

УДК 627.534 (045)

Ю.О. Смирнов, асп.
 М.О. Українець, к. т. н., проф.
 В.І. Сокольник, к. т. н., проф.

ЗВ'ЯЗОК ГІДРАВЛІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕСУ ПРОЯСНЕННЯ ВОДИ В ОСВІТЛЮВАЧАХ ІЗ ЗАВИСЛИМ ОСАДОМ З ТЕХНОЛОГІЧНОЮ НАДІЙНІСТЮ

Наведено результати дослідження зв'язку швидкості висхідного потоку води в зоні освітлення, швидкості води на виході з отворів розподільчого колектора, а також швидкості руху води в осадоприймальних вікнах освітлювачів з технологічною надійністю їх роботи.

In this work are presented the results of research of connection of speed of ascending stream of water resulted in the area of defecation, speed of water on an exit from openings of distributive collector, and also speed of water movement in the drains receiver windows of clarifier with technological reliability of their work.

Вступ

Чинні нормативи [1] не дають чітких рекомендацій щодо визначення потрібної кількості більшої частини окремих однотипних споруд на станціях водопідготовки. З точки зору надійності бажано мати в розпорядженні якнайбільше споруд, але занадто велика кількість споруд економічно невиправдана.

Серед існуючих програм для розрахунку різних елементів системи водопостачання на поточний момент немає такої, яка дозволяла б об'єктивно обґрунтовувати їх потрібну кількість.

Постановка завдання – виявити найбільш критичні фактори, які впливають на технологічну надійність освітлювачів та на основі цих факторів дати попередні рекомендації із забезпечення їх технологічної надійності.

Результати досліджень

Загальної теорії, яка б дозволяла оцінити технологічну надійність роботи освітлювачів чисельно, немає. Це призводить до того, що потрібний рівень надійності під час проектування нових споруд не враховується, а потрібну кількість споруд визначають на основі розрахункової витрати та нормативних гідравлічних характеристик їх роботи за нормативами [1]. При цьому кількість окремих споруд тієї чи іншої ланки очистки проектувальник визначає інтуїтивно.

Враховуючи те, що ця кількість споруд у процесі експлуатації змінюється (проведення профілактичних та аварійних ремонтних робіт), гідравлічні характеристики, які були враховані під час проектування, також зміняться. Це не може не позначитися на ефективності роботи відповідних споруд.

Для оцінювання надійності роботи освітлювачів використано теоретичний метод перерахування досліджуваних параметрів за відомими формулами [2–4] залежно від зміни навантаження на один освітлювач, яке визначається кількістю робочих споруд.

На основі аналізу зміни значень параметрів можна визначити ступінь процесу очищення води як один із можливих критеріїв оцінки надійності споруд.

Як критерій технологічної надійності роботи освітлювачів можна взяти стійкість шару завислого осаду в зоні освітлення.

Верхня межа зваженого шару підтримується за рахунок примусового відведення осаду в осадощильнювач, а нижня – динамічної рівноваги швидкості осідання завислих частинок і їх підйому потоком води на нижній межі.

Контактне середовище існує, поки нижня його межа не перейде в циліндричну частину освітлювача. З точки зору впливу на наступні за освітлювачами в технологічній схемі швидкі фільтри, потрібно забезпечити певний ефект освітлення. Для отримання достатнього ефекту освітлення контактне середовище має бути стійким. Стійкість шару завислого осаду залежить від:

- швидкості висхідного потоку води в зоні освітлення;
- руху води на виході з отворів розподільчого колектора;
- руху води в осадоприймальних вікнах.

Для дослідження було обрано схему з 15 освітлювачами із завислим осадом коридорного типу розрахованих на продуктивність 150 000 м³ за добу, з такими параметрами:

Діаметр поперечного розподільчого колектора, мм.....	350
Площа поперечного перетину розподільчого колектора, м ²	0,10
Висота шару завислого осаду, м.....	2,48
Початкова концентрація зважених речовин у воді, мг/л.....	1079,31
Площа отворів колектора, м ²	0,04
Площа вікон освітлювача, м ²	1,60
Об'єм осадощильнювача, м ³	57,87
Середня концентрація осаду в осадощильнювачі, кг/м ³	31,00
Площа зони освітлення, м ²	121,17

Дослідження проводили за такою методикою:

- розраховували основні параметри роботи освітлювачів із завислим осадом у разі їх нормальної роботи у схемі;
- проводили аналіз залежності технологічної надійності процесу освітлення від окремих параметрів роботи освітлювачів, який дав змогу виявити ті з них, які забезпечують надійність очищення води у такому типі споруд;
- визначали параметри освітлювачів в умовах зменшення кількості працюючих споруд у разі постійної продуктивності станції;
- будували графіки залежності потрібних показників від кількості працюючих споруд;
- проводили аналіз отриманих результатів, на основі якого зроблено висновки про надійність роботи блоку освітлювачів при відключенні різної кількості споруд;
- визначали максимальну кількість споруд, які можна відключити під час роботи в аварійному режимі, без порушення технологічної надійності процесу очищення води.

Показники, які впливають на технологічну надійність роботи освітлювачів, взяті за чинними нормами [1], мають бути такими:

Швидкість висхідного потоку води, мм/с.....	1
Швидкість води на виході з колектора, м/с.....	2
Швидкість води в осадоприймальних вікнах, м/с.....	15

У разі відключення частини освітлювачів розрахункові навантаження на i -тий освітлювач визначають за формулою

$$Q_i = Q / n_i,$$

де

Q - повна продуктивність станції, м³/год;

n_i - кількість працюючих освітлювачів.

Очевидно, що зі зменшенням кількості працюючих освітлювачів навантаження в перерахунку на одну споруду збільшуються, у той час як геометричні розміри, площа, об'єм одного освітлювача залишаються постійними.

Оскільки розрахункові параметри $x_i = f(Q_i)$, то у разі відключення частини освітлювачів вони будуть змінюватись. Ці зміни були розраховані числовими методами на комп'ютері за допомогою програмного модуля, розробленого для середовища MS Excel на мові VBA. Результати розрахунків наведено в таблиці.

Збільшення навантаження на один освітлювач призводить до зростання швидкості висхідного потоку води у зоні освітлення.

Потрібна висота зваженого шару підтримується за рахунок примусового відведення осаду в осадощильнювач на верхній межі та динамічної рівноваги швидкості осідання завислих частинок і їх підйому потоком води на нижній межі. Зростання швидкості висхідного потоку приведе до підйому нижньої межі шару зваженого осаду. До того часу, поки нижня межа буде знаходитись в кінчній частині освітлювача, процес освітлення буде продовжуватись, хоч і з меншим ефектом. Як тільки висхідний потік підніме нижню межу вище кінчної частини, процес зупиниться і почнеться винесення зважених частинок до зони освітленої води. Результати розрахунку показали, що швидкість висхідного потоку в разі відключення декількох споруд коливається в широких межах від 1 до 3,73 мм/с. Таке збільшення швидкості висхідного потоку в зоні освітлення викликає винесення зважених часток до зони з проясненою водою, що спричиняє збільшення концентрації завислих речовин у воді, яка надходить до швидких фільтрів несприятливо впливає на режим роботи останніх.

Основні параметри роботи освітлювачів в аварійних ситуаціях

Швидкість	Кількість працюючих споруд											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Швидкість висхідного потоку води, мм/с	0,996	1,067	1,149	1,245	1,358	1,493	1,659	1,867	2,133	2,489	2,987	3,734
Швидкість води в отворах, м/с	1,608	1,722	1,855	2,009	2,192	2,411	2,679	3,014	3,445	4,019	4,823	6,028
Швидкість води у вікнах, мм/с	14,88	15,94	17,17	18,6	20,29	22,32	24,8	27,9	31,89	37,2	44,64	55,8

Від швидкості входу води до розподільчого колектора та швидкості виходу з отворів колектора залежить формування структури і однорідності завислого осаду, розмір та структура часток у нижній частині зони освітлення.

Максимальне значення швидкості виходу води з отворів колектора, що не призведе до порушення структури шару згідно з нормативами [1], становить – 2 м/с. Збільшення навантаження на окремі освітлювачі призводить до зростання швидкості руху води в отворах дірчастого колектора з 1,6 до 6 м/с.

На процес освітлення також може вплинути система відведення осаду в зону ущільнення.

З підвищенням швидкості руху води в осадоприймальних вікнах можливе підсмоктування освітленої води із зони освітлення до осадощільнювача, що погіршить процес прояснення води.

За діючими нормативами [1] швидкість руху води в осадоприймальних вікнах не повинна перевищувати 15 мм/с. Дослідження швидкості руху води в осадоприймальних вікнах показало, що за цих умов відведення осаду в осадощільнювач, відбувається зі швидкістю від 14,9 до 55,8 мм/с.

Графіки зміни показників роботи освітлювачів, від яких залежить технологічна надійність роботи, залежно від кількості освітлювачів подано на рис. 1–3.

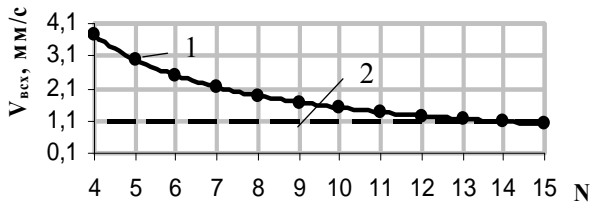


Рис. 1. Залежність швидкості висхідного потоку води у зоні освітлення від кількості працюючих споруд: 1–нормативне значення швидкості висхідного потоку; 2–швидкість висхідного потоку

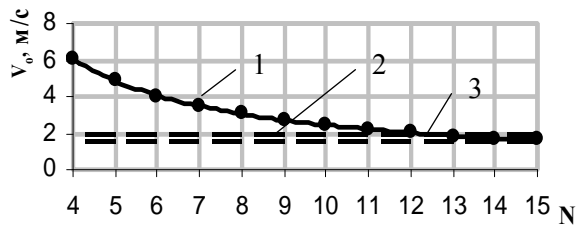


Рис. 2. Залежність швидкості води на виході з отворів розподільчого колектора від кількості працюючих споруд:

1–швидкість виходу з отворів;
2, 3–нормативні значення

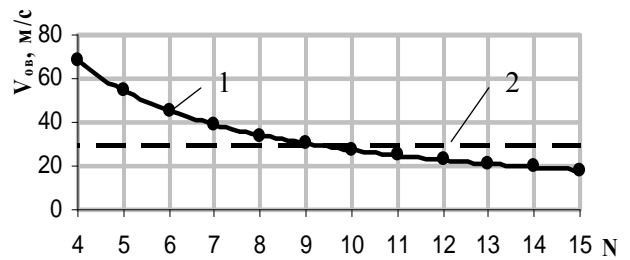


Рис. 3. Залежність швидкості руху води в осадоприймальних вікнах від кількості працюючих споруд:

1–швидкість води у вікнах;
2–нормативні значення

Висновки

У результаті досліджень для випадку роботи ланки з 15 освітлювачів на станції продуктивністю 150 000 м³/добу було виявлено, що між кількістю споруд у роботі та швидкістю висхідного потоку залежність має вигляд:

$$V_{\text{всх}} = 3,005 N^{-1},$$

між кількістю робочих споруд та швидкістю виходу води з отворів колектора:

$$V_o = 24,273 N^{-1},$$

між кількістю робочих споруд та швидкістю води в осадоприймальних вікнах:

$$V_{\text{ов}} = 273,08 N^{-1}.$$

Перевищення допустимої швидкості висхідного потоку для розглянутої схеми освітлювачів спостерігається за умови відключення більше двох споруд. З огляду на швидкість виходу води з колектора можна відключати не більше трьох споруд, а через підвищення швидкості руху води в осадоприймальних вікнах – один освітлювач. Для технологічної надійності процесу освітлення найважливішим фактором є швидкість висхідного потоку, тому у випадку аварії можливе відключення не більше двох споруд без суттєвого впливу на технологічну надійність процесу освітлення.

Література

1. СНиП 2.04.02-84* Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – М.: Стройиздат, 1986. – 228 с.
2. Кожин В. Ф. Очистка питьевой и технической воды. – М.: Стройиздат, 1971. – 210 с.
3. Кургаев Е. Ф. Осветлители воды. – М.: Стройиздат, 1977. – 190 с.
4. Клячко В. А., Апельцин И. Э. Очистка природной воды. – М.: Стройиздат, 1971. – 523 с.