

## Практичне заняття 9

### Тема заняття: Реконструкція очисних інженерних об'єктів

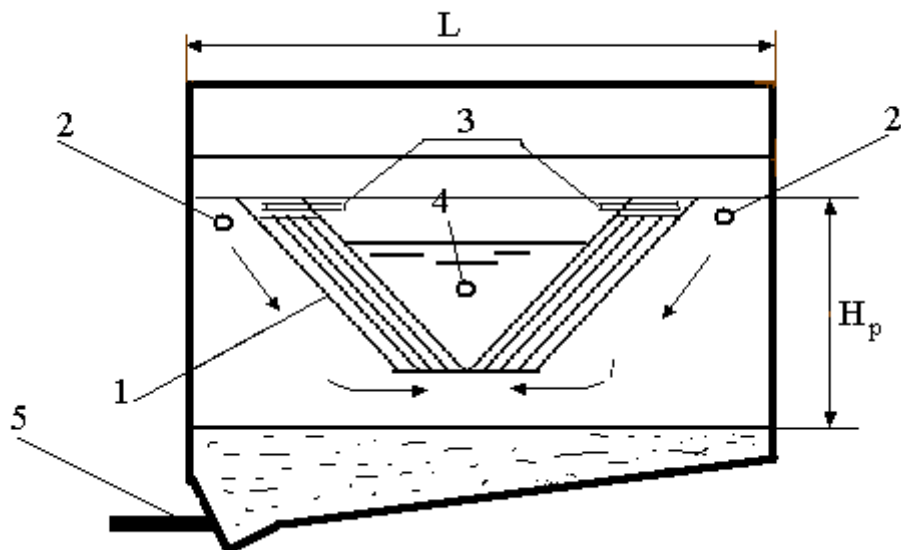
- Які основні задачі реконструкції станцій водопідготовки?
- Якими шляхами розв'язуються ці основні задачі?
- Які параметри доцільно аналізувати при реконструкції реагентного господарства?
- Які шляхи підвищення ефективності роботи реагентного і складського господарства?

**Мета заняття** – набути навички розробки заходів для удосконалення роботи очисних інженерних об'єктів та виконання необхідних розрахунків.

#### Задача №1.

Визначити, як зміниться допустиме навантаження на горизонтальний відстійник (рис.10), якщо його переобладнати у відстійник з тонкошаровими модулями. Горизонтальний відстійник має параметри: довжина  $L$  м, ширина  $B$  м, робоча глибина  $H_p$  м, швидкість руху води в ньому  $v$  мм/с, що забезпечує затримання в ньому завислих речовин з гідравлічною крупністю  $u$  мм/с. Пакети тонкошарових модулів встановлюються під кутом  $60^\circ$  до горизонту, загальна висота пакета  $h_n = H_p$  в тому числі неперотічна частина  $h_s = 0,5$  м. Відстань між пластинами  $v_n = 0,04$  м, товщина скла, з якого виготовляються пластини  $v_l = 0,004$  м. Можливі монтажні зазори між пакетами і стінками  $t = 0,2$  м.

Чисельні значення величин прийняти згідно з додатком А.



1 – пакет пластин, 2 – перфорований впускний трубопровід, 3 – труби для відводу води після освітлення, 4 – колектор для відводу, 5 – мулопровід.

Рисунок 1 – Установка тонкошарових модулів в горизонтальному відстійнику.

### Розв'язування типової задачі.

Дано:  $L = 18\text{м}$ ,  $B = 2\text{м}$ ,  $H_p = 1,6\text{м}$ ,  $v = 4\text{мм/с}$ ,  $u = 0,5\text{мм/с}$ .

Знайти годинне навантаження на відстійник до його реконструкції:

$$Q_{\text{від}} = F * v,$$

де  $F$  - площа поперечного перерізу.

$$Q_{\text{від}} = 2 * 1,6 * 0,004 * 3600 = 46\text{м}^3 / \text{год}$$

Впродовж відстійника встановлюються два пакета нахилених під кутом  $60^\circ$  пластин загальною висотою  $h_n = 1,6\text{м}$ .

Загальна довжина  $L_n$ , яка буде зайнята пластинами, визначається за формулою:

$$L_n = L - 2h_n * \text{tg}30^\circ - 2t = 18 - 2 * 1,6 * 0,57735 - 2 * 0,2 = 16,55\text{м}$$

Пакети виготовляються з віконного скла товщиною  $v_1 = 0,004\text{м}$ . Висота частини пакета від його верху до верхньої кромки пластин  $h_e = 0,5\text{м}$ . Тоді довжина протічної частини в пластинах буде:

$$L_1 = (h_n - h_e) / \cos 30^\circ = (1,6 - 0,5) / \cos 30^\circ = 1,27\text{м}$$

Загальна кількість пакетів у відстійнику

$$n = L_n / (v_n + v_1) = 16,65 / (0,04 + 0,004) = 376\text{шт}$$

Термін відстоювання у пакеті

$$T = v_n * 1000 / (\sin 30^\circ * u) = 0,04 * 1000 / (0,5 * 0,5) = 160\text{с}$$

Максимальна швидкість потоку в пакеті

$$v_{\text{макс}} = L_1 / T = 1,27 / 160 = 0,00794\text{м/с}$$

Годинне навантаження на відстійник після реконструкції визначається за формулою

$$Q'_{\text{від}} = (3600 * v_{\text{макс}} / k) * 2 * 0,755 * n * B * v_n,$$

де  $k$  – коефіцієнт,  $k = 1,5 \div 2,5$

$$Q'_{\text{від}} = (3600 * 0,00794 / 1,7) * 2 * 0,755 * 376 * 0,8 * 0,04 = 305\text{м}^3 / \text{год}$$

Співвідношення навантажень на відстійник

$$\frac{Q'_{\text{від}}}{Q_{\text{від}}} = \frac{305}{46} = 6,6$$

Таким чином, переобладнання відстійника з установкою в ньому тонкошарових пакетів дозволяє збільшити навантаження на нього більше, ніж в 6 разів. Якщо навантаження не збільшувати, то буде кращою водопідготовка за рахунок затримання більш малих частинок з огляду на те, що максимальна швидкість потоку в пакетах зменшиться до величини

$$v_{\text{макс}} = Q'_{\text{від}} * 1000 * 1,7 / (2 * 0,755 * n * B * v_n * 3600) = 1,2\text{мм/с}$$

Перевіряємо стійкість роботи відстійника за числом Фруда

$$F_r = v_{\text{макс}}^2 / (gR) \geq 10^{-5}$$

де  $R$  – гідравлічний радіус, м.

$$R = \frac{B * \epsilon_n}{2 * (B + \epsilon_n)} = \frac{0.8 * 0.04}{2 * (0.8 + 0.04)} = 1.9 * 10^{-2}$$

Тоді

$$F_r = 0.0012^2 / (9.81 * 1.9 * 10^{-2}) = 0.77 * 10^{-5}$$

Таким чином, потік буде нестійким і необхідно збільшити початкове навантаження на відстійник. Приймаючи  $F_r = 1 * 10^{-5}$ , визначимо допустиму швидкість

$$v'_{\text{макс}} = \sqrt{g * R * 10^{-5}} = \sqrt{9.81 * 1.9 * 10^{-2} * 10^{-5}} = 1.36 * 10^{-3} \text{ м/с}$$

Навантаження на відстійник повинно зрости до величини

$$Q'_{\text{від}} = (3600 * 0.00136 / 1.7) * 2 * 0.755 * 376 * 0.8 * 0.04 = 52 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Термін відстоювання буде

$$T' = L_1 / v'_{\text{макс}} = 1.27 / (1.36 * 10^{-3}) = 934 \text{ с}$$

Гідравлічна крупність завислих речовин, які будуть затримуватися, зменшиться до величини

$$u' = 40 / (\sin 30^0 * 93.4) = 0.085 \text{ м/с}$$

Розрахунки підтверджують доцільність переобладнання горизонтальних відстійників в відстійники з тонкошаровими пакетами.

### **Задача №2.**

Висотна схема очисної станції продуктивністю  $Q_{\text{ст}}$  м<sup>3</sup>/добу, яка обладнана контактними освітлювачами, вхідними камерами і камерою гасіння напору, характеризується такими втратами напору між окремими спорудами:

- ділянка №1 від резервуарів чистої води до контактних освітлювачів -  $h_1 = 0,8\text{м}$ ;
- в контактному освітлювачі –  $h_2 = 2,2\text{м}$ ;
- ділянка №2 від контактних освітлювачів до змішувачів -  $h_3 = 0,4\text{м}$ ;
- у змішувачеві -  $h_4 = 0,5\text{м}$ ;
- ділянка №3 від змішувачів до вхідних камер -  $h_5 = 0,2\text{м}$ ;
- у вхідних камерах -  $h_6 = 0,4\text{м}$ ;
- ділянка №4 від вхідних камер до камери гасіння -  $h_7 = 0,8\text{м}$ .

Висота бортів споруд над рівнем води при нормальній роботі 0,5м. Визначити, яку максимальну витрату здатні пропустити ці споруди, якщо якість води дозволяє підтримувати фільтроцикл в 24 год. Намітити, які додаткові роботи необхідно виконати для збільшення продуктивності станції. Чисельну величину  $Q_{\text{ст}}$  прийняти по додатку А.

### **Розв'язування типової задачі.**

Нехай добова витрата буде 96000 м<sup>3</sup>/добу.

Для можливості збільшення продуктивності станції визначимо умовні загальні опори на кожній з ділянок, виходячи із співвідношення.

$$h_i = S_{\phi i} * Q^2,$$

де  $h_i$  – опір на відповідній і-й ділянці чи споруді;  
 $S_{\phi i}$  – загальний фіктивний опір і – ої ділянки чи споруди.

$$S = h_i / Q^2$$

3

Розрахунок загальних фіктивних опорів зведено в табл.19.

Таблиця 1 – Фіктивні загальні опори елементів висотної схеми

Номер елемента	Шлях, який розглядається	Втрати напору, м	Загальний опір, $(с/м^3)^2 м$
1	Від РВЧ до контактного освітлювача	0,8	0,648
2	Контактний освітлювач	2,2	1,782
3	Від контактного освітлювача до змішувача	0,4	0,324
4	Змішувач	0,5	0,405
5	Від змішувача до вхідної камери	0,2	0,162
6	Вхідна камера	0,4	0,324
7	Від вхідної камери до камери гасіння	0,8	0,648

Розглянемо можливість змін витрат на окремих ділянках висотної схеми.

При зростанні втрат напору у трубопроводах від контактних освітлювачів, до резервуарів чистої води, рівень води в них буде знижуватися. Величина такого зниження буде залежати від величини витрати. Якщо допустити зниження на 0,5м, тоді на цій ділянці втрата може зрости до величини, яка визначається за формулою

$$Q_1 = \sqrt{h'_1 / S_1},$$

де  $h'_1$  – опір на першій ділянці.

$$h'_1 = h_1 + 0.5 = 0.8 + 0.5 = 1.3 м.$$

Тоді

$$Q_1 = \sqrt{1.3 / 0.648} = 1.416 м^3 / с.$$

Якщо допустити таку витрату на цій ділянці, то втрати напору в контактному освітлювачі будуть

$$h_{k0} = S_{k0} * Q_1^2 = 1.782 * 1.416^2 = 3.57 м,$$

що перевищує існуючі втрати напору на

$$3.57 - 2.2 = 1.37 м.$$

Допустити такі втрати неможливо, тому що борт контактного освітлювача перевищує рівень води в ньому тільки на 0,5 м. Максимальні втрати напору в контактних освітлювачах можна допустити на 0,25 м більше

існуючих. Тоді максимальна пропускна можливість існуючих контактних освітлювачів може бути

$$Q_{k0} = \sqrt{h_{k0}/S_{k0}} = \sqrt{(2.2 + 0.25)/1.782} = 1.172 \text{ м}^3/\text{с}$$

тобто існуючі контактні освітлювачі дозволяють збільшити витрату на 61 л/с.

При цьому фільтроцикл зменшиться до величини

$$T' = T * \frac{Q}{Q_{k01}} = 24 * \frac{1.172}{1.172} = 22.8 \text{ год}$$

Втрати напору на ділянці від контактних освітлювачів до змішувачів стануть

$$h_3 = S_3 * Q_{k01}^2 = 0.324 * 1.172^2 = 0.44 \text{ м}$$

Тоді рівень води в змішувачах підніметься на величину

$$\Delta h_1 = (h_2' + h_3') - (h_2 + h_3)$$

де  $h_2', h_3'$  - відповідно втрати напору в трубопроводах і в змішувачах при збільшеній витраті;

$h_2, h_3$  - ті ж витрати в існуючому стані.

$$\Delta h_1 = (2.45 + 0.44) - (2.2 + 0.4) = 0.29 \text{ м}$$

Втрати в змішувачах після збільшення витрати стануть

$$h_4 = S_4 * Q_{k01}^2 = 0.5 * 1.172^2 = 0.69 \text{ м}$$

При такому зростанні напору відстань від рівня води в змішувачах до верхньої кромки борта стане рівною

$$0.5 - 0.29 = 0.21 \text{ м}$$

Втрати напору від змішувача до входної камери після збільшення витрати збільшаться до величини

$$h_5 = S_5 * Q_{k01}^2 = 0.2 * 1.172^2 = 0.27 \text{ м}$$

Втрати напору у входній камері зростуть до величини

$$h_6 = S_6 * Q_{k01}^2 = 0.4 * 1.172^2 = 0.55 \text{ м}$$

Рівень води у входній камері підніметься на величину

$$\Delta h_2 = (h_5' + h_6') - (h_5 + h_6) = (0.27 + 0.55) - (0.2 + 0.4) = 0.22 \text{ м}$$

Тоді рівень води у входній камері повинен піднятися на величину

$$\Delta h_{ex} = \Delta h_1 + \Delta h_2 = 0.29 + 0.22 = 0.51 \text{ м}$$

Таким чином, щоб збільшити подачу води на 61 л/с, необхідно нарощувати борти очисних споруд на 300мм, при цьому рівень води в резервуарах чистої води знизиться на величину

$$\Delta h_{рчв} = h_1' - h_1 = 0.648 * 1.172^2 - 0.8 = 0.09 \text{ м}$$

Для того, щоб суттєво збільшити продуктивність очисної станції необхідно зменшити загальний опір всіх комунікацій, за рахунок прокладки паралельних трубопроводів і підняти борти очисних споруд на величини, які будуть визначатися відповідною витратою.

Показник	Одиниці вимірювання	Величина показника при останній цифрі залікової книжки									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q_{ст}$	м <sup>3</sup> /добу	20000	25000	22000	26000	28000	35000	40000	41000	50000	45000
L	м	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
B	м	2,5	3,0	2,5	3,0	2,5	3,0	2,5	3,0	2,5	3,0
$H_p$	м	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4
$v$	мм/с	4	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,4	4,3	4,2	4,1
$u$	мм/с	0,4	0,41	0,42	0,43	0,44	0,45	0,46	0,47	0,48	0,49

### Контрольні питання

1. Що необхідно перевіряти при аналізі роботи камер реакцій?
2. Які параметри треба аналізувати при оцінці ефективності роботи відстійників та освітлювачів?
3. Які параметри повинні оцінюватися при аналізі роботи фільтрів і контактних освітлювачів?
4. Які принципові шляхи підвищення продуктивності відстійників і освітлювачів з завислим осадом?
5. Які принципові шляхи підвищення продуктивності фільтрів і контактних освітлювачів?

### Література

1. ДБН В.2.5 – 74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинний від 2014-01-01] Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2013. 172 с. URL: [www.minregion.gov.ua/.../DBN\\_V.2.5-74\\_2013](http://www.minregion.gov.ua/.../DBN_V.2.5-74_2013) (дата звернення: 15.09. 2020).
2. ДСТУ 7525:2014 Національний стандарт України. Вода питна. Вимоги та контролювання якості . [Чинний від 2015-02-01] Вид. офіц. Київ: Міністерство економічного розвитку України, 2014. 26 с. URL: [http://icssc.org.ua/docs/dstu\\_7525\\_2014.pdf](http://icssc.org.ua/docs/dstu_7525_2014.pdf) (дата звернення: 28.09. 2019).
3. Эпоян С.М., Благодарная Г.И., Душкин С.С. Повышение эффективности работы сооружений при очистке питьевой воды: монография. Харьков: ХНАГХ, 2013. 190 с. URL:[http:// eprints.kname.edu.ua. pdf.](http://eprints.kname.edu.ua.pdf) (дата звернення: 29.01. 2020).
4. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною». [Чинний від 2010-05-12]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2010. 35 с. (Інформація та документація). URL: [http://dbn.co.ua/load/normativy/sanpin/dsanpin\\_2\\_2\\_4\\_171\\_10/25-1-0-1180](http://dbn.co.ua/load/normativy/sanpin/dsanpin_2_2_4_171_10/25-1-0-1180).