

6. Туревский С.М., Константинов С.В. Применение самопромывных фильтров DynaSand и тонкослойных сепараторов Johnson Lamella.//Водоснабжение и санитарная техника №6, 2012.
7. Йосеф Е. Самопромывные фильтры DynaSand – уникальный инструмент.// Научный журнал ВАК «Энергетика. Энергосбережение. Экология», №32, 2013, с.19-22.

УДК 628.147

Коноз С. В., Сироватський О.А.

Харківський національний університет будівництва та архітектури

Фірман В.М.

Львівський національний університет ім. І. Франка

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК НАПРНИХ ПОЛІЕТИЛЕНОВИХ, СТАЛЕВИХ ТА ЧАВУННИХ ТРУБОПРОВОДІВ

Вступ. Нині в Україні для будівництва систем водопостачання застосовують переважно поліетиленові трубопроводи, які мають низку суттєвих переваг порівняно з трубопроводами з інших матеріалів: вони довговічні, оскільки не руйнуються внаслідок корозії і не крихкі; мають невеликий гідравлічний опір рухові води, а отже, невеликі втрати напору і витрати електроенергії на транспортування води; мають невелику питому вагу; легко монтуються і витримують значні гідравлічні удари. Але в деяких випадках поліетиленові трубопроводи не можуть бути застосовані із-за низької міцності. В таких випадках застосовуються сталеві трубопроводи які мають високу міцність та дуже низький коефіцієнт температурного розширення. Альтернативою сталевим трубопроводам є чавунні, які мають підвищені характеристики міцності, надійності, здібність протистояти корозії строк експлуатації до 80 років. Також чавунні трубопроводи мають порівняно невисоку ціну.

Мета і завдання. При проектуванні систем подачі й розподілу води (СПРВ) потрібно вирішувати питання вибору кількості ліній водоводу і діаметрів водопровідних труб таким чином, щоб вони забезпечували достатню пропускну здатність, а також надійність і економічність роботи систем водопостачання.

При дублюванні водопровідних ліній підвищується ступінь надійності ро-

боти СПРВ і зменшуються витрати електроенергії на транспортування води, проте збільшується будівельна вартість трубопроводів. Оптимальним (правильним) рішенням вважається таке, при якому досягається потрібний ступінь надійності забезпечення всіх споживачів розрахунковою кількістю води під необхідним напором при найменших приведених витратах, що визначаються за формулою [1]:

$$P = C + E_n K, \text{ грн/рік}, \quad (1)$$

де C - річні експлуатаційні витрати, грн/рік; E_n - нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень у частках одиниці за рік, який приймається на рівні 0,12; K - капіталовкладення, грн.

Зазвичай для спрощення розрахунків порівнюють тільки ті капіталовкладення та експлуатаційні витрати, які не повторюються в однакових величинах у порівнювальних варіантах.

До величини K відносять споруди, вартість яких залежить від діаметра водоводу:

$$K = K_s + K_n, \text{ грн}, \quad (2)$$

де K_s - будівельна вартість водоводу, яку можна виразити як функцію від діаметра труб і числа ліній водоводу n за формулою [1]:

$$K_s = (a + b d^a) nl, \text{ грн}, \quad (3)$$

a , b і α - параметри аналітичної залежності питомої вартості прокладання трубопроводу; l - довжина кожної лінії водоводу; K_n - будівельна вартість насосної станції, що визначається за формулою [1, 2]:

$$K_H = frN, \text{ грн}, \quad (4)$$

де f - вартість насосної станції, що припадає на 1 кВт встановленої потужності, грн/кВт; r - коефіцієнт запасу потужності; N - розрахункова потужність насосної станції, кВт, що визначається за формулою:

$$N = \frac{1000Q_p H_p}{102\eta} = \frac{9,8Q_p H_p}{\eta} \quad (5)$$

η - коефіцієнт корисної дії насосного агрегату; Q_p - розрахункова подача води насосної станції, м³/с; $H_p = H_z + h$ - розрахункова висота водопідйому, м; H_z - геометрична висота водопідйому, що дорівнює різниці відміток рівнів води в напірному і підземному резервуарах, м; h - втрати напорі у водоводі при подачі води Q_p :

$$h = K_{mp} \frac{l}{d^m} Q_1^\beta \quad (6)$$

де $Q_1 = Q_p/n$ - витрата води по одній лінії водоводу, м³/с.

Дослідження [1] показали, що величина приведених витрат Π залежить від кількості ліній водоводу n і діаметра труб, який визначається за формулою:

$$d = \frac{1}{\Delta^{\frac{1}{\alpha+m}}} \left(\frac{Q_p}{n} \right)^{\frac{\beta+1}{\alpha+m}} \quad (7)$$

де Δ - економічний фактор, що визначається як

$$\Delta = \frac{9,8mK_{mp}[(E_H+P_2)fr+8760\gamma\sigma]}{\eta b \alpha (E_H+P_1)} \quad (8)$$

P_1 і P_2 - сума амортизаційних відрахувань і відрахувань на поточний ремонт у відсотках від будівельної вартості, відповідно, трубопроводу і насосної станції; σ - вартість 1 кВт.год електроенергії, коп.; 8760 - кількість годин у році; γ - коефіцієнт, що характеризує нерівномірність водоспоживання протягом року:

$$\gamma = \frac{1}{(K_1 K_2 K_3)^{\beta+1}} \quad (9)$$

де K_1, K_2, K_3 - коефіцієнти, відповідно, погодинної, добової і річної нерівномірності водоспоживання; b і α - коефіцієнт і показник ступеня при d у формулі (3); K_{mp}, β і m

- коефіцієнт і показники ступенів при Q_1 і d у формулі (6).

Результати дослідження

На рис.1 показано графік $K_{IT}=f(d_y)$ залежності питомої вартості поліетиленових трубопроводів від їхнього діаметра в межах 32-800мм [2].

Параметри a, β і α у формулі (3) були обчислені методом найменших квадратів. Параметр a визначали за формулою:

$$a = \frac{K_{n1}K_{n.t} - K_{n.cp}^2}{K_{n1} + K_{n.t} - 2K_{n.cp}} \quad (10)$$

де $K_{n.cp}$ - питома вартість трубопроводу діаметром $d_{cp} = \sqrt{d_1 d_t}$, яку приймали по графіку $K_{IT}=f(d_y)$, побудованому за даними табл. 1 для нинішньої питомої вартості поліетиленових трубопроводів.

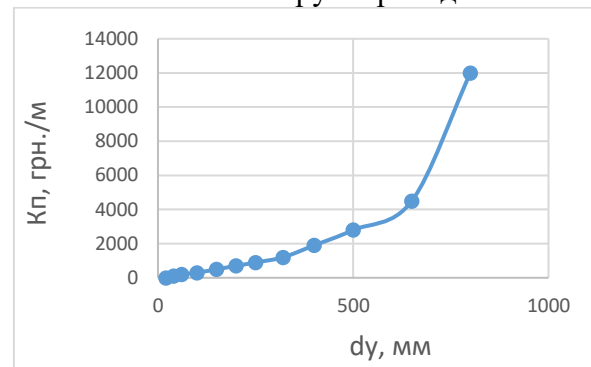


Рис. 1. Графік залежності $K_{IT}=f(d_y)$

Значення $K_{n1}, K_{n2}, \dots, K_{n.cp}, \dots, K_{nt}$ на графіку рис. 1 відповідають діаметрам труб $d_{y.1}, d_{y.2}, \dots, d_{y.cp}, \dots, d_{y.t}$, де t - число значень $d_{y.t}$ в табл. 1 ($t=12$).

Для середнього діаметра $d_{cp} = \sqrt{32 \cdot 800} = 160$ мм питома вартість трубопроводу $K_{n.cp}=384,77$ грн/м. Отже, параметр a за формулою (10) буде дорівнювати

$$a = \frac{12,93 \cdot 11450,0 - 384,77^2}{12,93 + 11450,0 - 2 \cdot 384,77} = 0,000051 \text{ грн/м}$$

Параметри α і β знаходили після логарифмування рівняння (3):

$$\ln(K_{n.t} - a) = \ln b + \alpha \ln d_i \quad (11)$$

Таблиця 1 - Питомі вартості поліетиленових трубопроводів K_p для діаметрів d_y

d_y , мм	32	50	75	110	160	200	250	315	400	500	630	800
K_p , грн./м	12,93	30,08	67,67	144,72	302,17	471,68	737,0	1165,8	1876,0	3029,1	4802,4	11450,0
K_p , грн./м	12,96	30,28	68,02	144,77	302,84	471,93	737,0	1166,3 ₅	1876,0 ₃	3029,3 ₅	4802,7 ₃	11450,0 ₀₂
Похибка, %	0,3	0,7	0,6	0,1	0,3	0,2	0	0,1	0	0,01	0,01	0

і знаходження мінімуму суми:

$$\sum [\ln b + \alpha \ln d_i - \ln(K_{n,i} - a)]^2 \quad (12)$$

Використовуючи умови мінімуму суми, записали систему рівнянь:

$$\begin{cases} t \ln b + \alpha \sum \ln d_i = \sum \ln(K_{n,i} - a) \\ \ln b \sum \ln d_i + \alpha \sum (\ln d_i)^2 = \sum \ln d_i \ln(K_{n,i} - a) \end{cases} \quad (13)$$

При розв'язанні якої отримали параметри $b=6138$ та $\alpha=1,95$

У табл. 1 наведено значення питомої вартості поліетиленових трубопроводів K_p , отриманих за формулою (3), у порівнянні з кошторисними вартостями цих труб K_p для відповідних діаметрів.

Як бачимо, похибка не перевищує 1%. Формулу (6) можна записати так:

$$1000i = \frac{1000K_{mp}}{d_y^m} Q_1^\beta \quad (14)$$

де $1000i$ - гідравлічний похил, збільшений у 1000 разів, який приймають, користуючись таблицями [4], для відповідних діаметрів d_y і витрат води Q . Параметри, що

представляють гідравлічні характеристики трубопроводів, визначали за формулами:

$$\beta = \frac{\ln \frac{i_1}{i_2}}{\ln \frac{Q_1}{Q_2}}; \quad (15)$$

$$m = \frac{\ln \frac{i_1}{i_2}}{\ln \frac{d_1}{d_2}}; \quad (16)$$

$$K = \frac{i_1 d_1^m}{Q_1^\beta} = \frac{i_2 d_2^m}{Q_2^\beta} \quad (17)$$

де i_1 та i_2 - гідравлічні похили в трубопроводах, відповідно, діаметрами d_1 і d_2 при проходженні по ним води витратами Q_1 і Q_2 . Витрати води Q_1 і Q_2 для кожного діаметра труб d_y приймали з рекомендованої зони їх застосування [4]. Отримані значення цих розрахункових параметрів наведено в табл. 2.

Таблиця 2 - Значення коефіцієнтів і показників ступенів для поліетиленових трубопроводів

Марка труб	a	b	α	K_{mp}	β	m
ПЕ 100 SDR 17 (1,0 МПа)	0,000051	6138	1,95	0,001052	1,774	4,774

Примітка. Коефіцієнти b і K_{mp} приймають для Q м³/с і d , м.

Для обчислення величини економічного фактора Δ , що визначає економічні умови будівництва й експлуатації поліетиленових трубопроводів за формулою (8), приймаємо такі значення параметрів: $m = 4,774$; $K_{mp} = 0,001052$; $E_H = 0,12$; $P_2 = 0,16$;

$f = 300$ грн/кВт; $r = 2$; $\sigma = 78,90$ коп./кВт.год; $\gamma = 0,3$; $\eta = 0,7$; $b = 6138$; $\alpha = 1,95$; $P_1 = 0,046$.

Тоді за формулою (8) отримали:

$$\varepsilon = \frac{9,8 \cdot 0,001052[(0,12+0,16) \cdot 300 \cdot 2+8760 \cdot 0,3 \cdot 78,90]}{0,7 \cdot 6138 \cdot 1,95(0,12+0,046)} = 7,34.$$

За цією методикою знаходимо значення параметрів для сталевих та чавунних трубопроводів.

Для сталевих трубопроводів значення параметрів дорівнюють: $m = 5,1$; $K_{mp} = 0,001790$; $E_n = 0,12$; $P_2 = 0,16$; $f = 300$ грн/кВт; $r = 2$; $\sigma = 78,90$ коп./кВт.год; $\gamma = 0,3$; $\eta = 0,7$; $b = 2169$; $\alpha = 1,4$; $P_1 = 0,046$.

Тоді за формулою (8) отримали:

$$\varepsilon = \frac{9,8 \cdot 0,001790[(0,12+0,16) \cdot 300 \cdot 2+8760 \cdot 0,3 \cdot 78,90]}{0,7 \cdot 2169 \cdot 1,4(0,12+0,046)} = 10,31.$$

Для чавунних трубопроводів значення параметрів дорівнюють: $m = 5,1$; $K_{mp} = 0,001790$; $E_n = 0,12$; $P_2 = 0,16$; $f = 300$ грн/кВт; $r = 2$; $\sigma = 78,90$ коп./кВт.год; $\gamma = 0,3$; $\eta = 0,7$; $b = 4378$; $\alpha = 1,6$; $P_1 = 0,046$.

Тоді за формулою (8) отримали:

$$\varepsilon = \frac{9,8 \cdot 0,001790[(0,12+0,16) \cdot 300 \cdot 2+8760 \cdot 0,3 \cdot 78,90]}{0,7 \cdot 4378 \cdot 1,6(0,12+0,046)} = 4,47.$$

Висновки. Отже, порівнюючи значення економічного фактора ε , отриманого для нинішніх економічних умов, з попередніми величинами цього параметра для поліетиленових, сталевих та чавунних трубопроводів [4], бачимо, що внаслідок різкого збільшення вартості електроенергії за транспортування води σ і вартості насосної станції f що припадає на 1 кВт.год встановленої потужності, цей параметр збільшився в 15-20 разів для поліетиленових та сталевих трубопроводів та в 5-10 разів для чавунних, тобто значення економічно найвигіднішого діаметра поліетиленового та сталевих трубопроводу d за формулою (7) нині треба приймати в 1,5-2

рази більшим порівняно з попередніми значеннями, наведеними в [4], а чавунного в 1,5 рази. Значення діаметра, одержане за формулою (7), треба округлити до найближчого діаметра трубопроводу за сортаментом.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Хоружий П.Д. Расчет гидравлического взаимодействия водопроводных сооружений / П.Д. Хоружий. - Львов: Высшая школа, изд-во при Львов. ун-те, 1983. - 152 с.
2. Прайс-листи поліетиленових трубопроводів ТД «СВРОТРУБПЛАСТ». [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://poly-plastic.ua/ua/price-lists.html>.
3. Хоружий П.Д. Ресурсозберігаючі технології водопостачання / П.Д. Хоружий, Т.П. Хомутецька, В.П. Хоружий. - К : Аграрна наука. - 2008. - 534 с.
4. Шевелев Ф.А. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб / Ф.А. Шевелев, А.Ф. Шевелев. - М.: Стройиздат, 1984. - 11-116 с.
5. Хомутецька Т. П., Поберезніченко О. Ю., Хоружий П. Д. Техніко- економічний розрахунок напірних поліетиленових трубопроводів.
6. Прайс-листи сталевих трубопроводів компанії СНАБЭКСПО. [Електронний ресурс] Режим доступу: http://xn----8sbasxdgadc0aamofuj.xn--plai/trubi_stalnie_elektrosvarnie
7. Прайс-листи чавунних трубопроводів. [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://www.mcena.ru/truby-chugunnye/truby-vchshg-soedinenie-vrs-ocinkovannye-ceny>.

УДК 628.543

Епоян С.М., Пашкова С.П., Дерка Н.В.

Харківський національний університет будівництва та архітектури

НЕЙТРАЛІЗАЦІЯ І СТАБІЛІЗАЦІЯ СІРЧАНОКИСЛИХ СТИЧНИХ ВОД ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

Виробничі стічні води від технологічних процесів багатьох галузей промисловості містять мінеральні кислоти, зокрема сірчану кислоту. Особливу увагу слід при-

ділити проблемі поропередження утворення щільних сульфатних відкладень в комунікаціях систем водопостачання промислових підприємств. Випадіння сульфату кальцію (гіпсу) може спостерігатися