$$

де q_n – витрата води при напорі рівному необхідному $H=H_n$; k – коефіцієнт, що визначає частку загального відбору води, яка залежить від співвідношення вільних напорів H до необхідних H_n ($k=1$ при $H=H_n$; $k > 1$ при $H > H_n$; $k < 1$ при $H < H_n$); χ – показник степеня, який залежить від співвідношення загальних втрат води до сумарного водовідбору α та часток втрат води у споживачів γ до загальних. Якщо вузлові відбори не залежать від вільних напорів у вузлах, то приймають $\chi = 0$. Значення коефіцієнтів α та γ знаходяться в межах від 0 до 1. Для житлових будинків значення його дорівнює 1. У випадку наявності витоків тільки із зовнішніх водопровідних мереж $\gamma = 0$. Величини частки γ в умовах експлуатації СПРВ варіюються від 0,4 до 0,8.

Значення показника χ , які знаходяться в діапазоні 0,5...2,5, і можуть визначатись експериментально або за формулами [4]:

- при напорах менших за необхідний $H \leq H_n$

$$\chi = 1,18 \cdot k_m^{2,04}; \quad (2)$$

- при напорах більших за необхідний $H > H_n$

$$\chi = 0,95 \cdot K_m^{0,65}, \quad (3)$$

де k_m та K_m – коефіцієнти регресії відповідно для напорів менших та більших за нормативний, які залежать від режиму розбору води.

В існуючих методах розрахунків водопровідних мереж СПРВ (що не враховують залежності витрат води від величин вільних напорів) коефіцієнти регресії k_m та K_m дорівнюють нулю. В реальних умовах розпо-

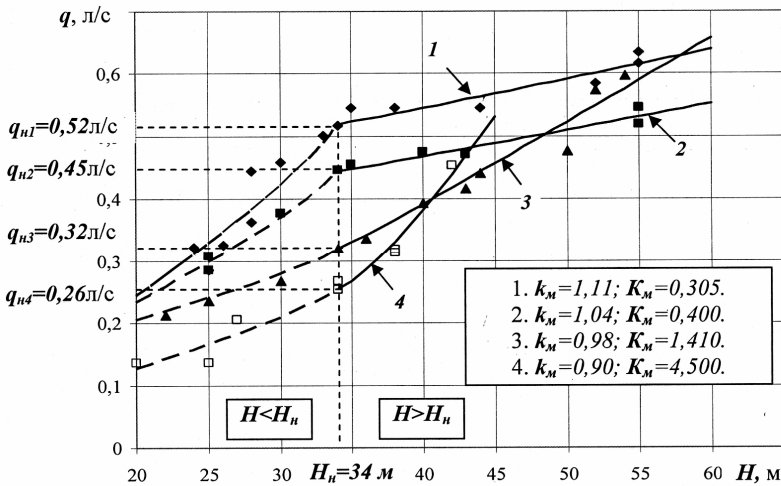
ру води їхні значення залежать від коефіцієнтів α та γ і знаходяться в межах $k_M = 0,55 \dots 1,65$ та $K_M = 0,26 \dots 6,62$ та визначаються за формулами [1]:

$$k_M = 1,1 \cdot \alpha \cdot (\gamma - 0,5) + 1,1, \quad (4)$$

$$K_M = 6,36 \cdot \alpha \cdot \gamma + 0,26. \quad (5)$$

Значення коефіцієнтів K_M [1]: для максимального водоспоживання від 0,26 до 1,53 ($\alpha = 0 \dots 0,2$), середнього – від 0,26 до 2,8 ($\alpha = 0 \dots 0,4$), мінімального – від 0,26 до 4,08 ($\alpha = 0 \dots 0,6$) та нічного – від 0,26 до 6,62 ($\alpha = 0 \dots 1$).

В результаті експериментальних досліджень у житлових будинках для різних годин доби [5], отримано залежності $q=f(H)$ та значення коефіцієнтів регресії $k_{M,i}$ та $K_{M,i}$ (рисунок). Коефіцієнти регресії $K_{M,i}$ зростають із зменшенням розбору води, а $k_{M,i}$ навпаки – зменшуються за величиною. Рисунок демонструє, що залежність нічного водоспоживання перетинає (при $H > H_n$) залежності в інші години розбору води: мінімального, середнього та максимального.



Експериментальні залежності витрат води q від величин вільних напорів H для різних режимів розбору води ($n_{лов}=9$) при $H < H_n$ та $H > H_n$:
1, 2, 3, 4 – залежності відповідно для максимального, середнього, мінімального та нічного водоспоживання.

Для спрощення виконання розрахунків при різних режимах роботи СПРВ можна виразити коефіцієнти регресії k_M та K_M через коефіцієнти

регресії в нічні години розбору води $k_{м.ніч}$ та $K_{м.ніч}$. В точці перетину ліній нічного водоспоживання та i -го режиму розбору води $H=H_1=H_2$ та $q=q_1=q_2$. Тоді за формулою (1)

$$q_{н.ніч} \left(\frac{H_i}{H_n} \right)^{\chi_{ніч}} = q_{н.і} \left(\frac{H_i}{H_n} \right)^{\chi_i} . \quad (6)$$

Введемо додаткові коефіцієнти:

$$k_{q,i} = \frac{q_{н.ніч}}{q_{н.і}} ; \quad k_{H,i} = \frac{H_i}{H_n} . \quad (7)$$

Тоді

$$k_{q,i} = \frac{k_H^{\chi_i}}{k_H^{\chi_{ніч}}} = k_H^{\chi_i - \chi_{ніч}} , \quad (8)$$

прологарифмувавши, отримаємо

$$\lg k_{q,i} = (\chi_i - \chi_{ніч}) \lg k_{H,i} . \quad (9)$$

Враховуючи формули (2), (3), (7) і (9), залежності коефіцієнтів регресії i -го та нічного водоспоживання визначаються за формулами:

- при напорах менших за необхідний $H_i \leq H_{н.і}$

$$k_{м.і} = 2,04 \sqrt[2]{k_{м.ніч}^{2,04} + \frac{\lg k_{q,i}}{1,18 \lg k_{H,i}}} = 2,04 \sqrt[2]{k_{м.ніч}^{2,04} - \frac{\lg q_{н.ніч} - \lg q_{н.і}}{1,18(\lg H_n - \lg H_i)}} ; \quad (10)$$

- при напорах більших за необхідний $H_i > H_{н.і}$

$$K_{м.і} = 0,65 \sqrt[0,65]{K_{м.ніч}^{0,65} + \frac{\lg k_{q,i}}{0,95 \lg k_{H,i}}} = 0,65 \sqrt[0,65]{K_{м.ніч}^{0,65} - \frac{\lg q_{н.ніч} - \lg q_{н.і}}{0,95(\lg H_n - \lg H_i)}} . \quad (11)$$

Отже, коефіцієнти регресії для інших режимів розбору води залежать від коефіцієнтів регресії $k_{м.ніч}$ та $K_{м.ніч}$, визначених упродовж нічного розбору води, співвідношень витрат води при необхідному напорі $k_{q,i}$ та величин напорів до необхідного $k_{H,i}$. Значення коефіцієнтів $k_{q,i}$ можна визначити експериментально для різних режимів водоспоживання. Проаналізувавши дані проведених досліджень у житлових будинках та насосних станціях, величини коефіцієнтів k_q складають: для максимального водоспоживання – $k_{q,макс} = q_{н.ніч}/q_{н.макс} = 0,4...0,5$; середнього – $k_{q,сер} = q_{н.ніч}/q_{н.сер} = 0,5...0,6$; мінімального $k_{q,мін} = q_{н.ніч}/q_{н.мін} = 0,7...0,8$. Коефіцієнт $k_{H,i}$ залежить від величини напору H_i в точці перетину залежностей $q=f(H)$ при різних режимах водоспоживання.

Припустивши, що всі лінії залежностей $q=f(H)$ при напорах менших за необхідний $H_i \leq H_{н.і}$ перетинаються в точці мінімально допусти-

мого напору води $H_{min, \text{дон}} = 10 \text{ м. вод. ст.}$ та, зробивши певні спрощення, можна залежність (10) записати у вигляді:

$$k_{m,i} = \sqrt{k_{m, \text{ніч}}^2 - \frac{\lg k_{q,i}}{1,18(\lg H_n - 1)}}. \quad (12)$$

Ця залежність адекватно корелює значення коефіцієнтів $k_{m,i}$, які для значень $H_n = 34 \text{ м}$, $k_{q, \text{макс}} = 0,5$, $k_{q, \text{сер}} = 0,58$, $k_{q, \text{мін}} = 0,74$ та $k_{m, \text{ніч}} = 0,9$ (рисунок) відповідно складають: $k_{m, \text{макс}} = 1,13$, $k_{m, \text{сер}} = 1,09$, $k_{m, \text{мін}} = 0,98$. Погрішності отриманих результатів за формулою (12) становлять до 5% (рисунок).

При напорах більших за необхідний $H_i > H_{n,i}$ для кожного режиму розбору води можна визначити мінімальне значення коефіцієнта $k_{H, \text{мін}}$, виходячи з того, що $K_{m,i} \leq K_{m, \text{нічн}}$, відповідно $\chi_{m,i} \leq \chi_{m, \text{нічн}}$ (формула (9)). Тоді

$$k_{H, \text{мін}} = 10^{\frac{\lg k_{q,i}}{\chi_{\text{ніч}}}}. \quad (13)$$

За формулою (13) мінімальний напір $H_{i, \text{мін}}$, в точці якого можливий перетин залежностей $q=f(H)$ в різні режими водоспоживання:

$$H_{i, \text{мін}} = H_n \cdot 10^{\frac{\lg k_{q,i}}{\chi_{\text{ніч}}}}. \quad (14)$$

Визначено мінімальні значення $k_{H, \text{мін}}$ залежно від величин коефіцієнтів $k_{q,i}$ та $K_{m, \text{ніч}}$ за формулою (13) для житлових будинків (табл.1) та для розбору води із водопровідних мереж (табл.2). В умовах реального розбору води враховано, що коефіцієнт α (формула (5)) для режиму нічного водоспоживання знаходиться в межах від 0,6 до 1, а коефіцієнт γ для житлових будинків дорівнює 1, для вузлів водопровідних мереж – 0,4.

Таблиця 1 – Мінімальні значення коефіцієнтів k_H залежно від величин k_q та α для житлових будинків ($\gamma=1$)

k_q	Значення коефіцієнтів $k_{H, \text{мін}}$ для різних величин α ($\gamma=1$)				
	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,1	2,64	2,42	2,26	2,13	2,03
0,2	1,97	1,86	1,77	1,70	1,64
0,3	1,66	1,59	1,53	1,49	1,45
0,4	1,47	1,42	1,38	1,35	1,33
0,5	1,34	1,31	1,28	1,26	1,24
0,6	1,24	1,22	1,20	1,18	1,17
0,7	1,16	1,15	1,13	1,12	1,12
0,8	1,10	1,09	1,08	1,08	1,07
0,9	1,05	1,04	1,04	1,04	1,03

Таблиця 2 – Мінімальні значення коефіцієнтів k_H залежно від величин k_q та α з урахуванням витоків води із зовнішніх водопровідних мереж

k_q	Значення коефіцієнтів $k_{H,min}$ для різних величин α ($\gamma=0,4$)				
	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,1	5,27	4,59	4,11	3,74	3,46
0,2	3,20	2,90	2,68	2,51	2,38
0,3	2,38	2,22	2,09	1,99	1,91
0,4	1,94	1,83	1,75	1,69	1,64
0,5	1,65	1,58	1,53	1,49	1,45
0,6	1,45	1,40	1,37	1,34	1,32
0,7	1,29	1,27	1,24	1,23	1,21
0,8	1,17	1,16	1,15	1,14	1,13
0,9	1,08	1,07	1,07	1,06	1,06

Значення коефіцієнтів $k_{q,i}$ зростають із зменшенням розбору води, а $k_{H,i}$ навпаки – зменшуються за величиною (рисунок, табл.1, 2). При розборі води з урахування витоків із зовнішніх водопровідних мереж значення коефіцієнтів $k_{H,i}$ є більшими (табл.2) порівняно з величинами для житлових будинків (табл.1).

Для значень коефіцієнтів $k_{q,макс}=0,5$, $k_{q,сеп}=0,58$, $k_{q,мін}=0,74$ та $K_{м,ніч}=4,5$ ($\alpha=0,67$) (рисунок) $k_{H,i}$ може знаходитись в межах відповідно (табл.1): $k_{H,макс} \geq 1,31$, $k_{H,сеп}=1,24 \dots 1,31$, $k_{H,мін}=1,12 \dots 1,24$. Визначені за рисунком значення $k_{H,i}$ в точках перетину залежностей нічного водоспоживання та інших режимів розбору води складають: $k_{H,макс}=1,35$, $k_{H,сеп}=1,26$, $k_{H,мін}=1,19$ (для напорів $H_n=34$ м, $H_{макс}=46$ м, $H_{сеп}=43$ м, $H_{мін}=40,5$ м). Значення коефіцієнтів $k_{H,i}$, встановлених експериментальним шляхом для 9-поверхового будинку знаходяться в межах величин, визначених за формулою (13). Відповідно значення $K_{м,i}$ визначені за формулою (11) для діапазонів $k_{H,i}$ знаходяться в межах, встановлених експериментальним шляхом (рисунок).

Таким чином, визначивши коефіцієнти регресії в години нічного розбору води $k_{м,ніч}$ та $K_{м,ніч}$ можна встановити коефіцієнти регресії $k_{м,i}$ та $K_{м,i}$ для інших режимів водоспоживання за формулами (11) і (12). Отримані залежності корелюються з результатами експериментальних досліджень, які було проведено в житлових будинках і на насосних станціях.

1.Новицька О.С. Вплив вільних напорів і втрат води на величини відборів води із водопровідних мереж // Вісник НУВГП: 36. наук. праць. Вип.1(37). – Рівне, 2007. – С.171-180.

2.Desan Obradovi. Modelling of demand and losses in real-life water distribution systems // Urban Water, June 2000, – Volume 2, Issue 2 – P.131-139.

3.Новицька О.С., Ткачук О.А. Удосконалення методів розрахунків водопровідних мереж із урахуванням змін вільних напорів // Вісник НУВГП: 36. наук. праць. Вип.4 (40). – Рівне, 2007. – Ч.2. – С.507-514.

4.Ткачук О.А., Новицька О.С., Каланча С.В., Шевчук А.Ю. Моделювання вузлових відборів води для виконання гідравлічних розрахунків водопровідних мереж // Науковий

вісник будівництва. Вип. 60. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2010. – С.282-287.

5.Новицька О.С., Ткачук О.А. Особливості розбору води із водопровідних мереж при різних режимах водоспоживання // Гідромеліорація та гідротехнічне будівництво: 36. наук. праць. Вип.31. – Рівне, 2006. – С.387-394.

Отримано 29.02.2012

УДК 662.74

Н.Ю.КОЛЕСНИК, канд. техн. наук, Н.М.ЯКОВЕНКО, В.М.БЕЛЯЕВА

Харьковская национальная академия городского хозяйства

МЕТОДЫ САНАЦИИ ТРУБОПРОВОДОВ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Рассматриваются современные методы санации трубопроводов систем водоснабжения, анализируются их недостатки и преимущества. Предлагаются наиболее прогрессивные методы санации.

Розглядаються сучасні методи санації трубопроводів систем водопостачання, аналізуються їх недоліки та переваги. Пропонуються найбільш прогресивні методи санації.

Modern methods of sanitation of water supply pipelines systems has been considered, their disadvantages and advantages had been analyzed. The most progressive methods of sanitation are offered.

Ключевые слова: санация, бестраншейная технология, методы «пакерного» ремонта, «чулка», «труба в трубе».

В настоящее время в системах водоснабжения Украины неотложной задачей является внедрение разработок по восстановлению (санации) поврежденных участков трубопроводов, так как большая часть водопроводных сетей (их протяженность свыше 70 тыс. км) проложена с применением стальных труб. Большим недостатком этих труб являются склонность к коррозии, а следовательно, небольшой срок эксплуатации (10-15 лет). В результате коррозии появляются свищи в стенках труб, через которые происходят утечки воды. С течением времени количество свищей прогрессивно возрастает, а прочность стенок водоводов понижается. По оценкам специалистов [1, 2] из 70 с лишним тыс. км трубопроводов водопроводных сетей 55% требуют срочной замены и ремонта, на каждые 100 км трубопроводов за один год в среднем приходится 45 аварий, причём с каждым годом положение всё ухудшается. При таком состоянии водопроводных сетей, с учетом прогрессирующего коррозионного разрушения и при систематической подкачке, увеличивающей нагрузку на ослабленные стенки труб, в ближайшие 5-7 лет начнутся массовые разрушения водоводов с катастрофическими последствиями для экономики Украины.

Восстановление (ремонт) трубопроводов может производиться как бестраншейным, так и траншейным способом [4] и позволяет возобно-