

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет водного господарства та  
природокористування  
Кафедра водопостачання, водовідведення та бурової  
справи

**03-06-136М**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до практичних занять та самостійної роботи  
з навчальної дисципліни

**«Інженерні системи та споруди об'єктів  
водопостачання та водовідведення»**

для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня  
за освітньо-професійною програмою «Водопостачання і  
водовідведення» спеціальності 192 «Будівництво та  
цивільна інженерія» всіх форм навчання

Рекомендовано  
Науково-методичною радою  
з якості ННІ БА  
Протокол № 1 від 29.08.23 р.

Рівне – 2023

Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи з навчальної дисципліни «Інженерні системи та споруди об'єктів водопостачання та водовідведення» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня за освітньо-професійною програмою «Водопостачання і водовідведення» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» всіх форм навчання [Електронне видання] / Квартенко О. М. – Рівне : НУВГП, 2023. – 31 с.

Укладач: Квартенко О. М., д.т.н., доцент, професор кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи.

Відповідальний за випуск: Мартинов С. Ю., д.т.н., професор, завідувач кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи.

Керівник групи забезпечення освітньо-професійної програми: Мартинов С. Ю., д.т.н., професор.

© О. М. Квартенко, 2023

© НУВГП, 2023

## ЗМІСТ

	Вступ	4
1	Тема 1. Розрахунок локальних очисних споруд в оборотній системі водопостачання заводу з виробництва продуктів снекової групи.	4
2	Тема 2. Розрахунок локальних очисних споруд для оборотних систем ВВ автотранспортних підприємств та АЗС.	12
3	Тема 3. Розрахунок основних параметрів установок ультрафільтрації для систем водопостачання підприємств харчової промисловості.	19
4	Тема 4. Розрахунок технологічного обладнання для доочищення оборотних вод гальванічних цехів від іонів важких металів.	22
5	Самостійна робота	26
	11.1. Рекомендовані завдання для самостійної роботи.	27
	11.2. Оформлення звіту про самостійну роботу.	28
	Рекомендована література	28
	Додатки	30

## ВСТУП

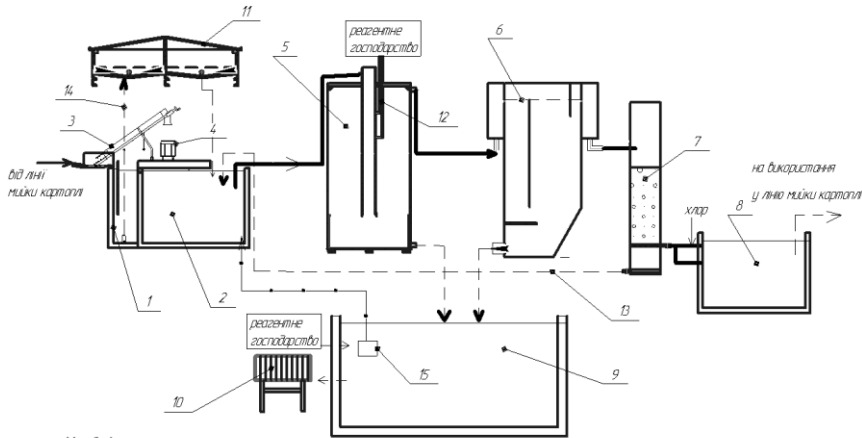
Актуальним завданням сьогодення є опанування учасниками навчального процесу основ розрахунку, проектування та конструювання сучасних інженерних систем та споруд які забезпечують нормальне функціонування різноманітних об'єктів житлового, комунального та виробничого призначення, вивчення їх технічних характеристик, умов застосування та експлуатації. Все це є запорукою надійного функціонування систем ВВ в загальній інженерній системі сучасного техногенного суспільства.

Метою дисципліни є формування у здобувачів вищої освіти компетенцій в галузі теоретичних знань та практичних навичок з розрахунку, проектування сучасних інженерних систем та споруд об'єктів водопостачання та водовідведення житлового комунального комплексу та виробничих підприємств, що дозволить здобувачам в подальшому кваліфіковано використовувати системи, обладнання та споруди, забезпечуючи їх безперебійну роботу для всіх водокористувачів відповідно до їх вимог.

У процесі виконання практичної роботи здобувачі вищої освіти повинні оволодіти основами розрахунку, конструювання та проектування сучасних інженерних систем і споруд об'єктів водопостачання та водовідведення у відповідності до діючих нормативних документів, використовувати сучасні досягнення в галузі життєзабезпечення об'єктів та інформаційно комп'ютерних засобів при їх проектуванні. В другому змістовному модулі розглядаються питання щодо розрахунку та проектування інженерних систем і споруд водопостачання і водовідведення промислових підприємств різних галузей.

### **Тема 1. Розрахунок локальних очисних споруд в оборотній системі водопостачання заводу з виробництва продуктів снекової групи.**

Розрахувати основне технологічне обладнання для локальних очисних споруд (рис. 1) оборотної системи водопостачання підприємства з виробництва продуктів снекової групи. Вихідні дані за варіантами наведено в додатку 1. Основними спорудами системи є: приймальна камера, пісковловлювач 1, усереднювач 2, решітка 3; змішувач 5; відстійник 6; фільтр з пінополістирольним завантаженням 7; резервуар-накопичувач 8; фільтр-прес 10; блок реагентного господарства (рис. 1).



**Умовні позначення:**

1- Пісковловлювач; 2 - усереднювач; 3 - шнек; 4 - візок; 5 - змішувач; 6 - відстійник;  
7 - фільтр з плавачим забортженням; 8 - резервуар-накопичувач; 9 - ємність збору осади;  
10 - фільтр-прес; 11 - пісковий дункер; 12 - трипробови подачі реагентів; 13 - скид в'рудної  
прямийної води; 14 - скид піщаної пульпи; 15 - погрузний насос

Рис. 1. Технологічна схема очистки оборотної води

**Приклад.** Продуктивність очисних споруд 72 м<sup>3</sup>/добу (6 м<sup>3</sup>/год). Показники якості води яка надходить на очисні споруди в додатку 1. Концентрація домішок у воді 3,3 кг/м<sup>3</sup>, гідравлічною крупністю 13,91 мм/с. Вологість осаду 60%. Об'ємна маса піску 1,5 т/м<sup>3</sup>. Максимальна концентрація забруднень в залповому скиді 4,8 кг/м<sup>3</sup>, допустима концентрація забруднень для нормальної роботи наступних споруд 3,65 кг/м<sup>3</sup>.

**Розв'язок.**

**1.1. Розрахунок пісковловлювача.** Для видалення піску передбачено влаштування вертикального пісковловлювача з низхідно-висхідним рухом води.

Загальний об'єм осаду який затримується:

$$W_{oc} = \frac{Q_{доб} \cdot p \cdot 100}{\gamma \cdot (100 - w)} = \frac{72 \cdot 3,2 \cdot 100}{1500 \cdot (100 - 60)} = 0,384 \text{ м}^3 \quad (1)$$

де  $p$  - кількість у воді домішок, кг/м<sup>3</sup>, діаметром 0,35-1,0 мм з гідравлічною крупністю більшою за розрахункову (13,91 мм/с) швидкість висхідного руху;  $w=60\%$  - вологість осаду пісковловлювача;  $\gamma$  - об'ємна маса піску 1,5 т/м<sup>3</sup>.

Пісковловлювач розділено вертикально металевою перегородкою на два відділення розмірами 0,1x0,4 м (приймальне) і 0,3x0,4 м (відстійне). Швидкість руху води у першому (приймальному) відділенні:

$$V_n = \frac{q}{L_n \cdot B} = \frac{0,00167 \cdot 1000}{0,1 \cdot 0,4} = 41,75 \text{ мм/с} \quad (2)$$

$v$  – швидкість руху води, м/с;  $L_n$  - довжина приймального відділення, м.

Швидкість руху води у відстійному відділенні:

$$V_v = \frac{q}{L_v \cdot B} = \frac{0,00167 \cdot 1000}{0,3 \cdot 0,4} = 13,91 \text{ мм/с} \quad (3)$$

Висота перегородки, що розділяє пісковловлювач визначена з умови перебування стоків у відстійному відділенні протягом  $t_n=30$  с.

$$H_p = t_n \cdot V_n = 30 \cdot 13,91 = 417 \text{ мм} \quad (4)$$

Відстань між низом перегородки та верхом максимального шару осаду прийнята  $H_n=80$  мм (нейтральний шар). Розрахункова тривалість руху води через пісковловлювач – через приймальне і відстійне відділення – складає 40 с. Повна висота пісковловлювача:

$$H_{\text{пов}} = H_p + H_n + H_{\text{ос}} = 420 + 80 + 700 = 1200 \text{ мм.} \quad (5)$$

Для перепускання води до усереднювача на всю ширину пісковловлювача у залізобетонній перегородці влаштовано отвір висотою 0,5 м.

**1.2. Усереднювач.** Для усереднення витрати та концентрацій забруднень стічної води необхідно влаштувати резервуар-усереднювач. Коефіцієнт усереднення стічних вод:

$$K = (C_{\text{max}} - C_{\text{сер}}) / (C_{\text{дон}} - C_{\text{сер}}) \quad (6)$$

де  $C_{\text{max}}$  – максимальна концентрація забруднень в залповому скиді;  $C_{\text{сер}}$  – середня концентрація забруднень в стічних водах;

$C_{\text{доп}}$  – концентрація забруднень в стічній воді, що є допустимою при роботі наступних споруд.

$$K=(4800-3300)/(3650-3300)=4,28$$

Об'єм усереднювача за концентрацією забруднювачів (завислими речовинами) визначено згідно [8, п.6.42] за формулою:

$$W_y = 0,21q_{\text{год}} \cdot t_{\text{ц}} \cdot \sqrt{K^2 - 1} = 0,21 \cdot 6 \cdot 1 \cdot \sqrt{4,28^2 - 1} = 5,25 \text{ м}^3 \quad (7)$$

де  $t_{\text{ц}}$  – період циклу коливання, год;  $q_{\text{год}}$  – витрата стічних вод,  $\text{м}^3/\text{год}$ .

Об'єм для усереднення визначено з урахуванням того, що вода на очисні споруди надходить з перервою 50 хв. З урахуванням об'єму для усереднення  $W_{\text{в}}=1,04 \text{ м}^3$  та об'єму води від промивки фільтрів  $W_{\text{пр}}=0,51 \text{ м}^3$ , загальний об'єм усереднювача:

$$W = W_y + W_{\text{в}} + W_{\text{пр}} = 5,25 + 1,04 + 0,51 = 6,8 \text{ м}^3 \quad (8)$$

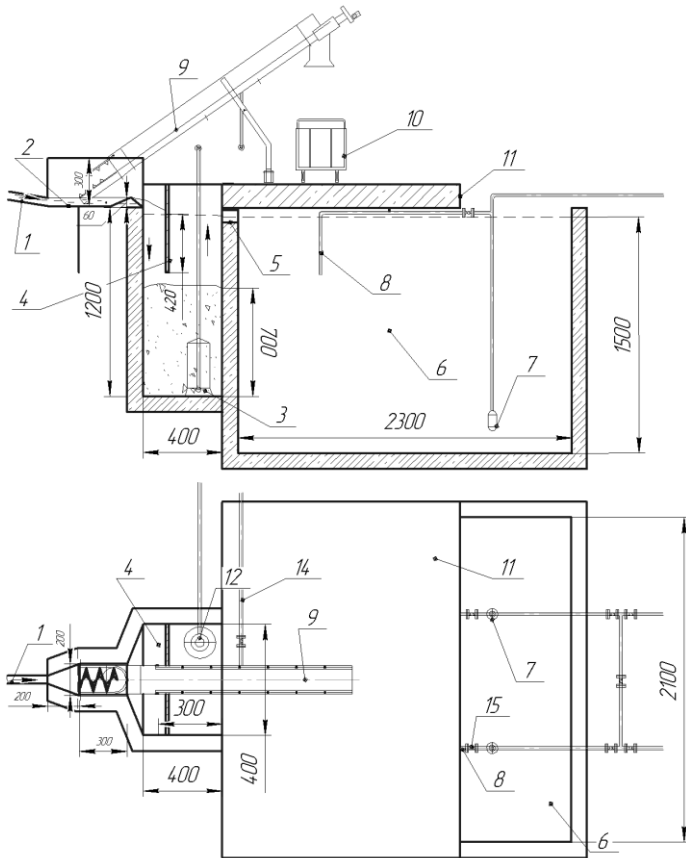
Приймаємо глибину води в усереднювачі  $H=1,5 \text{ м}$ . Розміри в плані:  $L \times B=2,3 \times 2,1 \text{ м}$ . Фактичний об'єм усереднювача  $7,0 \text{ м}^3$ .

**1.3. Розрахунок вихрового змішувача** з низхідно-висхідним рухом води. Розрахункова витрата:  $q_{\text{год}}=6 \text{ м}^3/\text{год}=0,00167 \text{ м}^3/\text{с}$ . Кількість змішувачів:  $N=2 \text{ шт}$ . Діаметр центральної труби прийнято  $d_{\text{цт}}=0,2 \text{ м}$ . Висота центральної труби  $H_{\text{цт}}=2150 \text{ мм}$ .

Час перебування води у центральній трубі складе:

$$t = \frac{H}{K \cdot (q / 0,785 d_{\text{цт}}^2) \cdot N} = \frac{2,15}{0,5 \cdot (0,00167 / 0,785 \cdot 0,2^2) \cdot 2} = 30,28 \text{ с} \quad (9)$$

$K$  – коефіцієнт, що враховує зменшення нормальної швидкості руху потоку за рахунок обертового руху рідини



*Умовні позначення*

1 - підвідний трубопровід від лінії мийки картоплі; 2 - лоток;  
 3 - пісковідловач; 4 - перегородка стальна; 5 - перецьскний  
 отвір; 6 - резервуар-усереднювач; 7 - насос подачі та  
 перемішування; 8 - трубопровід перемішування; 9 - шнек;  
 10 - візок; 11 - залізобетонна плита; 12 - насос відкачування  
 піщаної пульпи; 13 - осад; 14 - подача води для роботи шнека.

Рис. 2. Схема блоку механічного розділення та усереднення

Діаметр змішувача прийнято  $D_{зм} = 1,2$  м. При даному діаметрі розрахункова швидкість руху висхідного потоку складає:



$$U = \frac{q}{3,6 \cdot (0,785 D_{3M}^2 - 0,785 \cdot d_{3M}^2)} = \frac{6}{3,6 \cdot (0,785 \cdot 1,2^2 - 0,785 \cdot 0,2^2)} = 1,51 \text{ мм/с} \quad (10)$$

Робоча висота змішувача прийнята  $H=2150$  мм [8, п. 6.54].  
Час руху стічної води через висхідну частину:

$$t_{\theta} = \frac{H}{U} = \frac{2150}{1,51 \cdot 60} = 23,7 \text{ хв} \quad (11)$$

Об'єм осадової частини :

$$W_{oc} = \frac{Q_{\text{добр}} \cdot p \cdot 100}{\gamma \cdot (100 - w) \cdot N} = \frac{72 \cdot 1,3 \cdot 100}{1000 \cdot (100 - 95) \cdot 2} = 0,936 \text{ м}^2 \quad (12)$$

де  $p$  - кількість у воді домішок, кг/м<sup>3</sup>, гідравлічною крупністю більшою від 1,51 мм/с;  $w=95\%$  - вологість осаду;  $\gamma - 1 \text{ т/м}^3=1000 \text{ кг/м}^3$  об'ємна маса осаду;  $N$  - кількість змішувачів, 2 шт.

При діаметрі змішувача  $D_{3M}=1,2$  м та внутрішньої труби з гвинтом -  $d_{3M}=0,2$  м висота осадової частини складає:

$$H_{oc} = \frac{W_{oc}}{\left( \frac{\pi \cdot D_{3M}^2}{4} - \frac{\pi \cdot d_{3M}^2}{4} \right)} = \frac{0,936}{\left( \frac{\pi \cdot 1,2^2}{4} - \frac{\pi \cdot 0,2^2}{4} \right)} = 0,851 \text{ м} \quad (13)$$

Загальна кількість осаду від обох змішувачів - 1,876 м<sup>3</sup>/доб. Конструктивна схема змішувача наведена в додатку 2.

**1.4. Розрахунок відстійників** безперервної дії з низхідно-висхідним рухом води. Розрахункова витрата з врахуванням [8, п.6.58]  $q=1,2q_{\text{год}}=1,2 \cdot 6=7,2$  м<sup>3</sup>/год; кількість робочих відстійників згідно [12, п.6.58] -  $N=2$  шт. Площа відстійного відділення одного відстійника [8, п.6.63]:

$$F_B = \frac{\beta \cdot q}{3,6 \cdot U \cdot N} = \frac{1,3 \cdot 7,2}{3,6 \cdot 0,72 \cdot 2} = 1,805 \text{ м}^2 \quad (14)$$

де  $U$  – розрахункова швидкість висхідного потоку, мм/с. прийнято згідно [1, табл. 18] для каламутних вод, що обробляються коагулянтном та флокулянтном –  $U=0,6 \cdot 1,2=0,72$  мм/с;  $\beta$  – коефіцієнт, що враховує об'ємне використання відстійника, прийнято 1,3;

Розміри відстійного відділення в плані  $L_B \times B=0,95 \times 2000$  мм

Висота відстійного відділення:

$$H_B = U \cdot t_g = 0,72 \cdot 2700 = 1944 \text{ мм} \quad (15)$$

де  $t_b$  – час відстоювання, прийнятий 45 хв=2700 с; Висоту відстійного відділення конструктивно прийнято 1950 мм.

Площа приймального відділення:

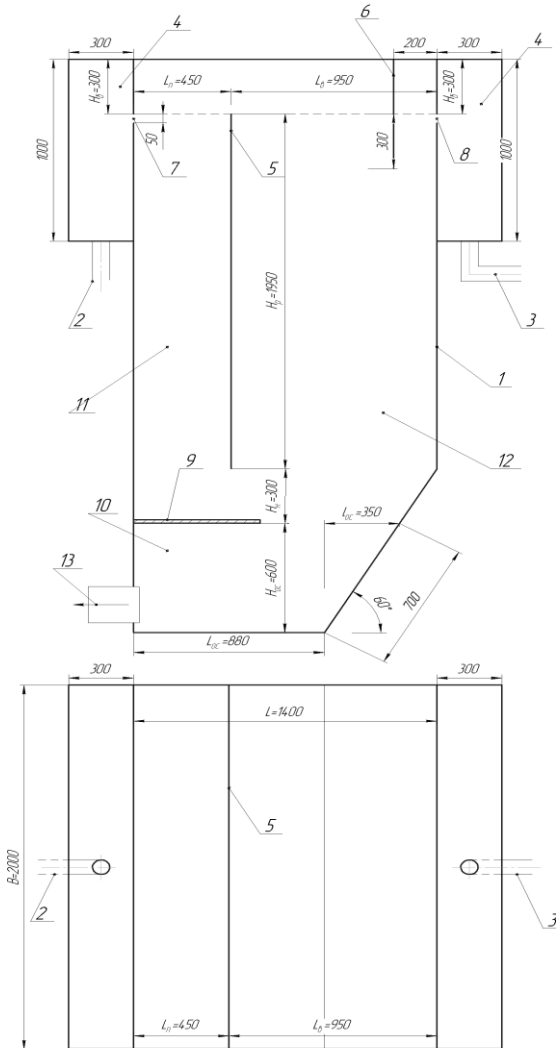
$$F_n = \frac{\beta \cdot q}{3,6 \cdot U \cdot N} = \frac{1,3 \cdot 7,2}{3,6 \cdot 1,44 \cdot 2} = 0,9 \text{ м}^2 \quad (16)$$

Розміри приймального відділення в плані:  $L_n \times B=450 \times 2000$  мм. При висоті приймального відділення  $H_n=1950$  мм час перебування води у ньому складе  $t_n=H/U=1950/1,44=975$  с =22,56 хв. Загальний час відстоювання становить:

$$T=t_n+t_g=22,56+45=67,56 \text{ хв.} \quad (17)$$

Основні конструктивні розміри прийнято згідно [8, п.6.63]: кут нахилу стінок осадової частини  $60^\circ$ , кут конусності відбивного щита -  $146^\circ$ , розміри відбивного щита –  $L_{щ} = 1,3L_n = 1,3 \cdot 0,45=0,585$ м;  $B=2$  м; висота нейтрального шару між низом відбивного щита та рівнем осаду - 0,3 м; для затримання спливаючих забруднень перед водозбірним пристроєм розташована напівзанурена перегородка (на глибину 0,3м); висота борту відстійника над поверхнею води – 0,3 м.

*Рекомендована література:* [1, 3, 4, 5, 8]



**Умовні позначення:**  
 1 – корпус відстійника, 2 – впускний трубопровід, 3 – випускний трубопровід,  
 4 – карпан, 5 – перегородка, 6 – дошка, 7 – впускний отвір, 8 – випускний отвір,  
 9 – віддільний щит, 10 – осадова частина, 11 – приймальне відділення, 12 – відстійне відділення, 13 – труба випуску осаду.

Рис. 3. Схема відстійника безпервної дії з низхідно-висхідним рухом води

## Тема 2. Розрахунок локальних очисних споруд для оборотних систем водопостачання автотранспортних підприємств, АЗС.

В основі технології очищення стоків закладено комплекс механічних та фізико-хімічних методів очистки, що призводить до високого ефекту вилучення забруднень і можливості повторного використання очищених стоків. Технологічна схема очистки наведена на рис. 3, опис схеми [10].

Розрахувати основне технологічне обладнання для локальних очисних споруд (рис. 4) оборотної системи водопостачання автотранспортного підприємства. Вихідні дані за варіантами наведено в додатку 3.

**Приклад.** Продуктивність очисних споруд 86,4 м<sup>3</sup>/год. Показники якості води, яка надходить на очисні споруди, в додатку 3. Максимальна витрата дощового стоку 4,32 м<sup>3</sup>/год. Концентрація домішок у воді 3,3 кг/м<sup>3</sup>, гідравлічна крупність  $U_0 = 0,25$  мм/с.

### Розв'язок.

#### 2.1. Розрахунок тангенціальної пісколовки.

У кожному блоці водоочисного обладнання розташовано по одному тангенціальному пісковловлювачу (Рис. 5). Розрахункова витрата на одну секцію складає 12,23 л/с = 43,2 м<sup>3</sup>/год. Питоме навантаження:  $q_0 = 100$  м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>·год. Площа одного відділення в плані визначаємо за формулою:

$$F = \frac{q_{\max}}{n \cdot q_0} = \frac{4,32}{100} = 0,432, \text{ м}^2 \quad (18)$$

$q_{\max}$  - максимальна витрата дощового стоку, м<sup>3</sup>/год;  
 $q_0$  - навантаження на пісковловлювач по воді, м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>·год;  $n$  - кількість секцій.

Діаметр одного відділення становитиме:

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,432}{3,14}} = 0,75, \text{ м} \quad (19)$$

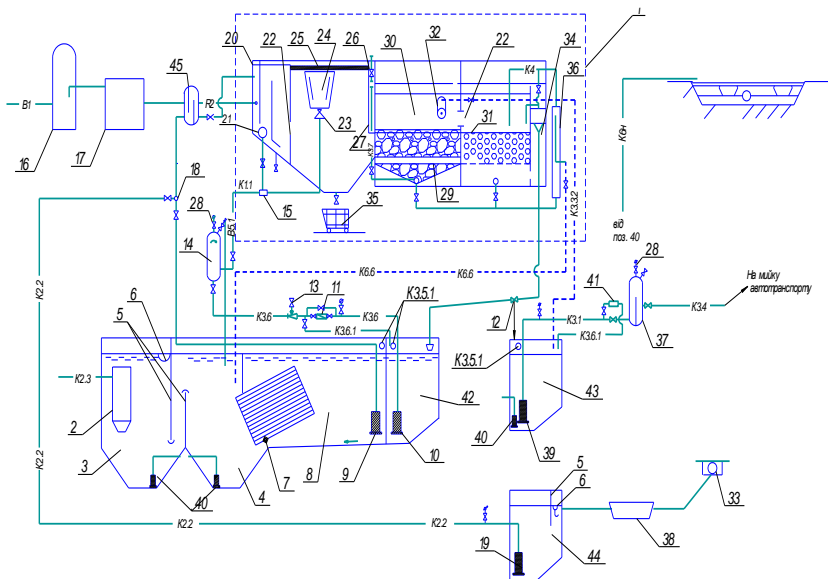


Рис. 3. Висотна схема водоочисного комплексу для оборотних систем водопостачання авто транспортних підприємств, АЗС.

**Умовні позначення до висотної схеми.** 1 – блок доочистки оборотних та дощових стоків; 2 – тангенціальний піскоуловлювач; 3, 4 – приймальні ємкості; 5 – занурені перегородки; 6 – пристрій для збору нафти; 7 – тонкошаровий модуль; 8 – буферні ємкості; 9, 19 – насоси подачі стічної води; 10, 39 – насоси подачі очищеної води; 11 – водомірний вузол; 12 – двоходовий кран; 13 – ежекційні вузли; 14 – сатуратор; 15 – гідроструменевий змішувач; 16 – витратний бак коагулянту; 17 – насос дозатор; 18 – змішувальний пристрій; 19 – камера змішування перегородчастого типу; 21, 22 – всмоктувальні та перепускні отвори; 25 – рівень фотошламу; 26 – колона постійного рівня; 27 – перепускна камера; 28 – манометр; 29 – пінополістирольний фільтр; 30 – промивний бак; 31 – сорбційний фільтр; 32 – тканинний фільтр; 33 – збірний лоток від автомийки; 34 – камера постійного рівня; 35 – перевізні кошики; 36 – сифон; 37 – напірний бак; 38 – горизонтальний піскоуловлювач; 39 – грязевий перекидний насос; 40 – бактеріцидна лампа; 41 – буферна ємність очищеної дощової води; 42 – буферна ємність очищеної води від автомийки; 43 – буферна ємність збору СВ від мийки автотранспорту; 44 – пісковий майданчик; 45 – напірний бак з магнітами.

**Позначення трубопроводів:** В1 – господарсько-питний трубопровід; В5.1 – тр-д подачі повітряводяної суміші; К2.1 – трубопровід відводу очищеної дощової води; К2.2 – тр-д подачі стічної води від автомийки; К2.3 – тр-д дощових стоків; К3 – тр-д дощових стоків; К3.1 – тр-д подачі стічної води дощової води на очистку; К3.2 – тр-д відведення очищених вод з пінополістирольного фільтру до ємності збору очищеної води від мийки; К3.3 – відвідний трубопровід з сорбційного фільтру до ємності чистої дощової води; К3.3.1 – відвідний тр-д з сорбційного фільтру

Робоча глибина пісковловлювача приймається:

$$h = \frac{1}{2}D = \frac{1}{2} \cdot 0,75 = 0,4, \text{ м} \quad (20)$$

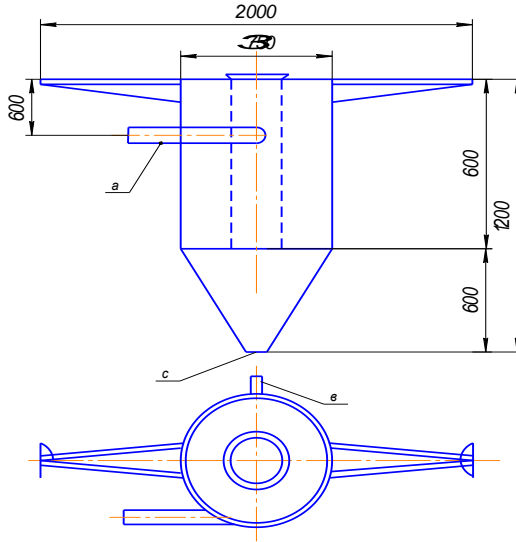


Рис. 5. Тангенційний пісковловлювач

З врахуванням конструктивних особливостей установки і того, що підвідна труба знаходиться на відмітці - 0,8 м, глибина тангенційного пісколовлювача складатиме 1,2 м.

Для накопичення осаду служить конусне відділення, висота якого визначається за формулою:

$$h_2 = \sqrt{D^2 - h_p^2} = \sqrt{0,75^2 - 0,4^2} = 0,63, \text{ м} \quad (21)$$

Об'єм конусної частини:

$$V_{\text{кон}} = \frac{\pi D^2 \cdot h_2}{3 \cdot 4} = \frac{3,14 \cdot 0,75^2 \cdot 0,63}{12} = 0,92, \text{ м}^3 \quad (22)$$

Кут нахилу конусної частини складає  $45^\circ$ , це дає можливість затриманим частинкам сповзати по стінкам до відкритого парубку  $d = 150\text{мм}$  і через нього потрапляти в бункер.

## 2.2. Розрахунок тонкошарового відстійника.

Тонкошаровий модуль (рис. 6) служить для затримання частинок із потоку вихідної води. Складається із рами та полиць, які утворюють комірчасту структуру. Раму слід виконати із “чорної” сталі трубчастого перерізу і захистити від корозії для перебування у воді. По бокам модуля встановити ущільнені елементи (3) із листової гуми.

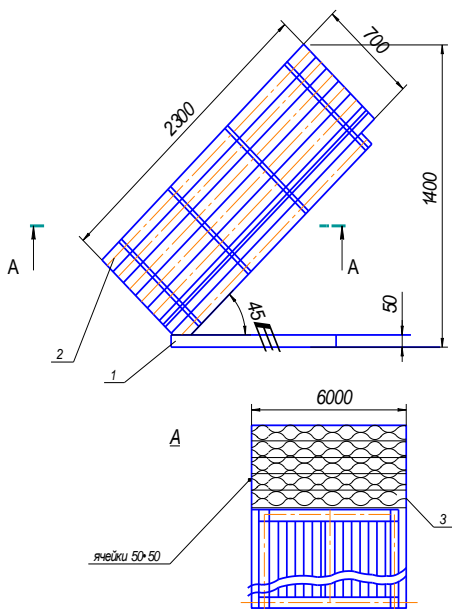


Рис.6. Тонкошаровий модуль. 1 - рама; 2 – полиці; 3 – ущільнюючі елементи.

Задаємося концентрацією завислих речовин після тангенціального пісковловлювача:  $C_{вих} = 350-300 \text{ мг/дм}^3$

гідравлічною крупністю  $U_0 = 0,25$  мм/с. Висота ярусу  $h_{ti} = 0,10$  м. Швидкість руху потоку  $V_w$  в ярусі відстійника 5 мм/с. Довжина ярусу  $L_{be}$  визначається за формулою:

$$L_{be} = \frac{V_w \cdot h_{ti}}{U_0} \cdot K_{dis} = \frac{5 \cdot 0,1}{0,25} \cdot 1,2 = 2,3, \text{ м} \quad (23)$$

$K_{dis}$  – коефіцієнт зносу видалених частинок (для плоских пластин  $K_{dis} = 1,15$ , для рифлених пластин  $K_{dis} = 1$ ).

Задаємося кутом нахилу пластин  $\alpha = 45^\circ$ . Після цього визначаємо відстань між пластинами за формулою:

$$b_n = h_{ti} \cdot \cos \alpha = 0,1 \cdot \cos 45 = 0,07, \text{ м} \quad (24)$$

Кількість ярусів в модулі, з умови простоти монтажу,  $n_{ti} = 20$

Висота блоку:

$$H_{bl} = b_n \cdot n_{ti} = 0,07 \cdot 20 = 1,4, \text{ м} \quad (25)$$

Ширина однієї секції  $B_{sek} = 6,0$  м. Продуктивність однієї секції:

$$q_{set} = 3,6 \cdot k_{set} \cdot H_{bl} \cdot B_{bl} \cdot V_w, \text{ м}^3 / \text{год} \quad (26)$$

$K_{set}$  – коефіцієнт використання об'єму,  $K_{set} = 0,55$

$$q_{set} = 3,6 \cdot 0,55 \cdot 1,4 \cdot 6 \cdot 5 = 83,16 \text{ м}^3 / \text{год} \quad (27)$$

### 2.3. Розрахунок флотаційного блоку.

Флотаційний блок працює за рециркуляційною схемою з насиченням повітря частини витрати очищеної води та наступним змішуванням потоку вихідної води під тиском насичення і дроселюванням суміші. Об'єм флотатора визначається за формулою:



$$V_{\phi л} = \frac{Q \cdot t_{\phi л}}{60(1 - \kappa_{аер})}, \text{ м}^3 \quad (28)$$

$Q$  – годинна продуктивність установки,  $\text{м}^3/\text{год}$ ;  $t_{\phi л}$  – час флотації (оптимальний 15-30хв);  $\kappa_{аер}$  – коефіцієнт аерації ( $\kappa_{аер} = 0,25$ ),

$$V_{\phi л} = \frac{6,25 \cdot 30}{60(1 - 0,25)} = 4,17, \text{ м}^3 \quad (29)$$

Робоча глибина флотатора становить  $H_{\phi л} = 2,0 \text{ м}$ . Площа флотатора визначається за формулою:

$$F_{\phi л} = \frac{V_{\phi л}}{H_{\phi л}} = \frac{4,17}{2} = 2, \text{ м}^2 \quad (30)$$

Гідравлічне навантаження на  $1 \text{ м}^2$  площі визначається:

$$q_0 = \frac{Q_{\text{зод}}}{F_{\phi л}} = \frac{6,25}{2} = 3,125, \text{ м} / \text{зод} \quad (31)$$

Гідравлічне навантаження має знаходитися в межах 6-10 м/год.

Тривалість періоду флотації визначаємо за формулою:

$$t_{\phi л} = \frac{45 \cdot V_{\phi л}}{Q}, \text{ хв} \quad (32)$$

Потрібна витрата повітря:

$$Q_n = J \cdot F_{\phi л}, \text{ м}^3 / \text{зод} \quad (33)$$

Розрахунки по всім трьом витратам наводимо в таблиці 5.

Таблиця 5

Витрата СВ $q$ , м <sup>3</sup> /год	Об'єм флотатора $V_{\text{фл.}}$ , м <sup>3</sup>	Площа флотатора $F_{\text{фл.}}$ , м <sup>2</sup>	Гідравліч не навантаження $q_0$ , м/год	Тривалість флотації $t_{\text{фл.}}$ , хв	Інтенсив ність аерації	Витрата повітря $Q_{\text{п.}}$ , м <sup>3</sup> /год
3,125	4,5	1,39	2,25	64,8	20	45
6,25	4,5	2,78	2,25	32,4	20	45
9,4	4,5	4,18	2,25	21,0	20	45

#### 2.4. Розрахунок сатуратора.

Час надходження суміші очищеної води і стисненого повітря в сатураторі 2 хв. Об'єм сатуратора:

$$W_{\text{сатур}} = Q_{\text{рец}} \cdot t_{\text{н}}, \text{м}^3 \quad (34)$$

Для даних витрат стічних вод рециркуляційні втрати наведені в таблиці б.

Таблиця б

Витрата СВ $q_1$ , м <sup>3</sup> /год	Рециркуляційна витрата $q_{\text{рец}}$ , м <sup>3</sup> /год	Тривалість знаходження суміші в сатураторі $t_{\text{н}}$ , хв
6,25	1,25	3
3,125	0,625	6
9,4	1,9	2

Площа сатуратора:

$$F_{\text{сатур}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{сатур}}}{4}, \text{м}^2 \quad (35)$$

Виразуємо об'єм сатуратора через площу:

$$W_{\text{сатур}} = H_{\text{сатур}} \cdot F_{\text{сатур}}, \text{м}^3 \quad (36)$$

З формулою (36) визначаємо площу сатуратора:

$$F_{\text{сатур}} = \frac{W_{\text{сатур}}}{H_{\text{сатур}}} = \frac{0,063}{1,0} = 0,063 \text{ м}^2 \quad (37)$$

Діаметр сатуратора визначаємо з формулою (35):

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\text{сатур}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,063}{3,14}} = 0,028 \text{ м} = 0,3 \text{ м} \quad (38)$$

*Рекомендована література:* [1, 3, 8, 10, 13]

### **Тема 3. Розрахунок основних параметрів установок ультрафільтрації для систем водопостачання підприємств харчової промисловості.**

**Основи ультрафільтрації.** В системах водопідготовки використовують мембрани різної селективності [15]. Так, зворотноосмотичні та нанофільтраційні мембрани використовуються для видалення розчинених у воді хімічних речовин, у той час як мікрофільтраційні та ультрафільтраційні мембрани використовують для видалення більших частинок, наприклад макроскопічних частинок та мікроорганізмів. У порівнянні зі звичайним фільтруванням, при ультрафільтрації та мікрофільтрації реалізується механізм відділення забруднень на поверхні мембрани. Будь-яка частка, розмір якої перевищує розмір пор, відсікається.

**Селективність.** Селективність ( $R$ ) – співвідношення концентрації інгредієнтів у фільтраті, до їх концентрації у вихідній воді, %.

$$R = \left( 1 - \frac{C_{\text{фільтрат}}}{C_{\text{вихід}}} \right) \cdot 100\% \quad (39)$$

де  $R$  – величина селективності у %,  $C$  – відповідні концентрації, мг/дм<sup>3</sup>

Так як для ультрафільтраційних мембран селективність за вірусами та бактеріями є дуже великою, то вона визначається за логарифмічною шкалою. Наприклад, селективність 99.999% відповідає селективності 5 log. За допомогою формули (40) селективність у % може бути переведена до логарифмічної селективності:

$$R = \left( 1 - \frac{1}{10 \cdot \log} \right) \cdot 100\% \quad (40)$$

**Фільтрат (пермеат).** Витрата фільтрату – об’єм фільтрату за одиницю часу:

$$Q_{\phi} = \frac{W_{\phi}}{t}, \quad (41)$$

$Q'_{\phi}$  = витрата фільтрату (л/с, м<sup>3</sup>/год),  $W_{\phi}$  = об’єм фільтрату (літри, м<sup>3</sup>),  $t$  = час (сек., год.)

**Питома витрата** – витрата фільтрату через 1м<sup>2</sup> площі мембрани. Величина питомої витрати визначається якістю вихідної води. Чим краща її якість, тим більша величина питомої витрати. Таким чином, визначається величина необхідної площі мембран:

$$J^* = \frac{W_{\phi}}{A}, \quad (42)$$

$J^*$  = питома витрата, (дм<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>/год),  $Q'$  = витрата фільтрату, (л/с, м<sup>3</sup>/год),  $A$  = площа мембрани, (м<sup>2</sup>)

**Перепад тиску на мембрані (TMP)** - різниця між середнім тиском зі сторони вихідної води та зі сторони пермеату.

$$TMP = \left( \frac{P_{вихідна} + P_{концентрат}}{2} \right) - P_{фільтрат}, \quad (43)$$

$TMP$  = перепад тиску на мембрані (бар, МПа);  $P_{вихідна}$  = тиск зі сторони подачі вихідної води (бар, МПа),  $P_{концентрат}$  = тиск зі сторони концентрата (бар, МПа),  $P_{фільтрата}$  = тиск зі сторони фільтрата (бар)

**Проникність (P)** - це співвідношення питомої витрати фільтрату до перепаду тиску на мембрані. Цей параметр надає оцінку роботи мембрани:

$$P = \frac{J}{TMP}, \quad (44)$$

$P$  = проникність (л/м<sup>2</sup>/год/бар, л/м<sup>2</sup>/год/МПа),  $J$  = питома витрата (л/м<sup>2</sup>/год),  $TMP$  = падіння тиску на мембрані (бар, МПа)

**Нормалізована проникність.** Так як проникність знаходиться в залежності від температури води, то цей параметр повинен бути нормалізовано для порівняння продуктивності протягом певного проміжок часу. за допомогою поправочного температурного коефіцієнта.

$$P_{20^0} = \frac{P}{TK_{20^0}}, \quad (45)$$

$P_{20^0C}$  – проникність (л/м<sup>2</sup>/год/бар) при 20°C,  
 $TK_{20^0C}$  – температурний поправочний коефіцієнт

Зміна проникності є наслідком зміни в'язкості води в залежності від температури. Припускаючи, що рух рідини крізь пори мембрани підпорядковується залежності Хагена-Пуазейля, температурний поправочний коефіцієнт можна записати як:

$$TK_{20^0} = \frac{\eta \cdot (20^0C)}{\eta(T)}, \quad (46)$$

$TK_{20^0C}$  = температурний поправочний коефіцієнт для проникності при 20°C,  $\eta$  = динамічна в'язкість [Pa s]

$$\eta = (17,91 - 0,60 \cdot T + 0,013 \cdot T^2 - 0,00013 \cdot T^3) \cdot 10^{-4}$$

(Weast, R.C. et al. „Handbook Chemistry and Physics“, CRC Press, Boca Raton (USA), 1990)

Графік залежності температурного поправочного коефіцієнта представлено на рис. 7.

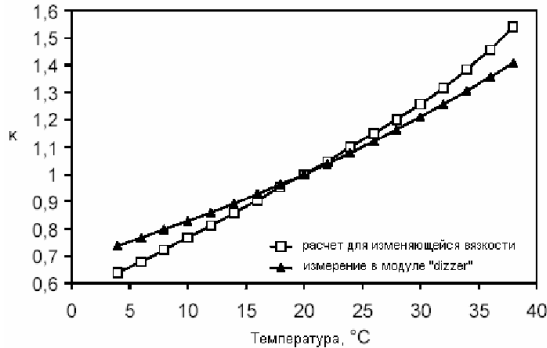


Рис. 7. Температурний поправочний коефіцієнт

**Гідралічний ККД** процесу ультрафільтрації визначається як відношення потоку фільтрату до сумарного потоку вихідної води, що подається на установку. Чим частіше для відновлення проводиться процедура зворотної промивки, тим нижчий гідралічний ККД установки.

$$ККД = \left( \frac{Q_{\text{фільтрата}} \cdot t_{\text{фільтрата}} - Q_{\text{обр. пром.}} \cdot t_{\text{обр. пром.}}}{Q_{\text{фільтрата}} \cdot t_{\text{фільтрата}} - Q_{\text{пряма промивка}} \cdot t_{\text{пряма промивка}}} \right) \cdot 100\%$$

$Q_{\text{фільтрата}}$  = витрата фільтрата ( $\text{м}^3/\text{год}$ ),  $Q_{\text{обр. пром.}}$  = витрата зворотної промивки ( $\text{м}^3/\text{год}$ ),  $Q_{\text{пряма промивка}}$  = витрата прямої промивки ( $\text{м}^3/\text{год}$ ),  $t_{\text{фільтрата}}$  = тривалість фільтроциклу (год),  $t_{\text{обр. пром.}}$  = тривалість зворотної промивки (год),  $t_{\text{пряма промивка}}$  = тривалість прямої промивки (год)

*Рекомендована література: [1, 4, 15]*

#### **Тема 4. Розрахунок обладнання для доочищення оборотних вод гальванічних цехів від іонів важких металів.**

**Приклад.** Продуктивність очисних споруд  $6,25 \text{ м}^3/\text{год}$ . Розрахувати основні параметри пінополістирольного фільтра для доочищення оборотної води від іонів важких металів.

**Розв'язок.** Розрахунки проводимо на витрату  $q_1=6,25 \text{ м}^3/\text{год}$ . Потрібна площа фільтрів,  $\text{м}^2$  визначається за формулою:

$$F_{\phi} = \frac{Q_{\text{доб}}}{V_n (T - t \cdot n) - 3,6 \cdot n \cdot I \cdot t}, \text{ м}^2 \quad (48)$$

$Q_{\text{доб}}$  – добова витрата водоочисного комплексу, м<sup>3</sup>/доб;  
 $T$  – тривалість роботи протягом доби, год.,  $T=16$  год;  $V_{\phi}$  – розрахункова швидкість фільтрування при нормальному режимі роботи, м/год, 6 м/год;  $n$  – кількість промивок за добу,  $n_{\text{пр}}=1$ ;  $I_{\text{пр}}$  – інтенсивність промивки, л/(с·м<sup>2</sup>),  $I_{\text{пр}}=12$  л/(с·м<sup>2</sup>);  $t$  – тривалість промивки, год,  $t=3$  хв.

В якості фільтруючого завантаження використовується спінений полістирол марки ПСВ (ОСТ 6-05-200-83). Спінений фільтруючий матеріал розташовується шарами в послідовності наведеній в таблиці 4.

Таблиця 4

Номер шару	Діаметр вспінених гранул, мм	Товщина шару, мм
1	0,65.....1,0	800
2	1,0.....2,0	200
3	2,0.....4,0	100

Висоту фільтра визначаємо:

$$H_{\phi} = H_z + h_e + h_{\text{под}} + h_p + h_c + h_{\text{год}}, \text{ м} \quad (49)$$

$h_{\text{под}}$  – висота підтримуючого шару,  $h_{\text{под}}=0,2$  м;  $H_z$  – висота завантаження;  $h_e$  – висота шару води над поверхнею завантаження;  $h_c$  – висота шару гравію в середині фільтра,  $h_c=0,3$  м;  $h_p$  – розширення завантаження під час промивки, м;

$$H_{\phi} = 1,1 + 1,6 + 0,55 + 0,35 + 0,2 + 0,1 = 3,9 \text{ м}$$

Витрата води для промивки фільтра:

$$Q = I \cdot F = 14 \cdot 1,5 = 21, \text{ л/с} \quad (50)$$

$I$  – інтенсивність промивки, л/(с·м<sup>2</sup>);  $F$  – площа промивки, м<sup>2</sup>;

Об'єм промивного баку:

$$W_{np} = \frac{Q_{np} \cdot t_{np} \cdot 60}{1000} = \frac{21 \cdot 3 \cdot 60}{1000} = 3,78, \text{ м}^3 \quad (51)$$

### Визначення діаметрів трубопроводів [12, 14]

Діаметр низхідної труби сифону, визначається із умови, щоб швидкість руху води в цій трубі в початковий момент була не менше 0,15 м/с, а під час промивки фільтра – не більше 2,5 м/с. В початковий момент зарядки сифону по його низхідній трубі проходить витрата води  $q_{pn}$ , л/с рівна продуктивності фільтра. Ця витрата визначається за формулою:

$$q_{pn} = \frac{f \cdot V_{pn}}{3,6} = \frac{1,5 \cdot 3,3}{3,6} = 1,36 \text{ л/с} \quad (52)$$

$f$  – площа одного фільтра, м<sup>2</sup>;  $V_{pn}$  – розрахункова швидкість фільтрування, м/с.

Швидкість руху води  $V_{\phi}$ , м/с в низхідній трубі сифону в початковий момент його зарядки визначається:

$$V_{\phi} = \frac{q_{pn}}{1000 \cdot w_1} \quad (53)$$

$w_1$  – площа живого перерізу низхідної труби сифона, м<sup>2</sup>, яка визначається за формулою:

$$w = 0,785 \cdot d^2 \quad (54)$$

$d_1$  – діаметр низхідної труби сифону, м.

Під час промивки фільтру по сифону рухається сумарна витрата вихідної та промивної води. Ця сумарна витрата визначається за формулою:



$$Q_c = q_{pn} + q_{np} \quad (55)$$

$Q_c$  – сумарна витрата, л/с;  $q_{np}$  – розрахункова промивна витрата.

$$q_{np} = I \cdot f = 12 \cdot 1,5 = 18 \text{ л/с} \quad (56)$$

$q_{np}$  – продуктивність одного фільтра, м<sup>3</sup>/год

$$Q_c = 1,4 + 18 = 19,4 \text{ л/с}$$

Діаметр висхідної труби сифону визначаємо виходячи з умови, щоб швидкість руху води в цій трубі під час промивки не перевищувала 1,0 м/с. Діаметр висхідної труби –  $d_{\text{вис}}=100$  мм ( $q=19,4$  л/с,  $V=0,99$  м/с,  $1000i=12$ ), діаметр низхідної труби –  $d_{\text{нис}}=150$  мм ( $q=18$  л/с,  $V=1,76$  м/с,  $1000i=14,5$ ).

$$w_{\text{нис}} = 0,785 \cdot 0,1^2 = 0,0079 \text{ м}^2$$

$$w_{\text{вис}} = 0,785 \cdot 0,15^2 = 0,0177 \text{ м}^2$$

Діаметр трубки зриву вакууму:

$$w_{\text{вак}} = (0,015 \dots 0,02) w_{\text{нисх}}, \text{ м}^2 \quad (57)$$

$$w_{\text{вак}} = 0,015 \cdot 0,008 = 0,00012 \text{ м}^2$$

$$d = \sqrt{\frac{4w_{\text{вак}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,00012}{3,14}} = 0,0123 \text{ м} = 12,3 \text{ мм}$$

Приймаємо  $d_{\text{вак}}=15$  мм.

Розраховуємо втрати напору при промивці:

$$\sum h = h_{\text{др}} + h_{\text{нід}} + h_{\text{зав}} + h_{\text{нисх}} + h_{\text{висх}}, \text{ м} \quad (58)$$

$h_{\text{др}}$  – втрати напору в дренажній системі,  $h_{\text{др}}=0,3$  м;  
 $h_{\text{нід}}$  – втрати напору в підтримуючих шарах, м;  $h_{\text{зав}}$  – втрати напору в завантаженні, м;  $h_{\text{нисх}}$  – втрати напору в низхідній гілці сифону, м;  $h_{\text{висх}}$  – втрати напору в висхідній гілці сифону, м;

$$h_{зав} = 0,8 \cdot H_{зав} = 0,8 \cdot 1,5 = 1,2 \text{ м} \quad (59)$$

$$h_{ніди} = 0,022 \cdot I \cdot h_{ніди} = 0,022 \cdot 12 \cdot 0,3 = 0,08 \text{ м} \quad (60)$$

$I$  - інтенсивність промивки, л/с;  $h_{нідри}$  - висота підтримуючого шару, м;

Втрати напору в сифоні визначаються:

$$h = \frac{1000i}{1000} l, \text{ м} \quad (61)$$

$l$  - довжини висхідної та низхідної гілок сифону, м.

$$h_{висх} = \frac{12}{1000} \cdot 1,5 = 0,018 \text{ м},$$

$$h_{нисх} = \frac{56}{1000} \cdot 3,5 = 0,19 \text{ м},$$

$$\sum h = 0,1 + 0,08 + 1,2 + 0,018 + 0,19 = 1,59 \text{ м}$$

Варіанти витрат стічних вод необхідних для розрахунків необхідно обирати за додатком 2.

Рекомендована література: [12, 14]

## 11. САМОСТІЙНА РОБОТА

Самостійна робота здобувача вищої освіти є невід'ємною складовою освітнього процесу. Це основа навчання, спрямована на формування самостійності майбутнього фахівця, уміння здійснювати самостійний пошук, системний аналіз та узагальнення навчально-методичної та наукової інформації, професійно важливих дій до самопідготовки у процесах виробничої практики, здатності приймати конструктивні рішення тощо.

Метою самостійної роботи є підвищення конкурентоспроможності майбутніх фахівців на світовому

ринку праці через формування їхніх вмій та ключових навичок. Підсумком самостійної роботи над вивченням дисципліни «Інженерні системи та споруди об'єктів водопостачання та водовідведення» є складання письмового звіту за питаннями, що не розглядаються під час аудиторних занять.

### **11.1. Завдання для самостійної роботи**

1. Теплові пункти в сучасних житлових комплексах. Їх роль та технологічне устаткування [2, 9, 11].
2. Системи аварійного гарячого водопостачання [2, 9, 11].
3. Установки для перекачування та очищення стоків [2, 5, 11].
4. Які стічні води заборонені до скиду у водні об'єкти. Наслідки — теплового забруднення водоймищ [1, 4, 8].
5. Системи дощової та загально сплавної каналізації на підприємствах, можливість використання цих систем на виробництві [1, 4, 10].
6. Технологія монтажу ємностей для акумуляції дощового стоку [6].
7. Сучасні системи водопостачання-водовідведення торгівельно-розважальних центрів.
8. Монтаж внутрішніх інженерних систем в торгівельно-розважальних центрах [2, 10].
9. Інноваційні методи та обладнання для санації та відновлення каналізаційних мереж [5, 8].
10. Сучасні методи та заходи з охорони праці при відновленні трубопроводів [5, 8].
11. Вимоги до основного технологічного обладнання та споруд замкнених систем водопостачання підприємств хімічної промисловості [1, 4].
12. Безстічні системи водопостачання на підприємствах теплоенергетики [1, 4].
13. Управління роботою локальних оборотних циклів водопостачання цехів машинобудівельного заводу [1, 4].
14. Схеми монтажу конструкцій водоочисних споруд [7].
15. Особливості розрахунку, монтажу та експлуатації блоків ємностей [6].

## 11.2. Оформлення звіту про самостійну роботу

Підсумком самостійної роботи над вивченням дисципліни є складання письмового звіту за темами, вказаними в пункті 11.1. Звіт оформлюється на стандартному папері формату А4 (210х297) з одного боку. Поля: верхнє, праве – 10 мм, нижнє – 17 мм, лівє – 20 мм. У тексті повинні бути зазначені посилання на використану літературу. Звіт може бути рукописним або друкованим і виконується українською мовою. На титульній сторінці звіту мають бути зазначені назва кафедри, тема самостійно ї роботи, прізвище та ініціали здобувача вищої освіти, група, прізвище та ініціали викладача, який приймає роботу, посада.

Загальний обсяг звіту – 10-15 сторінок. Звіт включає план, основну частину, висновки, список використаної літератури та додатки. Здача звіту про самостійну роботу відбувається у терміни, спільно обумовлені викладачем і здобувачем вищої освіти.

### Рекомендована література

#### Базова

1. Айрапетян Т. С. Водне господарство промислових підприємств : навчальний посібник / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. Х. : ХНАМГ, 2010. 280 с.

2. Інженерне обладнання будівель / В. С. Кравченко, Л. А. Саблій, В. І. Давидчук, Н. В. Кравченко. Київ : Видавничий дім Професіонал, 2008. 480 с.

3. Ковальчук В. А. Очистка стічних вод : навчальний посібник. Рівне : ВАТ «Рівненська друкарня», 2003. 622 с.

URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/15447/>

4. Орлов В. О., Литвиненко Л. Л., Орлова А. М. Водопостачання промислових підприємств : навчальний посібник. К. : Знання, 2014. 278 с.

5. Орлов В. О., Литвиненко Л. Л., Квартенко О. М. Обладнання та експлуатація систем водопостачання та водовідведення : навчальний посібник. Рівне : НУВГП, 2011. 288 с. <http://ep3.nuwm.edu.ua/2175/>

6. Савйовський В. В., Молодід О. С. Зведення спеціальних будівель і споруд : навчальний посібник. К. : Видавництво Ліра-К., 2018. 248 с.

#### **Допоміжна література:**

7. ДБН В.2.5-74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. Київ, 2013. 287 с.

8. ДБН В.2.5-75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. Київ, 2013. 134 с.

9. ДБН В.2.5-64:2012. Внутрішній водопровід та каналізація. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво. Київ : Мінрегіонбуд України, 2013

10. О. Kvartenko, A. Lysytsya, N. Kovalchuk, I. Prysiazhniuk, O. Pletuk Combined treatment technology for storm runoff and circulating waters from vehicle transport enterprises. *Journal of Water and Land Development*. 2021, No. 50 (VI–IX): 180–186.

11. Кравченко В. С., Проценко С. Б., Кравченко Н. В. Розрахунок систем інженерного обладнання будівель: Навчальний посібник / За ред. В. С. Кравченка. Рівне : НУВГП, 2012. 440 с.

12. Орлов В. О., Квартенко О. М., Мартинов С. Ю., Гордієнко Ю. І. Знезалізнення підземних вод для питних цілей : монографія. Рівне : УДУВГП, 2003. 155 с.

13. Саблій Л. А., Бунчак О. М., Жукова В. С., Россінський В. М. Обладнання та проектування в біоенергетиці та водоочищенні і управління безпекою праці. Рівне : НУВГП, 2016. 356 с.

14. Сафонов М. А., Квартенко О. М., Сафонов О. М. Самопромивні водочисні установки (технологія, конструкції, розрахунок) : монографія / під редакцією Сафорова М. А. Рівне : Видавництво РДТУ, 2000. 155 с.

15. Світ сучасної водопідготовки. Методи і матеріали. / Мітченко Т. Є., Пономарьов В. Л., Светлейша О. М., Макарова Н. В. та інш. / Київ, ВУВТ WATERNET, 2019. 134 с

## Додаток 1

Показники якості води на заводі з виробництва чіпсів  
(лінія мийки картоплі)

Показники	Одиниця виміру	Якість води на виході з лінії мийки картоплі	Вимоги до води на вході в лінію мийки картоплі
БПК <sub>20</sub>	мг/дм <sup>3</sup>	600-950	15
Завислі речовини	мг/дм <sup>3</sup>	5000-8000	15
ХПК	мг/дм <sup>3</sup>	1000-1800	50
Сухий залишок	мг/дм <sup>3</sup>	1700	1000
Загальний азот	мг/дм <sup>3</sup>	50-80	15
Фосфати	мг/дм <sup>3</sup>	5-10	5
Загальна лужність	ммоль/дм <sup>3</sup>	13-15	8
pH	одиниць	7,0	6
Жири	мг/дм <sup>3</sup>	5-20	0,4
ПАВ	мг/дм <sup>3</sup>	1-3	0,1
Азот амонійний	мг/дм <sup>3</sup>	5-10	3

## Додаток 2

№	Q, м <sup>3</sup> /год	p, кг/м <sup>3</sup>	U, мм/с	W %	γ т/м <sup>3</sup>	C <sub>max</sub> кг/м <sup>3</sup>	C <sub>ср</sub> кг/м <sup>3</sup>
1	10	3,7	12,5	55	1,7	5,7	3,5
2	25	2,6	10,8	65	1,8	4,5	3,3
3	5,5	3,0	13,6	70	1,5	3,5	2,8
4	15	4,15	12,5	60	1,8	5,3	4,7
5	30	3,3	13,7	65	1,5	5,5	4,5
6	6,7	2,5	15,0	58	1,3	4,7	3,7
7	10	4,15	14,5	60	1,5	5,3	4,7
8	6,5	2,5	13,9	70	1,25	3,7	3,3
9	7,5	3,5	10,5	58	1,5	5,0	4,3

**Показники якості води дощового та оборотного  
стоку**

№	Показники	Концентрація інгредієнтів			
		Вихідна вода після автомийки	Вихідна дощова вода	Очищен вода з автомийки (зворотня)	Очищена вода, яка скидається у водойму
1	Завислі речовини, мг/дм <sup>3</sup>	80-1200	10-2000	40-50	10-20
2	Нафтопродукти, мг/дм <sup>3</sup>	15-500	10-800	5-10	До 0,5
3	ХСК, мгО/дм <sup>3</sup>	50-1000	10-1000	5-20	2-5
4	БСКповн, мгО/дм <sup>3</sup>	30-400	4-400	3-10	До 3

№	Q, м <sup>3</sup> /Год	p, кг/м <sup>3</sup>	U, мм/с
1	100	3,7	1,20
2	250	2,6	0,58
3	55	3,0	0,25
4	150	4,15	0,15
5	125	3,3	0,35
6	67	2,5	0,50
7	180	4,15	0,23
8	85	2,5	0,73
9	75	3,5	0,18