

В.Г. Новохатній, д.т.н., доцент, С.О. Костенко, асистент

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

НАДІЙНІСТЬ ВОДОПОСТАЧАННЯ ЦЕХІВ ПІДПРИЄМСТВА (НА ПРИКЛАДІ ОБІГОВОЇ СИСТЕМИ)

Вибрано показники для розрахунку надійності систем виробничого водопостачання. Розраховано безвідмовність і ремонтпридатність охолоджувальної системи обігового водопостачання промислового підприємства. На основі одержаних результатів виконано порівняння надійності подавання води за різними напрямками подавання води.

Ключові слова: система обігового водопостачання, надійність.

Вступ. Система виробничого водопостачання є невід'ємною частиною будь-якого підприємства. Її відмова призводить до значних економічних та екологічних збитків на підприємстві. Проблема надійності систем виробничого водопостачання залишається до цього часу недостатньо розробленою, зважаючи на те, що більшість досліджень надійності водопостачання належить до систем комунального водопостачання.

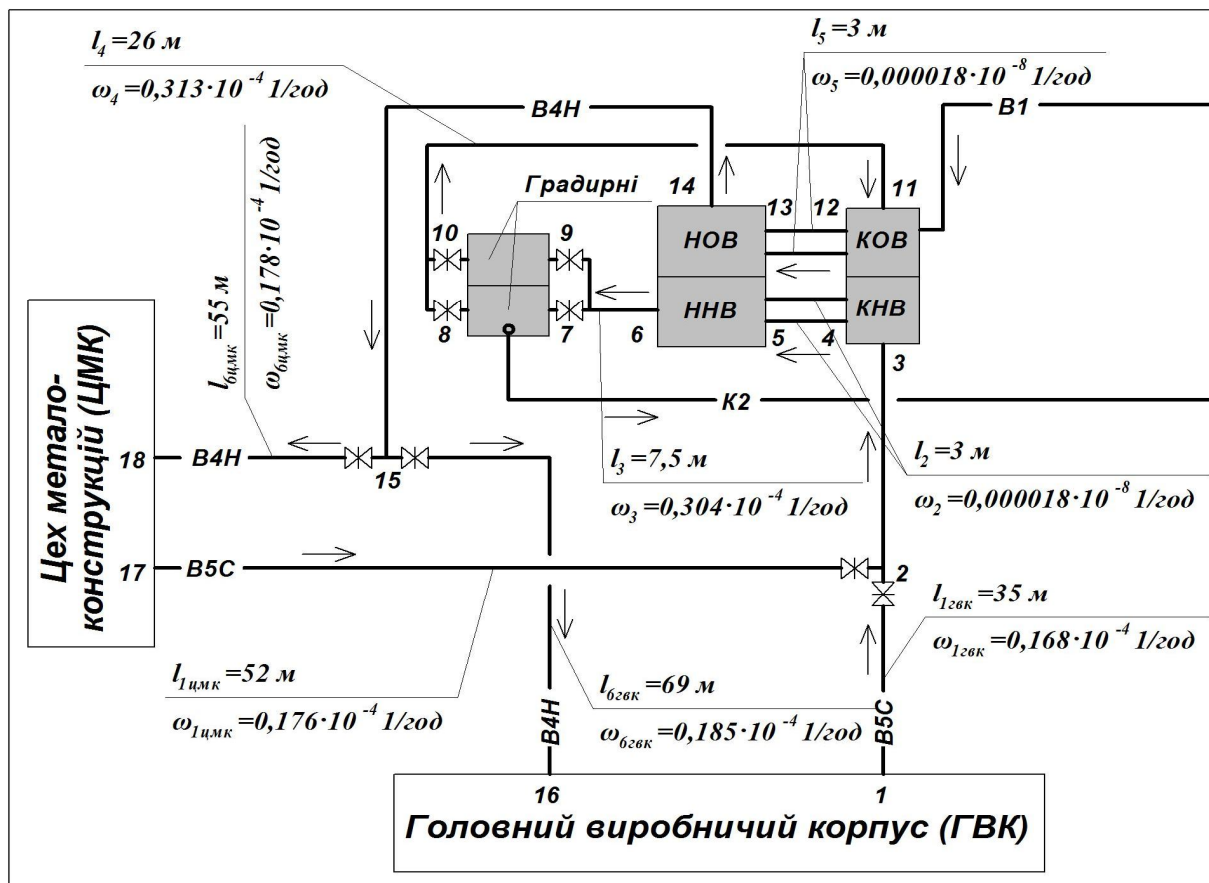
Огляд останніх джерел досліджень і публікацій. З найбільш відомих робіт слід указати на дослідження В.С. Пономаренка [1], С.С. Запорожця [2] та інших учених [3, 4, 5], але у цих роботах аналізувались або окремі споруди, або специфічні підприємства. Із зарубіжних учених слід відмітити роботу П.К. Свема [6].

Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми. На основі аналізу джерел виявлено, що більшість досліджень надійності присвячено комунальному водопостачанню. Мало хто з авторів звертав увагу на розрахунки надійності систем виробничого водопостачання. Тому в цій роботі запропоновано розрахунок надійності охолоджувальних систем обігового водопостачання.

Постановка завдання. Необхідно проаналізувати надійність системи виробничого водопостачання як комплексу взаємопов'язаних та взаємодіючих споруд: насосних станцій, водогонів і охолодників води. Потрібно довести можливість отримання кількісних значень базових та основних показників надійності як указаних споруд, так і водопровідного комплексу в цілому.

Основний матеріал і результати. Централізована охолоджувальна система обігового водопостачання (ОСОВ) промислового водоспоживання включає блок основних споруд (БОС) та напірні й самопливні водопровідні мережі. БОС складається з охолодників обігової води (градирень, бризкальних басейнів, водосховищ-охолодників) та циркуляційної насосної станції (ЦНС). ЦНС може включати одну або дві групи насосів: насоси нагрітої води, які подають нагріту воду на охолодник, і насоси охолодженої води, котрі подають охолоджену воду в окремі цехи підприємства. Розрахунок надійності обігового водопостачання запропоновано вести за напрямками подавання води від БОС до окремих цехів промислового підприємства. Математичною моделлю розрахунку надійності слід прийняти послідовне поєднання відновлюваних елементів.

Розглянемо, для прикладу, розрахунок надійності обігового водопостачання заводу залізобетонних виробів (рис. 1).



Умовні позначення

КНВ – камера нагрітої води;
ННВ – насоси нагрітої води;

КОВ – камера охолодженої води;
НОВ – насоси охолодженої води;

Рисунок 1 – Технологічна схема ОСОВ заводу ЗБВ

Споживачами обігової води є технологічні установки у головному виробничому корпусі (ГВК) й у цеху металокопструкцій (ЦМК). Розрахунок виконано для літнього періоду, коли обов'язкова одночасна робота двох градирень, тому з точки зору надійності вони повинні бути поєднані послідовно. Сформуємо напрямки подавання води ГВК – БОС – ГВК та ЦМК – БОС – ЦМК (рис. 2, 3).

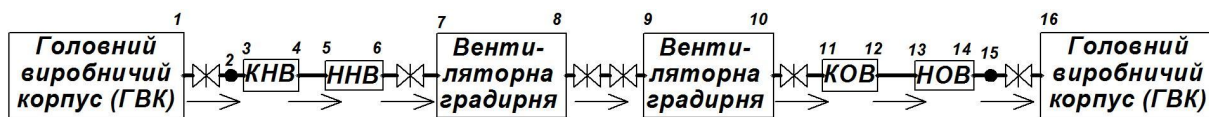


Рисунок 2 – Напрямок руху води ГВК–БОС–ГВК

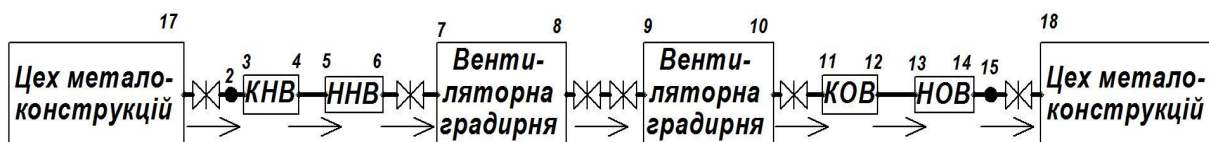


Рисунок 3 – Напрямок руху води ЦМК–БОС–ЦМК

Для розрахунку надійності потрібно обчислити надійність усіх водопровідних споруд за напрямком подавання обігової води. Прийнемо для водопровідних мереж поліетиленові трубопроводи. Середні значення показників надійності елементів та споруд ОСОВ наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Надійність елементів і споруд ОСОВ [7, 8, 9]

№ з/п	Елементи	Умовне позначення	Середні значення:		
			параметра потоку відмов ω , 1/год·10 ⁻⁴	часу відновлення працездатності T_B , год	питомого параметра потоку відмов ω , 1/(год·км)·10 ⁻⁴
1	Насосні агрегати	н	1,8	20,0	
2	Зворотні клапани	к	0,1	6,0	
3	Засувки на лініях: - всмоктувальних	зв	0,6	6,0	
	- напірних	зн	1,2	6,0	
4	Трубопровід	тр		8,0	0,5
5	Засувки на мережі	зм	0,15	10,0	
6	Камера нагрітої води	КНВ	0,03	25,0	
7	Камера охолодженої води	КОВ	0,03	25,0	

Для розрахунку надійності ЦНС, яка включає один насос робочий і один резервний (рис. 4), використаємо метод «вкладів» [3].

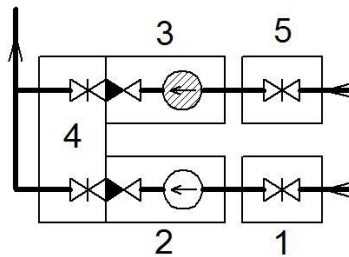


Рисунок 4 – Схема насосної станції

Безвідмовність ЦНС. Параметр потоку відмов укрупнених елементів ЦНС:

$$\omega_1 = \omega_5 = 0,6 \cdot 10^{-4} \text{ 1/год}; \quad \omega_2 = \omega_3 = (1,8 + 0,1) \cdot 10^{-4} = 1,9 \cdot 10^{-4} \text{ 1/год};$$

$$\omega_4 = 2 \cdot 1,2 \cdot 10^{-4} = 2,4 \cdot 10^{-4} \text{ 1/год}.$$

Середній час відновлення працездатності укрупнених елементів ЦНС:

$$T_{B_1} = T_{B_5} = 6 \text{ год}; \quad T_{B_2} = T_{B_3} = \frac{(1,8 \cdot 20 + 0,1 \cdot 6) \cdot 10^{-4}}{(1,8 + 0,1) \cdot 10^{-4}} = 19,26 \text{ год}; \quad T_{B_4} = 6 \text{ год}.$$

Коефіцієнт простою укрупнених елементів ЦНС:

$$K_{П_1} = K_{П_5} = \omega_1 T_{B_1} = 0,6 \cdot 10^{-4} \cdot 6 = 3,6 \cdot 10^{-4};$$

$$K_{П_2} = K_{П_3} = \omega_2 T_{B_2} = 1,9 \cdot 10^{-4} \cdot 19,26 = 36,59 \cdot 10^{-4}.$$

Вклади укрупнених елементів ЦНС:

$$v_1 = 0,6 \cdot 10^{-4} \cdot (3,6 \cdot 10^{-4} + 36,59 \cdot 10^{-4}) = 0,00241 \cdot 10^{-4} \text{ 1/год};$$

$$v_2 = 1,9 \cdot 10^{-4} \cdot (36,59 \cdot 10^{-4} + 3,6 \cdot 10^{-4}) = 0,00764 \cdot 10^{-4} \text{ 1/год};$$

$$v_4 = 2,4 \cdot 10^{-4} \text{ 1/год}; \quad v_5 = 0,6 \cdot 10^{-4} \cdot (3,6 \cdot 10^{-4} + 36,59 \cdot 10^{-4}) = 0,00241 \cdot 10^{-4} \text{ 1/год}.$$

Параметр потоку відмов однієї групи насосів ЦНС

$$\omega_{цнс} = 0,00241 \cdot 10^{-4} + 0,00764 \cdot 10^{-4} + 2,4 \cdot 10^{-4} + 0,00241 \cdot 10^{-4} = 2,4125 \cdot 10^{-4} \text{ 1/год}.$$

Напрацювання на відмову ЦНС

$$T_{цнс} = \frac{1}{2,4125 \cdot 10^{-4}} = 4145,08 \text{ год}.$$

Ремонтпридатність ЦНС. Середній час відновлення працездатності однієї групи насосів ЦНС

$$T_{B_{\text{цнс}}} = \frac{(0,00241 \cdot 6 + 0,00764 \cdot 19,26 + 2,4 \cdot 6 + 0,00241 \cdot 6) \cdot 10^{-4}}{2,4125 \cdot 10^{-4}} = 6,04 \text{ год.}$$

Безвідмовність градирні. Безвідмовність елементів градирні [1] наведено на рис. 5.

Параметр потоку відмов градирні обчислюємо за формулою
 $\omega_{\Gamma} = \omega_{\text{нк}} + \omega_{\text{кон}} + \omega_{\text{д}} + \omega_{\text{в}} + \omega_{\text{зр}} + \omega_{\text{р}} + \omega_{\text{вр}} = (0,06 + 0,07 + 0,07 + 0,45 + 0,08 + 0,08 + 0,04) \cdot 10^{-4} = 0,85 \cdot 10^{-4} \text{ 1/год.}$

Напрацювання на відмову градирні $T = \frac{1}{0,85 \cdot 10^{-4}} = 11765 \text{ год.}$

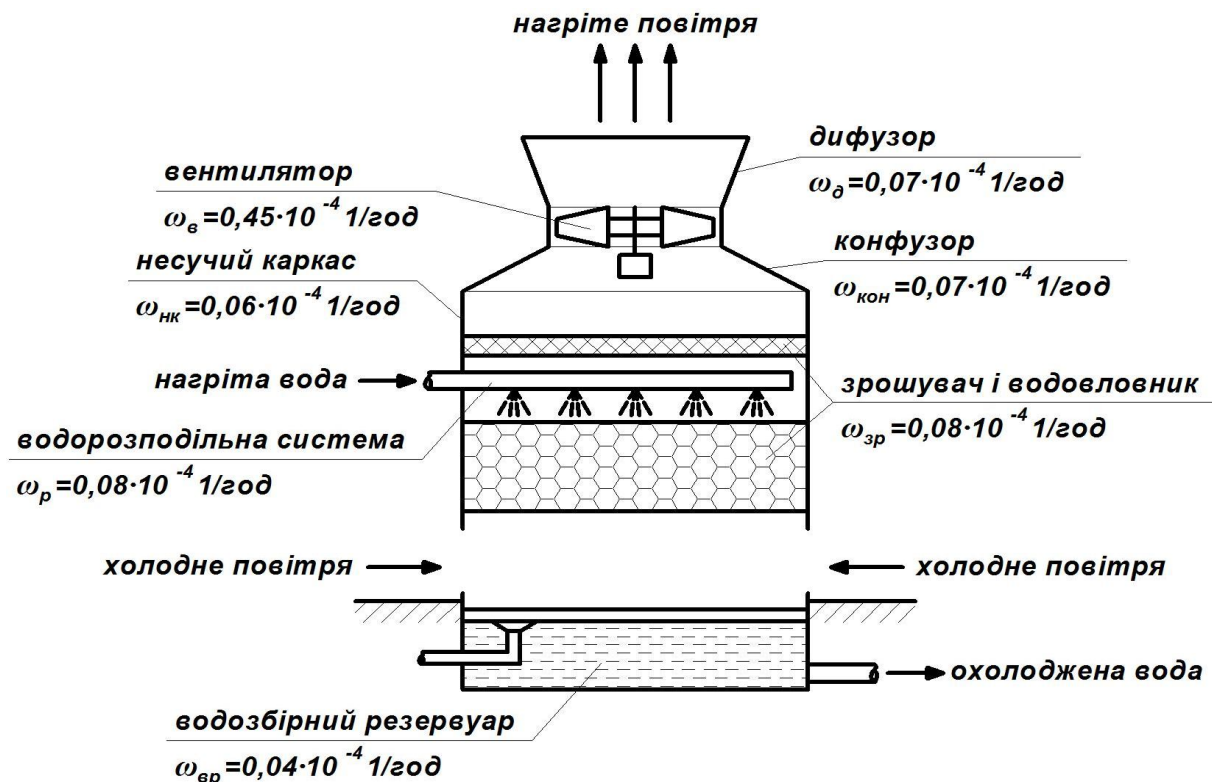


Рисунок 5 – Схема градирні та параметри потоку відмов її елементів

Безвідмовність мережі. Вода рухається у двох напрямках: від ГVK – БОС – ГVK та ЦМК – БОС – ЦМК. Розглянемо спочатку ділянки мережі (рис. 1) за напрямком ГVK – БОС – ГVK. Параметр потоку відмов першої ділянки ω_1 складається з параметра потоку відмов трубопроводу та мережевої засувки:

$$\omega_{1_{\text{звк}}} = \omega_0 l_1 + \omega_{3M} = 0,5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,035 + 0,15 \cdot 10^{-4} = 0,168 \cdot 10^{-4} \text{ 1/год.}$$

Середній час відновлення працездатності цієї ділянки

$$T_{B_{1_{\text{звк}}}} = \frac{\omega_0 l_1 T_{B_{\text{тр}}} + \omega_{3M} T_{B_{3M}}}{\omega_0 l_1 + \omega_{3M}} = \frac{(0,5 \cdot 0,035 \cdot 8 + 0,15 \cdot 10) \cdot 10^{-4}}{(0,5 \cdot 0,035 + 0,15) \cdot 10^{-4}} = 9,79 \text{ год.}$$

Друга ділянка мережі від КНВ до ННВ складається з двох паралельно працюючих трубопроводів. Параметр потоку відмов другої ділянки

$$\omega_2 = \omega_0 l_1 K_{\text{П II}}, \text{ 1/год,}$$

де $K_{\Pi II} = \omega_0 l_{II} T_{Bmp}$ – коефіцієнт простою паралельного трубопроводу.

$$K_{\Pi II} = 0,5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,003 \cdot 8 = 0,012 \cdot 10^{-4}.$$

$$\omega_2 = 0,5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,003 \cdot 0,012 \cdot 10^{-4} = 0,18 \cdot 10^{-12} \text{ 1/год.}$$

Середній час відновлення працездатності другої ділянки

$$T_{B_2} = \frac{\omega_0 l_I K_{\Pi II} T_{Bmp}}{\omega_0 l_I K_{\Pi II}} = T_{Bmp} = 8 \text{ год.}$$

Для відключення градирень на час ремонту або заміни встановлені мережеві засувки. Параметр потоку відмов третьої ділянки

$$\omega_3 = \omega_0 l_3 + 2\omega_{3M} = 0,5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,0075 + 2 \cdot 0,15 \cdot 10^{-4} = 0,304 \cdot 10^{-4} \text{ 1/год.}$$

Середній час відновлення працездатності третьої ділянки

$$T_{B_3} = \frac{\omega_0 l_3 T_{Bmp} + 2\omega_{3M} T_{B_{3M}}}{\omega_0 l_3 + 2\omega_{3M}} = \frac{(0,5 \cdot 0,0075 \cdot 8 + 2 \cdot 0,15 \cdot 10) \cdot 10^{-4}}{(0,5 \cdot 0,0075 + 2 \cdot 0,15) \cdot 10^{-4}} = 9,98 \text{ год.}$$

Параметр потоку відмов четвертої ділянки від градирень до КОВ

$$\omega_4 = \omega_0 l_4 + 2\omega_{3M} = 0,5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,026 + 2 \cdot 0,15 \cdot 10^{-4} = 0,313 \cdot 10^{-4} \text{ 1/год.}$$

Середній час відновлення працездатності четвертої ділянки

$$T_{B_4} = \frac{\omega_0 l_4 T_{Bmp} + 2\omega_{3M} T_{B_{3M}}}{\omega_0 l_4 + 2\omega_{3M}} = \frac{(0,5 \cdot 0,026 \cdot 8 + 2 \cdot 0,15 \cdot 10) \cdot 10^{-4}}{(0,5 \cdot 0,026 + 2 \cdot 0,15) \cdot 10^{-4}} = 9,92 \text{ год.}$$

П'ята ділянка мережі від КОВ до НОВ складається із двох паралельно працюючих трубопроводів. Параметр потоку відмов п'ятої ділянки

$$\omega_5 = \omega_0 l_I K_{\Pi II}, \text{ 1/год,}$$

де $K_{\Pi II} = \omega_0 l_{II} T_{Bmp}$ – коефіцієнт простою паралельного трубопроводу.

$$K_{\Pi II} = 0,5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,003 \cdot 8 = 0,012 \cdot 10^{-4}.$$

$$\omega_5 = 0,5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,003 \cdot 0,012 \cdot 10^{-4} = 0,18 \cdot 10^{-12} \text{ 1/год.}$$

Середній час відновлення працездатності п'ятої ділянки $T_{B_5} = 8 \text{ год.}$

Параметр потоку відмов шостої ділянки від НОВ до ГВК

$$\omega_{6_{звк}} = \omega_0 l_6 + \omega_{3M} = 0,5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,069 + 0,15 \cdot 10^{-4} = 0,185 \cdot 10^{-4} \text{ 1/год.}$$

Середній час відновлення працездатності шостої ділянки

$$T_{B_{6звк}} = \frac{\omega_0 l_6 T_{Bmp} + \omega_{3M} T_{B_{3M}}}{\omega_0 l_6 + \omega_{3M}} = \frac{(0,5 \cdot 0,069 \cdot 8 + 0,15 \cdot 10) \cdot 10^{-4}}{(0,5 \cdot 0,069 + 0,15) \cdot 10^{-4}} = 9,63 \text{ год.}$$

Розглянемо ділянки мережі (рис. 1) за напрямком ЦМК – БОС – ЦМК. Параметр потоку відмов першої ділянки ω_1 складається з параметра потоку відмов трубопроводу та мережевої засувки:

$$\omega_{1_{цмк}} = \omega_0 l_1 + \omega_{3M} = 0,5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,052 + 0,15 \cdot 10^{-4} = 0,176 \cdot 10^{-4} \text{ 1/год.}$$

Середній час відновлення працездатності першої ділянки

$$T_{B_{1цмк}} = \frac{(0,5 \cdot 0,052 \cdot 8 + 0,15 \cdot 10) \cdot 10^{-4}}{(0,5 \cdot 0,052 + 0,15) \cdot 10^{-4}} = 9,7 \text{ год.}$$

Ділянки 2 – 5 є спільними для обох напрямків і їх надійність уже обчислено. Параметр потоку відмов останньої, шостої ділянки

$$\omega_{\omega_{\text{цмк}}} = 0,5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,055 + 0,15 \cdot 10^{-4} = 0,178 \cdot 10^{-4} \text{ 1/год.}$$

Середній час відновлення працездатності шостої ділянки

$$T_{B_{\omega_{\text{цмк}}}} = \frac{(0,5 \cdot 0,055 \cdot 8 + 0,15 \cdot 10) \cdot 10^{-4}}{(0,5 \cdot 0,055 + 0,15) \cdot 10^{-4}} = 9,69 \text{ год.}$$

Безвідмовність ОСОВ за напрямком ГВК – БОС – ГВК. Параметр потоку відмов

$$\omega = \omega_{1_{\text{гвк}}} + \omega_2 + \omega_3 + \omega_4 + \omega_5 + \omega_{6_{\text{гвк}}} + 2\omega_{\text{цнс}} + 2\omega_{\text{г}} + \omega_{\text{ков}} + \omega_{\text{кнв}} \text{ 1/год,}$$

де $\omega_{1_{\text{гвк}}}$, ω_2 , ω_3 , ω_4 , ω_5 , $\omega_{6_{\text{гвк}}}$, $\omega_{\text{цнс}}$, $\omega_{\text{г}}$, $\omega_{\text{ков}}$, $\omega_{\text{кнв}}$ – параметр потоку відмов ділянок мережі 1 – 6, ЦНС, градирні, КОВ і КНВ, 1/год.

$$\omega = (0,168 + 0,18 \cdot 10^{-8} + 0,18 \cdot 10^{-8} + 0,304 + 0,313 + 0,185 + 2 \cdot 2,4125 + 2 \cdot 0,85 + 2 \cdot 0,03) \cdot 10^{-4} = 7,555 \cdot 10^{-4} \text{ 1/год.}$$

$$\text{Напрацювання на відмову } T = \frac{1}{7,555 \cdot 10^{-4}} = 1324,5 \text{ год.}$$

Ремонтпридатність ОСОВ за напрямком ГВК – БОС – ГВК. Середній час відновлення працездатності напрямку

$$T_B = \frac{\omega_{1_{\text{гвк}}} T_{B_{1_{\text{гвк}}}} + \omega_2 T_{B_2} + \omega_3 T_{B_3} + \omega_4 T_{B_4} + \omega_5 T_{B_5} + \omega_{6_{\text{гвк}}} T_{B_{6_{\text{гвк}}}} + 2\omega_{\text{цнс}} T_{B_{\text{цнс}}} + 2\omega_{\text{г}} T_{B_{\text{г}}} + \omega_{\text{ков}}} T_{B_{\text{ков}}} + \omega_{\text{кнв}}} T_{B_{\text{кнв}}}}{\omega_{\text{гвк}}} \text{ год,}$$

де $T_{B_1} \dots T_{B_6}$, $T_{B_{\text{цнс}}}$, $T_{B_{\text{ков}}}$, $T_{B_{\text{кнв}}}$, $T_{B_{\text{г}}}$ – середній час відновлення працездатності ділянок мережі 1 – 6, ЦНС, КОВ, КНВ, градирні, год.

$$T_B = \frac{(0,168 \cdot 9,79 + 0,304 \cdot 9,98 + 0,313 \cdot 9,92 + 0,185 \cdot 9,63 + 2 \cdot (0,18 \cdot 10^{-8} \cdot 8 + 2,4125 \cdot 6,04 + 0,85 \cdot 8 + 0,03 \cdot 25) \cdot 10^{-4}}{7,555 \cdot 10^{-4}} = 7,122 \text{ год.}$$

Коефіцієнт готовності ОСОВ за напрямком ГВК – БОС – ГВК.

$$K_{\text{Г}} = \frac{T}{T + T_B} = \frac{1324,5}{(1324,5 + 7,122)} = 0,994652.$$

Безвідмовність ОСОВ за напрямком ЦМК – БОС – ЦМК. Параметр потоку відмов

$$\omega = \omega_{1_{\text{цмк}}} + \omega_2 + \omega_3 + \omega_4 + \omega_5 + \omega_{\omega_{\text{цмк}}} + 2\omega_{\text{цнс}} + 2\omega_{\text{г}} + \omega_{\text{ков}} + \omega_{\text{кнв}}, \text{ 1/год ;}$$

$$\omega = (0,176 + 0,18 \cdot 10^{-8} + 0,18 \cdot 10^{-8} + 0,304 + 0,313 + 0,178 + 2 \cdot 2,4125 + 2 \cdot 0,85 + 2 \cdot 0,03) \cdot 10^{-4} = 7,556 \cdot 10^{-4} \text{ 1/год.}$$

$$\text{Напрацювання на відмову } T = \frac{1}{7,556 \cdot 10^{-4}} = 1323,45 \text{ год.}$$

Ремонтопридатність ОСОВ за напрямком ЦМК – БОС – ЦМК. Середній час відновлення працездатності напрямку

$$T_B = \frac{\omega_{1\text{ЦМК}} T_{B_{1\text{ЦМК}}} + \omega_2 T_{B_2} + \omega_3 T_{B_3} + \omega_4 T_{B_4} + \omega_5 T_{B_5} + \omega_{6\text{ЦМК}} T_{B_{6\text{ЦМК}}} + 2\omega_{\text{ЦНС}} T_{B_{\text{цнс}}} + 2\omega_{\text{Г}} T_{B_2} + \omega_{\text{КОВ}} T_{B_{\text{ков}}} + \omega_{\text{КНВ}} T_{B_{\text{кнв}}}}{\omega_{\text{ЦМК}}}, \text{ год.}$$

$$T_B = \frac{(0,176 \cdot 9,7 + 0,304 \cdot 9,98 + 0,313 \cdot 9,92 + 0,178 \cdot 9,69 + 2 \cdot (0,18 \cdot 10^{-8} \cdot 8 + 2,4125 \cdot 6,04 + 0,85 \cdot 8 + 0,03 \cdot 25) \cdot 10^{-4}}{7,556 \cdot 10^{-4}} = 7,122 \text{ год.}$$

Коефіцієнт готовності ОСОВ за напрямком ЦМК – БОС – ЦМК

$$K_G = \frac{T}{T + T_B} = \frac{1323,45}{(1323,45 + 7,122)} = 0,994647.$$

Висновок. Як показали розрахунки за середніми значеннями показників надійності споруд та обладнання, надійність водопостачання за вибраними напрямками практично однакова. Викликано це незначною різницею у протяжності мереж та однаковою надійністю інших спільних споруд і обладнання за напрямками подавання води.

Література

1. Пономаренко, В.С. Оценка надежности градирен / В.С. Пономаренко // Водоснабжение и санитарная техника. – 1997. – № 6. – С. 13 – 16.
2. Запорожец, С.С. Исследование надежности систем технического водоснабжения ГРЭС и АЭС: автореф. дис. на соискание учен. степени канд. техн. наук: спец. 05.23.04. Водоснабжение и канализация / С.С. Запорожец. – М.: МИСИ, 1980. – 22 с.
3. Матяш, О.В. Причины й оцінка безвідмовності водопровідних труб / О.В. Матяш, В.Г. Новохатній // Науковий вісник будівництва: зб. наук. пр. – Вип. 53. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2009. – С. 310 – 314.
4. Мухетдинов, Н.А. Эксплуатационная надежность водопропускных инженерных сооружений / Н.А. Мухетдинов // Изв. ВУЗов. Стр.-во. – 2005. – №11 – 12. – С. 51 – 56.
5. Найманов, А.Я. О методах оценки надежности насосных станций / А.Я. Найманов, Ю.В. Гостева // Вода і водоочисні технології. – 2009. – № 3. – С. 26 – 28.
6. Swamee, P.K. Design of Water Supply pipe Networks [El. res.] / Prabhata K. Swamee, Ashok K. Sharma. – Wiley-Interscience, 2008. – 353 p. – Mode of access: <http://bookodrom.ru/1589-prabhata-k-swamee-ashok-k-sharma-design-of-water.html>
7. Новохатній, В.Г. Удосконалений метод розрахунку надійності насосних станцій систем водопостачання / В.Г. Новохатній // Науковий вісник будівництва: зб. наук. праць. – Вип. 60. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2010. – С. 252 – 256.
8. Ильин, Ю.А. Расчет надежности подачи воды / Ю.А. Ильин. – М.: Стройиздат, 1987. – 320 с.
9. Кузенков, Е.В. Обеспечение надежности и долговечности сетей водоснабжения и водоотведения с использованием труб из высокопрочного чугуна [Эл. р.] / Е.В. Кузенков // Сантехника, отопление, кондиционирование. – 2004. – № 7. – Режим доступа: <http://www.stroy-in.ru/Art/6.htm>

Надійшла до редакції 11.12.12

© В.Г. Новохатній, С.О. Костенко

В.Г. Новохатний, д.т.н., доцент, С.А. Костенко, ассистент

Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка

НАДЕЖНОСТЬ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ЦЕХОВ ПРЕДПРИЯТИЯ (НА ПРИМЕРЕ ОБОРОТНОЙ СИСТЕМЫ)

Выбраны показатели для расчета надежности систем производственного водоснабжения. Рассчитано безотказность и ремонтпригодность охладительных системы оборотного водоснабжения промышленного предприятия. На основе полученных результатов выполнено сравнение надежности подачи воды по разным направлениям подачи воды.

Ключевые слова: *система оборотного водоснабжения, надежность.*

**V.G. Novokhatniy, Doctor of Technical Sciences, associate professor,
S.O. Kostenko, assistant**

Poltava National Technical University named after Yuri Kondratyuk

RELIABILITY OF WATER SUPPLY OPERATIONS PLANT (CASE STUDY OF CIRCULATION SYSTEM)

The indicators for calculating the reliability of industrial water supply systems. Calculated reliability and maintainability of the cooling circulation water system of the industrial enterprise. Based on these results and a comparison of reliability of water supply in different areas of water supply.

Keywords: *circulation water system, reliability.*