

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**ЗБІРНИК МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК  
до практичних робіт  
з дисципліни „Екологія міських систем”**

для студентів 3 курсу  
напряму підготовки „Екологія”

**Одеса 2006**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**ЗБІРНИК МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК  
з дисципліни „Екологія міських систем”**

для студентів 3 курсу  
напряму підготовки „Екологія”

„Затверджено”  
на засіданні кафедри прикладної  
екології  
Протокол № \_\_ від \_\_\_\_\_ 2006 р.  
Зав. кафедрою \_\_\_\_\_ Сафранов Т. А.

„Затверджено”  
на засіданні методичної комісії  
природоохоронного факультету  
Протокол № \_\_ від \_\_\_\_\_ 2006 р.  
Декан \_\_\_\_\_ Шекк П.В.

**Одеса 2006**

Збірник методичних вказівок до практичних робіт з дисципліни „Екологія міських систем” для студентів III курсу денної форми навчання за напрямом підготовки „Екологія” /Укладачі: Шаніна Т.П., Кузьміна В.А. – Одеса, ОДЕКУ, 2006 . – 81 с., укр. мова.

## ЗМІСТ

ВСТУП	3
1. Визначення об'ємів води водопостачання міста	4
2. Розрахунок коефіцієнту використання води на підприємстві	18
3. Розрахунок кількості води, необхідної для підживлення та граничного вмісту солей	23
4. Розрахунок водоспоживання підприємствами	26
5. Оцінка якості води для господарсько-питних потреб та потреб виробництва	33
6. Вибір технологічної схеми очистки води і складу споруд	47
7. Розрахунок доз реагентів	50
8. Оцінка виносу забруднювальних речовин поверхневим стоком з урбанізованих територій	54
9. Розрахунок розводження в річках, озерах та водосховищах	61
10. Розрахунок необхідного ступеня очистки стічних вод перед скидом їх у водойми	66
11. Техніко-економічні показники усереднювача, решітки, пісколовки	68
ЛІТЕРАТУРА	81

ВСТУП

Навчальна дисципліна „Екологія міських систем” належить до професійно-орієнтованого циклу і викладається для підготовки бакалаврів за напрямом „Екологія” за спеціальністю 7.070801 „Екологія та охорона навколишнього середовища”.

Знання основ водоспоживання, каналізації сучасних міст визначає рівень соціальної забезпеченості населення, масштаби розвитку промисловості. Споживання води досягло таких масштабів. Що природні ресурси не здатні забезпечити необхідну їй кількість. Значні об’єми скидних стічних вод піддаються частковій очистці, і там, де вона недостатньо ефективна, відбувається забруднення джерел водоспоживання, погіршується екологічна обстановка не тільки в окремих містах, а і в цілих районах.

Студенти, що навчаються повинні добре *знати* основні схеми водопостачання та водовідведення, вимоги до якості води джерел водопостачання та стічних вод, які надходять до водних об’єктів, а також методи водопідготовки для потреб водопостачання та при скидах стічних вод. Найбільш тісно дисципліна пов’язана з дисциплінами: „техноекологія”, „Моніторинг довкілля”. Використовується при вивченні курсів „Екологічна безпека”, „Наслідки забруднення токсичними речовинами”.

В результаті освоєння практичного курсу студенти повинні *вміти* розраховувати об’єм води на водоспоживання для різних потреб, коефіцієнт використання води на підприємствах, кількість води, необхідної для підживлення та граничного вмісту солей, орієнтовного об’єму стічних вод, їхньої якості та техніко-економічні показники очисних споруд.

Контроль поточних знань: виконання домашніх завдань, опитування на практичних заняттях та в письмовій формі на лекційних заняттях. Атестація по дисципліні виставляється в указаний час якщо студент отримав не менше 50% від максимально можливої суми балів.

## **1 ВИЗНАЧЕННЯ ОБ’ЄМІВ ВОДИ ВОДОПОСТАЧАННЯ МІСТА**

Проектування водопостачання міста (району, промислового підприємства або їх комплексу) починається з визначення кількості води і режиму її витрати на перспективний (розрахунковий) період. Величина водоспоживання об'єктом визначається в кубічних метрах за добу максимального та добу середнього за рік споживання води. Всі водопровідні спорудження розраховуються за умов забезпечення максимального водоспоживання в кінці розрахункового періоду, а техніко-економічні показники – за умов середнього за рік.

Оскільки кожний об'єкт, для якого проектується водоспоживання, включає різні категорії споживачів, які мають свої норми водоспоживання і свої режими витрати води, кількість її визначається окремо для кожної категорії споживачів.

Кількість води, яку споживає кожна категорія споживачів, визначається як додавання споживачів на норму водоспоживання, а добовий розхід всього об'єкта як сума складових за окремими категоріями споживачів:

$$Q = \sum N_{ж}q_{ж} + \sum N_{п}q_{п} + \sum N_{р}q_{р} + \sum N_{т}q_{т}, \quad (1.1)$$

де  $Q$  – загальна кількість води, яка споживається за добу об'єктом;

$N_{ж}, N_{п}, N_{р}, N_{т}$  – число споживачів води за категоріями: населення, площа поливки, робітники та службовці на підприємствах, одиниця продукції або технологічних обладнань;

$q_{ж}, q_{п}, q_{р}, q_{т}$  – відповідні цим категоріям норми водоспоживання.

Повне водоспоживання **Опов** окрім добового розходу об'єкта враховує також розхід води на потреби водопроводу **Qс.п** (періодичну промивку мережі, фільтрів, видалення осаду із резервуарів і т.п.) і визначається за формулою:

$$Q_{пов} = Q + Q_{с.п} = Q + \alpha Q, \quad (1.2)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт, який враховує потреби водопроводу; для попередніх розрахунків може бути прийнятий від 0,05 до 0,10.

**Розхід води на господарсько-питні потреби населення.** Розхід (середній за рік) добовий розхід води на господарсько-питні потреби населення, м<sup>3</sup>/с, визначається в залежності від розрахункового числа мешканців і норм водоспоживання за формулою:

$$Q_{доб.сер.} = \sum (N_{жі}q_{жі}/1000), \quad (1.3)$$

де  $N_{жі}$  – розрахункова кількість мешканців і-го району міста, яка визначається за площею району та густотою населення  $p_{жі}$ :

$$N_{жi} = F_i \cdot q_{жi} \quad (1.4)$$

де  $q_{ж}$  – норма водоспоживання на господарсько-питні потреби населення і-го району.

Норму водоспоживання визначають за таблицею 1.1 залежності від санітарно-технічного обладнання будівель, а також від географічного розташування об'єкту водопостачання.

Більші значення витрат (в межах вказаних норм) слід приймати для південних районів, а менші – для північних.

Таблиця 1.1– Норми господарсько-питного водоспоживання для населених пунктів

Ступінь благоустрою районів житлової забудови	Норма водоспоживання на 1 мешканця (середньодобова за рік), л/доб
Забудова будинками обладнаними внутрішнім водопроводом і каналізацією:	
без ванн	125-160
з ваннами та місцевими водонагрівачами	160-230
з ваннами та централізованим гарячим водопостачанням	230-350
Забудова будинками з водокористуванням з водорозбірних колонок	30-50

При визначенні  $Q_{доб}$  витрати води для будинків відпочинку, санаторіїв, піонерських таборів та подібних їм установ, якщо вони розташовані на території населеного пункту, потрібно враховувати додатково (табл. 1.2).

Оскільки витрата господарсько-питної води не є постійною і змінюється впродовж року, при проектуванні необхідно визначати також розрахункові витрати води за добу найбільшого і найменшого водоспоживання,  $m^3/доб.$ , за формулою:

$$Q_{доб.макс} = K_{доб.макс} Q_{доб.сер} \quad (1.5)$$

$$Q_{доб.мін} = K_{доб.мін} Q_{доб.сер} \quad (1.6)$$

де  $K_{доб.Макс} = 1,1 \div 1,3$  та  $K_{доб.мін} = 0,7 \div 0,9$  – відповідно максимальний і мінімальний коефіцієнти добової нерівномірності споживання, який враховує спосіб життя населення, режим роботи підприємств, ступінь благоустрою будівель, зміна водоспоживання за сезонами року і днями тижня.



Таблиця 1.2. - Норми господарсько-питного водоспоживання для будинків відпочинку, санаторіїв та піонерських таборів

Водоспоживачі	Вимір	Норми водоспоживання, л/доб.
Лікарні, санаторії та будинки відпочинку загального типу	1 койка	250-300
Санаторії та будинки відпочинку з ваннами у всіх кімнатах	-“-	300-400
Лікарні з грязелікуванням	-“-	400-500
Пансіонати і готелі з загальними ваннами	1 мешканець	100-120
Пансіонати і готелі з ваннами в окремих номерах	-“-	200-400
Школи-інтернати	1 місце	200-220
Піонерські табори	-“-	200-250

Розрахунок витрати води на господарсько-питні потреби населення слід починати з аналізу вихідних даних на проектування: плану об'єкту водопостачання, густоти населення по районах, географічного розташування об'єкту.

За формулою (1.4) розраховується чисельність мешканців за районами і встановлюються норми водоспоживання, за формулою (1.3) визначається середньодобова витрата води на господарсько-питні потреби населення, а за формулою (1.5) – витрата води за добу максимального водоспоживання. Одночасно розраховується коефіцієнт годинної нерівномірності водоспоживання по районах або для всього міста за формулами:

$$K_{г.макс} = \alpha_{макс} \beta_{макс} ; \quad (1.7)$$

$$K_{г.мін} = \alpha_{мін} \beta_{мін}, \quad (1.8)$$

де -  $\alpha$  - коефіцієнт, який враховує ступінь благоустрою будинків, режим роботи підприємств і інші місцеві умови, приймається як:  $\alpha_{макс} = 1,2 \div 1,4$  і  $\alpha_{мін} = 0,4 \div 0,6$ ,  $\beta$  – коефіцієнт, який враховує кількість мешканців в районі або населеному пункті; мають такі значення:

Кількість мешканців в	1	1,5	2,5	4	6	10	20	50	100	300	1000 і більше
-----------------------	---	-----	-----	---	---	----	----	----	-----	-----	---------------

населеному пункті, тис. чол. (до)											
$\beta_{\text{Макс}}$	2	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.15	1.1	1.05	1
$\beta_{\text{мін}}$	0.1	0.1	0.1	0.2	0.25	0.4	0.4	0.6	0.7	0.85	1

Визначення розрахункових годинних витрат води у години максимального та мінімального водоспоживання:

$$q_{z,\text{макс}} = (K_{z,\text{макс}} Q_{\text{добмакс}}) : 24 \quad (1.9)$$

$$q_{z,\text{мін}} = (K_{z,\text{мін}} Q_{\text{добмін}}) : 24 \quad (1.10)$$

Всі розрахунки зручно проводити у вигляді таблиці 1.3, в яку заносяться вихідні дані, норми водоспоживання за табл. 1.1, результати розрахунків.

Таблиця 1.3 - Добові витрати води на господарсько-питні потреби населення

Райони міста	Площа району, га	Густина населення, чол./га	Розрахункова кількість мешканців, чол.	Середньомісячна норма водоспоживання на 1 мешканця л/ліб	Коефіцієнти добової нерівномірності		Добові витрати води, м <sup>3</sup> /діб		
					$K_{\text{добмакс}}$	$K_{\text{добмін}}$	$Q_{\text{сер. доб}}$	$Q_{\text{добмакс}}$	$Q_{\text{добмін}}$
<b>ВСЬОГО</b>									

**Розхід води на миття, вулиць, площ й поливку зелених насаджень.** Розхід води на миття вулиць, проїздів, площ й поливку зелених насаджень у містах. Селищах та промислових підприємствах визначають за формулою:

$$Q_n = \sum N_{ni} q_{ni}, \quad (1.11)$$

де  $N_{ni}$ - площа, вулиць, проїздів і зелених насаджень, які миються і поливаються;

$q_{ni}$ - норми витрати води на одну мийку або поливання в залежності від типу покриття вулиць, типу насаджень, кліматичних умов, виду поливки. Для розрахунків при проектуванні норми розходу води слід приймати за табл. 1.4.

Таблиця 1.4. – **Норми розходу води на миття вулиць, проїздів, площ і поливання зелених насаджень**

Призначення води	Норма розходу води на одне поливання або миття, л/м <sup>3</sup>
Механізоване миття удосконалених покриттів міських вулиць і площ	1,2-1,5
Механізоване миття удосконалених покриттів заводських вулиць і площ	0,3-0,4
Миття вручну (із шлангів) удосконалених покриттів тротуарів і вулиць	0,4-0,5
Поливання зелених насаджень парків	3-4
Поливання газонів і квітників	4-6

Примітка: Кількість мийок та поливань призначають в кожному окремому випадку в залежності від місцевих кліматичних умов.

Розрахунок проводиться у вигляді таблиці 1.5.

Таблиця 1.5. **Добовий розхід води на поливання вулиць і зелених насаджень**

Район міста	Вулиці, проїзди, площі			Зелені насадження			Загальний розхід на поливання і миття, м <sup>3</sup>
	Площа, га	Норма розходу води, м <sup>3</sup> /га	Розхід води, м <sup>3</sup> /га	Площа, га	Норма розходу води, м <sup>3</sup> /га	Розхід води, м <sup>3</sup> /га	
Всього							

**Розхід води на господарсько-питні потреби промислових підприємств.** Для розрахунку розходу води за цією категорією водоспоживання перш за все повинно бути встановлене по кожному підприємству: кількість робітників, зайнятих на виробництві в максимальну зміну, окремо в “гарячих” цехах, і визначено в залежності від групи виробничого процесу чисельність душових сіток, якими користуються працівники в найбільш численну зміну. Окрім цього, слід встановити чисельність працівників, які користуються душею в кожен зміну. Тільки після цього можна приступати до розрахунку води на господарсько-питні потреби по окремих підприємствах, використовуючи формулу:

$$Q_p = \sum N_{pi} q_{pi} = \sum N_g q_g + \sum N_o q_o + \sum n_d q_d \quad , \quad (1.12)$$

де  $N_g$  – кількість робітників, працюючих в “гарячих” цехах, тобто в цехах з тепловиділенням більше 20 ккал на 1 м<sup>3</sup>/ч;  $N_o$  – кількість

працюючих в решті цехів;  $n_d$ - число душових сіток, які використовуються впродовж доби, що визначається за співвідношенням загальної кількості працюючих, які користуються однією душовою сіткою по закінченні зміни,  $N_{д1}$ :

$$n_d = \frac{N_d}{N_{д1}} \quad (1.13)$$

де  $q_r$  - норма розходу води на одну людину, що працює в “гарячому” цеху в зміну;  $q_o$ - те ж саме для працюючих в інших цехах;  $q_d$  – норма розходу води на одну душову сітку впродовж прийнятого часу її роботи по закінченні зміни.

Норми господарсько-питного водоспоживання і коефіцієнти нерівномірності розходу води на промислових підприємствах приймаються рівними: в цехах з тепловиділенням більше 20 ккал на 1 м<sup>3</sup>/год -  $q_r= 45$  л на 1 чоловіка в зміну з коефіцієнтом годинної нерівномірності  $K_r = 2,5$ ; в решті цехів  $q_o=25$  л на 1 чоловіка в зміну з  $K_r = 3$ .

Годинний розхід води на одну душову сітку на промислових підприємствах слід приймати 500л, а тривалість користування душем – 45 хвилин (після закінчення зміни). Тобто, для розрахунків  $q_d= (500 \times 45) : 60 = 375$  л. Число душових сіток, що встановлюються на підприємстві, визначають за кількістю чоловік, які користуються душем в максимальну зміну, і кількістю чоловік, які обслуговуються однією душовою сіткою,  $N_{д1}$  в залежності від групи виробничих процесів у відповідності до таблиці 1.6.

Таблиця 1.6. – Розрахункова кількість чоловік на одну душову сітку

Група виробничих процесів	Санітарні характеристики виробничих процесів	Розрахункова кількість чоловік на 1 душову сітку
I	Які не викликають забруднення одягу та рук	15
	Які викликають забруднення одягу та рук	7
II	З використанням води	5
	З виділенням великих кількостей пилу або особливо забруднюючих речовин	3

Загальний розхід води на господарсько-питні потреби всіх промислових підприємств міста визначається як сума розходів води по окремим підприємствам, розрахованих за формулою (1.11).

**Розхід води на виробничі потреби промислових підприємств .**  
Розрахунок розходу води на виробничі потреби промислових підприємств

слід починати з аналізу характеру використання води, а також можливих схем водопостачання цих об'єктів. В результаті цього аналізу обирається найбільш доцільна схема водопостачання об'єкту.

При проектуванні норми розходу води для різних цілей виробництва, а також відновлення втрат в оборотних системах повинні прийматись за указанням технологів даної галузі, на основі передового досвіду або науково обґрунтованого розрахунку.

Розрахунковий розхід на виробничі потреби підприємства визначаються із залежності:

$$Q_T = \sum N_T q_T, \quad (1.14)$$

де  $N_T$  – об'єм продукції, що випускає підприємство;

$q_T$  – норма розходу води на одиницю продукції.

**Розхід води на потреби пожежегасіння.** Розрахунковий розхід води на пожежегасіння не входить в розрахункову суму добового водоспоживання міста, однак його значення необхідно знати для перевірки мережі водопроводу на пропуск необхідних кількостей води на гасіння пожеж.

Розрахунковий розхід води на зовнішнє пожежегасіння і розрахункове число одночасних пожеж при проектуванні і реконструкції населених міст слід приймати за таблицею 1.7.

Розхід води і розрахункова кількість одночасних пожеж для населених пунктів з кількістю мешканців більше 2 млн. чол. встановлюється в кожному окремому випадку в будівлі на проектування по узгодженню з органами державного пожежного нагляду.

Розхід води на гасіння пожеж на території промислових підприємств визначають у відповідності з даними табл. 1.8, а розрахункове число одночасних пожеж – за умови:

1 пожежа – при площі території підприємства менш 150 га;

2 пожежі – при площі території підприємства 150 га і більше.

Розхід води на гасіння пожеж на території підприємства розраховується по будівлям, для гасіння яких необхідний найбільший розхід води. Для об'єднаного (виробничого та протипожежного) водопроводу розрахункове число одночасних пожеж слід приймати: при площі території підприємства до 150 га і кількості мешканців в населеному пункті до 10 тис. – 1 пожежа (на підприємстві або в населеному пункті – за більшим розходом) і 2 пожежі (один на підприємстві і один в населеному пункті) – при чисельності мешканців в населеному пункті від 10 до 25 тис.

**Таблиця 1.7.- Розрахунковий розхід води на зовнішнє пожежегасіння і розрахункове число одночасних пожеж в населених пунктах**

Кількість	Розрахунко-	Розхід води на 1 пожежу	Кількість	Розрахунко-	Розхід
-----------	-------------	-------------------------	-----------	-------------	--------

мешканців в населеному пункті, тис. чол. (до)	ве число одночасних пожеж	для будівель		мешканців в населеному пункті, тис. чол. (до)	ве число одночасних Пожеж	води на 1 пожежу для будівель висотою в з поверхи і більше
		до 2 поверхів включно	3 поверхи і більше			
5	1	10	10	400	3	70
10	1	10	15	500	3	80
25	2	10	15	600	3	85
50	2	20	25	700	3	90
100	2	25	35	800	3	95
200	3	-	40	1000	3	100
300	3	-	55	23000	4	100

**Таблиця 1.8.- Норми розходу води на зовнішнє пожежегасіння  
Для промислових підприємств**

Ступінь вогнестійкості	Категорія виробництва за пожежною безпекою	Розхід води на 1 пожежу, л/с, для будівлі												
		З ліхтарями і без них шириною при об'ємі будівель, тис.м <sup>3</sup>							без ліхтарей шириною 60 м і більше при об'ємі будівель, тис.м <sup>3</sup>					
		До 3	3-5	5-20	20-50	50-200	200-400	Більше 400	До 50	50-100	100-200	200-300	300-400	400-500
I і II	Г, Д	10	10	10	10	15	20	25	10	15	20	25	30	35
I і II	А., Б, В	10	10	15	20	30	35	40	20	30	40	50	60	70
III	Г, Д	10	10	15	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
III	В	10	15	20	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-
IV і V	Г, Д	10	15	20	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-
IV і V	В	15	20	25	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Розрахункова тривалість пожежі у всіх випадках (в населеному пункті або підприємстві) приймається трьома годинами.

Подача повного розрахункового розходу води на гасіння пожежі повинна бути забезпечена при найбільшому годинному розході води на інші потреби. При цьому розходи води на поливання території, прийом душу, миття полів у промислових будівлях і миття технологічного обладнання на повинно враховуватись.

Розхід води на гасіння пожеж у будівлях, обладнаних пожежними кранами повинен враховуватись додатково до норм розходу води на зовнішнє пожежегасіння. Норми розходу води на внутрішнє пожежегасіння у виробничих будівлях незалежно від їх об'єму і в громадських і в житлових помешканнях об'ємом більше 25 тис. м<sup>3</sup> слід приймати не менш 5 л/с х, у допоміжних будівлях, в громадських і в

житлових помешканнях об'ємом менше 25 тис. м<sup>3</sup> слід приймати не менш 2,5 л/с.

Системою водопостачання окрім забезпечення розрахункових розходів води на пожежегасіння, повинна бути передбачена можливість відновлення недоторканого протипожежного запасу впродовж 24 годин – в населених місцях і на підприємствах з виробництвом категрій А, Б, і В і впродовж 36 годин – на підприємства з категорією Г і Д.

### *Приклад розрахунку*

Визначити добові розрахункові розходи води і розходи води на пожежегасіння за таких вихідних даних:

- густота населення – 380 чол./га;
- площа міста – 216,77 га;
- норма водопостачання – 315 л/доб;
- етажність забудови – 6 поверхів;
- підприємство – тракторний завод;
- виробництво підприємства – 120 т/доб;
- кількість працюючих – 4500 чол.;
- кількість працюючих у зміну – 1900 чол.

Розрахункова кількість населення визначається за формулою 1.4

$$N_{\text{жгі}} = 380 \cdot 216,77 = 82373 \text{ чол.},$$

**Середній добовий розхід води на господарсько-питні потреби** визначається за формулою 1.3

$$Q_{\text{сер. доб.}} = (82373 \cdot 315)/1000 = 25947,495 \text{ м}^3/\text{дїб}$$

Максимальний добовий розхід води визначається за формулою 1.5

$$Q_{\text{макс. доб.}} = 25947,495 \cdot 1,3 = 33731,7435 \text{ м}^3/\text{дїб}$$

Максимальний годинний розхід води визначається за формулою 1.9

$$Q_{\text{макс. год}} = (33731,7435 \cdot 1,3 \cdot 1,118)/24 = 2042,738 \text{ м}^3/\text{год} .$$

Максимальний секундний розхід води визначається як

$$Q_{\text{макс. сек}} = Q_{\text{макс. год}} / 3600 \quad Q_{\text{макс. сек}} = 2042,738/3600 = 0,567 \text{ м}^3/\text{с}$$

Максимальний добовий розхід води на поливання вулиць та площ визначається за формулою 1.11, якщо площа вулиць і площ – 1870700 кв.м; число поливань -2; поливається 10% від усієї площі; норма поливань визначається згідно таблиці 1.4

$$Q_{\text{макс. доб пол}} = (180700 \cdot 0,3 \cdot 2 \cdot 0,1)/1000 = 10,84 \text{ м}^3/\text{діб.}$$

Максимальний годинний розхід води визначається як

$$Q_{\text{макс. год}} = 10.84/24 = 0,45 \text{ м}^3/\text{год} .$$

Максимальний секундний розхід води визначається як

$$Q_{\text{макс. сек}} = 0,45/3600 = 0,000125 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Максимальний добовий розхід води на поливання зелених насаджень визначається за формулою 1.11, якщо площа зелених насаджень – 542900 кв.м; число поливань -2; поливається 15% від усієї площі; норма поливань визначається згідно таблиці 1.4

$$Q_{\text{макс. доб пол}} = (542900 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 0,15)/1000 = 651,48 \text{ м}^3/\text{діб.}$$

Максимальний годинний розхід води визначається як

$$Q_{\text{макс. год}} = 651,48/24 = 27,15 \text{ м}^3/\text{год} .$$

Максимальний секундний розхід води визначається як

$$Q_{\text{макс. сек}} = 27,15/3600 = 0,00754 \text{ м}^3/\text{с.}$$

#### **Розхід води на потреби підприємства.**

Оскільки завод працює у три зміни і при цьому в холодних цехах працює 80%, а в гарячих 20%, в максимальну зміну працює 1900 чоловік, середній годинний розхід води розраховується з урахування чисельності робітників та норм питного водоспоживання у холодних та гарячих цехах.

$$Q_{\text{сер. год}} = (0,045 \cdot 900 + 0,025 \cdot 3600)/24 = 5,44 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Розрахунковий максимальний годинний і секундний розходи повинні прийматися по зміні, в якій працює найбільша кількість працюючих з урахування нерівномірності водоспоживання у гарячих та холодних цехах.

$$Q_{\text{макс. год}} = (0,045 \cdot 380 \cdot 2,5 + 0,025 \cdot 1520 \cdot 3)/8 = 19,6 \text{ м}^3/\text{год.}$$



Максимальний секундний розхід води розраховується як

$$Q_{\text{макс. сек}} = 19,6/3600 = 0,00544 \text{ м}^3/\text{с}.$$

**Розхід води на виробничі потреби** повинні прийматися за даними технологів підприємства. Максимальний добовий розхід підприємств на виробничі потреби

$$Q_{\text{макс. доб}} = 120 \cdot 45 = 5400 \text{ м}^3/\text{дїб}.$$

Відповідно максимальні розходи води годинний та секундний дорівнюють

$$Q_{\text{макс. год}} = 5400/24 = 225 \text{ м}^3/\text{год}.$$

$$Q_{\text{макс. сек}} = 225/3600 = 0,0625 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Розхід води для миття у душах робітників визначається з урахуванням кількості робітників, які миються з дотриманням санітарних норм проектування промислових підприємств.

За нормами користування душем приймається впродовж 45 хвилин після закінчення кожної зміни, а тому годинний розхід води на душ дорівнює

$$Q_{\text{макс. год}} = (0,06 \cdot 380 + 0,04 \cdot 190)/0,75 = 30,4/0,75 = 40,5 \text{ м}^3/\text{год}.$$

і секундний розхід

$$Q_{\text{макс. сек}} = 40,5/3600 = 0,01125 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Таким чином всього на потреби підприємства необхідні розходи:

максимальний добовий – 5400 м<sup>3</sup>/дїб;

максимальний годинний – 225,1 м<sup>3</sup>/год;

максимальний секундний – 0,079 м<sup>3</sup>/с.

Розрахунковий розхід на зовнішнє пожежегасіння залежить від розмірів населеного пункту, поверху житла та ступеня їхньої вогнестійкості, розмірів виробничих будівель, категорій виробництв і інших факторів.

Максимальний секундний розхід води на гасіння пожеж визначається за формулою

$$Q_{\text{пож}} = q_{\text{пож}} \cdot n + q'_{\text{пож}}, \text{ л/с}$$

де  $q_{\text{пож}}$  - розрахунковий розхід води на пожежегасіння 1 зовнішньої пожежі, л/с;

$q'_{\text{пож}}$  - розрахунковий розхід води на пожежегасіння внутрішньої пожежі, л/с;

$n$  – число одночасних пожеж.

$$Q_{\text{пож НП}} = 35 \cdot 2 + 10 = 80 \text{ л/с};$$

$$Q_{\text{пож ПП}} = 25 \cdot 2 + 10 = 60 \text{ л/с}.$$

Виходячи з розрахункової тривалості пожежі – 3 години, повний розхід води на гасіння пожежі може бути визначений за формулою:

$$Q'_{\text{пож}} = 10,8 (q_{\text{пож}} \cdot n + q'_{\text{пож}}), \text{ м}^3;$$

$$Q'_{\text{пож НП}} = 80 \cdot 10,8 = 864 \text{ м}^3;$$

$$Q'_{\text{пож ПП}} = 60 \cdot 10,8 = 648 \text{ м}^3.$$

Повний розхід на гасіння пожежі за 3 години

$$Q_{\text{пож}} = Q'_{\text{пож НП}} + 0,5 \cdot Q'_{\text{пож ПП}} = 864 + 0,5 \cdot 648 = 1188 \text{ м}^3.$$

Розхід води на гасіння за годину і секундний

$$Q_{\text{пож.год}} = Q_{\text{пож}} / 3 = 1188 / 3 = 396 \text{ м}^3/\text{год};$$

$$Q_{\text{пож.сек}} = Q_{\text{пож.год}} / 3600 = 0,11 \text{ м}^3/\text{сек}.$$

Визначаємо розхід всіма категоріями споживачів і дані заносимо до таблиці 1.9.

Таблиця 1.9. – Таблиця розходів води

Характеристика розходу води	$Q_{\text{доб}}$ , м <sup>3</sup> /доб	$Q_{\text{год}}$ , м <sup>3</sup> /год	$Q_{\text{сек}}$ , м <sup>3</sup> /сек
Господарсько-питні потреби населення	25947,5	1568,92	0,567
Комунальні потреби міста	662,32	110,48	0,0077
Розхід води для підприємства	5400	285,1	0,079
Розхід води на гасіння пожежі		396,0	0,11
Розхід води на потреби водопроводу		236,0	0,0764
Усього		2596,5	0,8401

Висновок: З урахуванням чотирьох категорій споживачів розраховані розходи води на водоспоживання міста у вигляді таблиці 1.9.

Завдання для самостійної роботи

Визначити розрахункові розходи води і розходи води на пожежегасіння для невеликого міста з урахуванням вихідних даних таблиці 1.10.

Таблиця 1.10

№ варіанту	Площа району, га	Густота населення, чол./га	Норма водопостачання за табл., л/добу	Площа вулиць, га (покриття за табл.. )		
				1	2	3
1	200	3000	1	19	5	2
2	160	2000	2	20	6	3
3	250	2200	3	21	7	4
4	300	3100	4	25	8	5
5	114	2600	1	20	9	6
6	405	1900	2	30	10	4
7	230	3200	3	25	11	2
8	180	3400	4	18	12	3
9	195	2800	1	10	13	8
10	201	1950	3	20	10	7
11	340	2500	2	24	5	2
12	300	2650	4	28	6	3
13	100	3000	3	10	7	4
14	210	3100	4	20	8	5
15	306	3300	1	30	9	6
16	100	2156	3	18	10	4
17	154	2548	2	24	11	2
18	240	3254	4	25	12	3
19	200	7520	3	31	13	8
20	350	8100	2	10	15	7

продовження таблиці 1.10

№ варіанту	Площа зелених насаджень, га		Кількість робітників, чол..	В холодних цехах, %	В гарячих цехах, %	Добова продукція, т	Питомий розхід води, м <sup>3</sup>	Об'єм будівель ПП, тис. м <sup>3</sup>
	1	2						

1	30	15	1350	95	5	120	45	До 3
2	24	12	1300	80	20	130	50	3-5
3	38	19	1200	90	10	140	55	5-20
4	45	20	1400	85	15	150	60	20-50
5	18	9	1000	75	25	160	45	50-200
6	62	30	950	95	5	200	55	200-400
7	34	15	1100	80	20	170	50	>400
8	28	14	1155	90	10	155	60	До 3
9	30	15	1150	85	15	165	60	3-5
10	34	16	1205	75	25	190	30	5-20
11	50	25	1250	95	5	180	20	20-50
12	54	20	1200	80	20	185	45	50-200
13	14	5	1355	90	10	140	25	200-400
14	32	15	1250	85	15	105	45	>400
15	46	22	450	75	25	120	55	До 3
16	12	16	600	95	5	125	50	3-5
17	30	18	1250	80	20	149	60	5-20
18	25	14	1100	90	10	138	60	20-50
19	16	13	2000	85	15	200	30	50-200
20	19	20	1160	75	25	100	20	200-400

## **2 РОЗРАХУНОК КОЕФІЦІЄНТУ ВИКОРИСТАННЯ ВОДИ НА ПІДПРИЄМСТВІ**

Системи водозабезпечення промислових підприємств класифікуються за способами використання води: прямотечійні, оборотні і з повторним використанням води. При прямотечій них системах (рис.2.1)

вода, як правило, входить до складу кінцевої продукції (наприклад, у виробництві мінеральних кислот, рідких суспендованих комплексних добрив тощо) або істотно змінює свій склад (наприклад, вода електролітів в електролізерах), у зв'язку з чим її повторне використання недоцільне. В останньому випадку її скидають після змішування з іншими стічними водами в місцеву гідрографічну мережу або передають на очисні споруди.

В оборотних системах повторного використання водопостачання (рис. 2.1), коли вода використовується в основному для охолодження, доцільно нагріту воду охолоджувати (наприклад, у градирнях) і подавати для повторного використання на тому самому об'єкті. При цьому з вододжерела подається тільки 3-5 % загальної кількості води, що використовується, для поповнення її втрат під час обігу. Іноді оборотну воду треба не лише охолоджувати, а й направляти на очищення.

У системах повторного використання вода, яка скидається одним із промислових споживачів, може бути використана іншим (наприклад, вода після уловлювання фтор-газів у виробництві суперфосфату використовується під час добування фторид-гідрофториду амонію). Це дає змогу зменшити кількість води, яка забирається з водного джерела.

У разі прямотечійного водопостачання деякий об'єм води втрачаються безповоротно ( $Q_{вт}$ ). Об'єм стічних вод, що відводяться та скидаються у водойму ( $Q_{ск}$ ), становить

$$Q_{ск} = Q_{дж} - Q_{вт}. \quad (2.1)$$

У схемі з послідовним водопостачанням об'єм стічних вод, що скидаються, зменшується відповідно до втрат на всіх стадіях виробництва:

$$Q_{ск} = Q_{дж} - (Q_{вт1} + Q_{вт2} + \dots + Q_n). \quad (2.2)$$

У разі проходження стічних вод додатково через систему очисних споруд втрати води збільшуються, оскільки частина води втрачається в процесі очищення (зі шлаком, осадом тощо):

$$Q_{ск} = Q_{дж} - (Q_{вт1} + Q_{вт2} + Q_{ш} + Q_n). \quad (2.3)$$

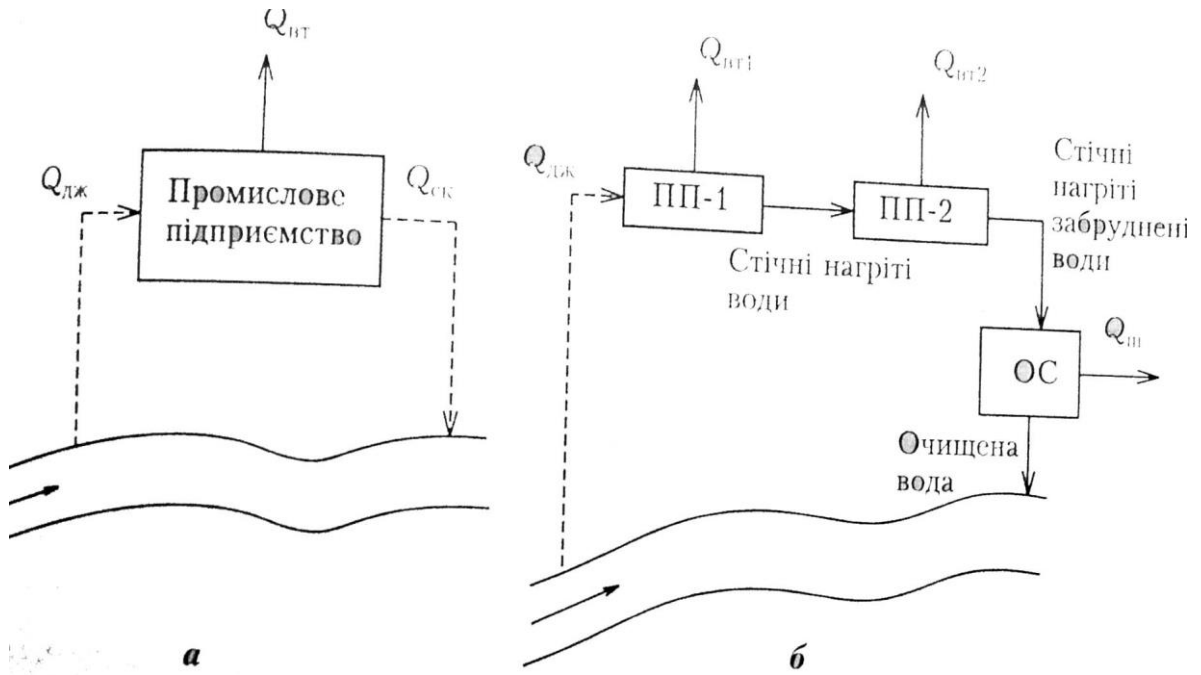


Рис. 2.1. Схема прямотечійного (а) і послідовного (б) водопостачання:

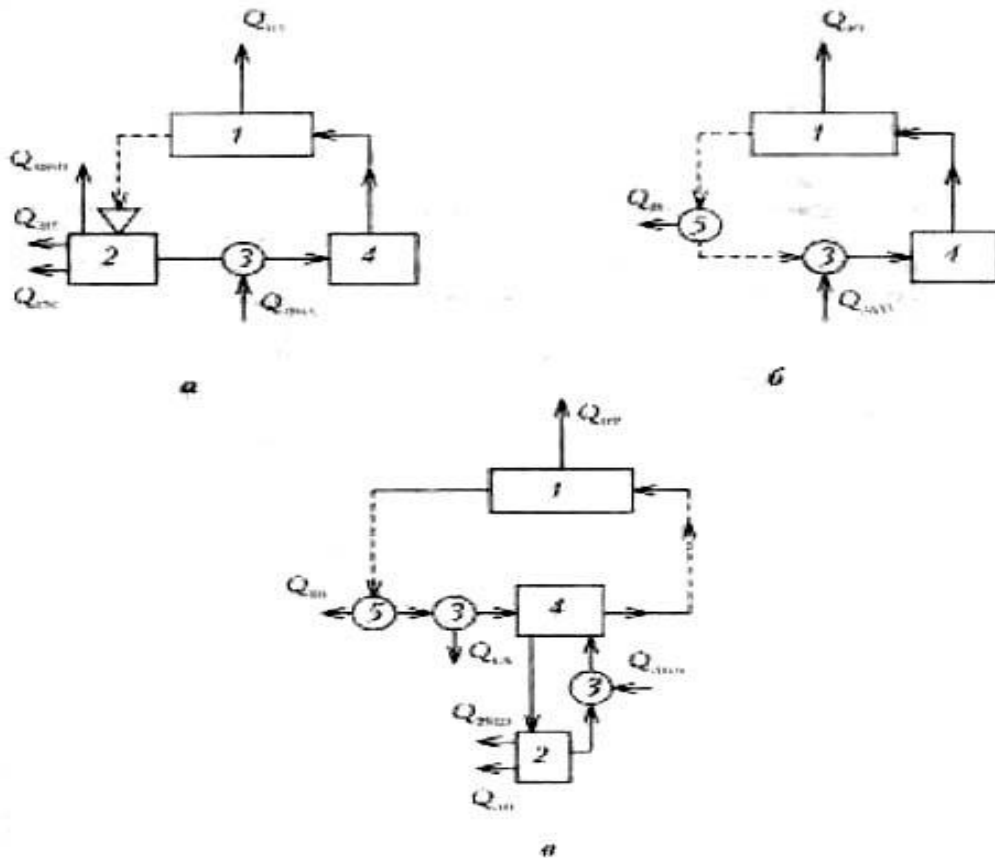


Рис. 2.2. Схеми оборотного водопостачання:

Ефективність використання води на промислових підприємствах оцінюють за трьома показниками: відносним об'ємом використаної оборотної води ( $P_{об}$ ), коефіцієнтом використання ( $Kв$ ) та часткою втрат ( $P_{вт}$ ).

Технічну досконалість системи водопостачання оцінюють за відносним об'ємом використаної оборотної води ( $P_{об},\%$ ):

$$P_{об} = \frac{Q_{об}}{Q_{об} + Q_{дж} + Q_c} \cdot 100 \%, \quad (2.4)$$

де  $Q_{об}$ ,  $Q_{дж}$ ,  $Q_c$  – об'єми води, що використовується з джерела та надходить у систему водопостачання з сировиною.

2. Раціональність використання води, яку забирають з джерела, оцінюють коефіцієнтом використання  $Kв$ :

$$Kв = \frac{(Q_{дж} + Q_c - Q_{ск})}{Q_{дж} + Q_c} \leq 1 \quad (2.5)$$

3. Втрати води оцінюють за формулою:

$$P_{вт} = \frac{Q_{дж} + Q_c - Q_{об}}{Q_{вт} + Q_c + Q_{об} + Q_n} \cdot 100 \%, \quad (2.6)$$

де  $Q_n$  – кількість води, що використовується у виробництві послідовно.

*Задача*

Обчислити коефіцієнт використання води на двох підприємствах, де втрати води на одиницю продукції становлять 10 %.

На першому підприємстві водопостачання здійснюють за прямотечійною схемою зі скиданням стічних вод у каналізацію, на другому – за схемою оборотного водопостачання з очищенням стічних вод.

*Приклад розрахунку*

Для першого підприємства втрати води становлять:

$$Q_{вт} = 10 Q_{дж} / 100 = 0,1 Q_{дж} .$$

Об'єм води, яку скидають у каналізацію, обчислюють за формулою ( ):

$$Q_{ск} = Q_{дж} - 0,1Q_{дж} = 0,9 Q_{дж}$$

Згідно з формулою ( ), коефіцієнт використання води для першого підприємства дорівнює

$$Kв = (Q_{дж} - 0,9 Q_{дж}) : Q_{дж} = 0,1$$

У другому підприємстві вода не скидається в каналізацію, а надходить на очищення і знову використовується у виробництві. Тому  $Q_{ск} = 0$ .

Коефіцієнт використання води для другого підприємства дорівнює одиниці.

### Завдання для самостійної роботи

Зробити висновок про ефективність використання води на різних підприємствах за умов різних систем водопостачання. Вихідні дані представлені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

№ варіанта	Вид продукції	Об'єм води з джерела, м <sup>3</sup>	Об'єм води з сировиною, м <sup>3</sup>	Об'єм води, що використовується оборотної чи послідовно, м <sup>3</sup>	Стічна вода, м <sup>3</sup>	Безповоротні втрати води
1	Видобування нафти, т	3,6	0,6	3,6	0,4	3,2
	Трикотаж, т	327	0,1	50	165	162
2	Видобування газу „умовного”, м <sup>3</sup>	15		600	3	12
	Трикотаж, т	323	0,1	50	187	133
3	Папір, т	40	0,2	290	37	3
	Консерви рибні, тис. банок	31,6	0,3	-	31,2	0,4
4	Хімічні засоби захисту рослин, т	24	-	209	11	13
	Взуття шкіряне, 1000 пар	15	0,1	2,5	12,5	2,5
5	Трактори, 1 трактор	83	-	367	62	21
	Цегла силікатна, 1000 шт	1,6	0	3,8	1	0,6
6	Автобуси, 1 автобус	237	-	390	80	157
	Збірний залізобетон, м <sup>3</sup>	2	0,1	2,4	0,9	1,1
7	Картон тарний, т	25	0,2	230	24	1
	Трикотаж, т	320	0,5	55	165	162



8	Чавун, т	7,3	-	223	0,1	7,2
	Консерви рибні, тис. банок	31	0,3	-	30	0,4
9	Синтетичне волокно, т	160	0	2000	120	40
	Електродвигуни	6	-	36	5,4	0,6
10	Синтетичні миючі засоби, т	2,3	0	2	0,95	1,35
	Меблі	29	5	14	26	3
11	Нафтообладнання, т	34	0	37	30,5	3,5
	Кровельний картон, т	50	1	190	48,9	1, 1
12	Труби сталеві, т	1,9	0	62,1	0,1	1,8
	Синтетичні миючі засоби, т	2,5	0	1,5	0,95	1,35
13	Сода кальцинована, т	14,5	0	120	9,9	4,5
	Взуття шкіряне, 1000 пар	20	0,1	2	12,5	2,5
14	Скло листове віконне, т	47	0,5	530	11	36
	М'ясо, т	84	2	27	24	3
15	Молочна продукція, т	6	2	25	5	1
	Синтетичні миючі засоби, т	3	0	2	1	1,35
16	Папір, т	40	0,5	300	35	4
	Папір, т	300	0,5	40	200	6

### 3 РОЗРАХУНОК КІЛЬКОСТІ ВОДИ, НЕОБХІДНОЇ ДЛЯ ПІДЖИВЛЕННЯ ТА ГРАНИЧНОГО ВМІСТУ СОЛЕЙ

Необхідну кількість води для підживлення обчислюють з матеріального балансу оборотної системи:

$$Q_{кр} + Q_{ск} + Q_{ф} + Q_{в.вт} + Q_{вип} = Q_{підж} \quad , \quad (3.1)$$

де  $Q_{кр}$  – кількість води, що виноситься у вигляді крапель з повітрям на градирнях;

$Q_{ск}$  – кількість оборотної води, яку скидають для “продування”;

$Q_{ф}$  – кількість води, що втрачається з осадом під час фільтрування;

$Q_{в.вп}$  – кількість виробничих втрат води;

$Q_{вип}$  – кількість води, що випаровується на градирнях;

$Q_{підж}$  – кількість води, яку використовують для підживлення з метою компенсації всіх втрат оборотної води в системі.

Граничний вміст солей чи окремих йонів інших речовин у підживлюваній воді визначається умовою збереження сталого складу оборотної води, яка циркулює в системі:

$$Q_{підж} C_{підж} = (Q_{кр} + Q_{ск} + Q_{ф} + Q_{в.вт}) C_{об};$$
$$C_{підж} = \frac{(Q_{кр} + Q_{ск} + Q_{ф} + Q_{в.вт}) C_{об}}{Q_{підж}}, \quad (3.2)$$

де  $C_{підж}$  і  $C_{об}$ ; - відповідно концентрація речовин, яка контролюється у воді для підживлення і в оборотній воді.

Середні втрати води, зумовлені випаровуванням, становлять близько 2,5 %, краплинним винесенням на градирнях – 0,300,5 %, величина “продування” коливається від 6 до 10 % і в середньому може бути прийнятою 8 %. Сума всіх інших втрат приймається такою, що дорівнює приблизно 1 % об’єму оборотної води. На підставі співвідношень, наведених вище, можна сформулювати вимоги до якості підживлювальної води оборотних систем. Такі вимоги для підприємств хімічної промисловості наведені в табл.3.1. Звичайно, якщо для підживлення оборотних систем використовують замість свіжої очищені стічні води, вимоги до цієї води повинні повністю відповідати показникам, наведеним у табл. 3.1.

Таблиця 3.1.- Вимоги до якості води для підживлення теплообмінних апаратів оборотного водопостачання в хімічній промисловості

Показники якості	Для оборотної води	Величини, необхідні для підживлювальної води	
		Зі скиданням 8 % (з продуванням) води	Без скидання оборотної води (замкнений цикл)
Жорсткість карбонатна, моль/м <sup>3</sup>	2,5	2,0	0,9
Жорсткість постійна, моль/м <sup>3</sup>	5,0	4,0	1,9
Загальний солевміст, г/м <sup>3</sup>	1200	900	445
хлориди (Cl <sup>-</sup> )	300	237	112
сульфати (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	350-500	277-395	119-187
Сума фосфору та азоту, г/м <sup>3</sup>	3	2,4	1,1
Завислі речовини, г/м <sup>3</sup>	30	23,6	11,2
Окислюваність перманганатна, гО <sub>2</sub> /м <sup>3</sup>	8-15	11,8-12,8	3-5,7
ХСК, гО <sub>2</sub> /м <sup>3</sup>	70	55	26
Масла і речовини, що утворюють смолу, г/м <sup>3</sup>	0,3	0,25	0,10

### Задача 1

Хімічне підприємство працює за схемою оборотного водопостачання зі скиданням води на “продування”, що становить 6 %. Загальний солевміст оборотної води дорівнює 1200 г/м<sup>3</sup>. Об'єм води, яка знаходиться в оборотній системі, становить 1000 м<sup>3</sup>. Визначити допустиму концентрацію мінеральних солей у підживлювальній воді.

### Приклад розрахунку

Граничний вміст солей у підживлювальній воді визначається за співвідношенням (3.2). У середньому втрати води на підприємстві

становлять: краплинне винесення – 0,4 %; тобто 4 м<sup>3</sup>; скидання з продуванням – 6 %; тобто 60 м<sup>3</sup>; виробничі втрати води і втрати під час фільтрування в сумі становлять ~ 1 %, тобто 10 м<sup>3</sup>. Об'єм води, яку використовують для підживлення, дорівнює ~ 8 %, тобто 80 м<sup>3</sup>.

Підставивши значення цих величин у формулу, дістанемо:

$$C_{\text{підж}} = (1200(4+60+10)) / 80 = 1110 \text{ (г/ м}^3\text{)}.$$

Висновок: Загальний солевміст у воді, яку використовують для підживлення, не повинна перевищувати 1110 г/ м<sup>3</sup>.

### Завдання для самостійної роботи

Хімічне підприємство працює за схемою оборотного водопостачання зі скиданням води на “продування”. Загальний солевміст оборотної води і об'єм води, яка знаходиться в оборотній системі надані у таблиці 3.2. Визначити допустиму концентрацію мінеральних солей у підживлювальній воді.

Таблиця 3.2. Вихідні дані

№ варіанта	Загальний солевміст оборотної води, г/м <sup>3</sup>	Об'єм води в оборотній системі, м <sup>3</sup>	Об'єм краплинного винесення, %	Об'єм скидання з продуванням, %	Об'єм, що втрачається при фільтрації, %	Об'єм, що втрачається з випаровуванням, %	Об'єм промислових втрат, %
1	1100	1000	0,3	6	0,2	1,5	1
2	1000	2000	0,4	7	0,3	2,6	2
3	1250	1500	0,5	8	0,4	3,1	3
4	1230	1200	0,3	9	0,5	1,7	4
5	950	1330	0,4	10	0,1	1,9	5
6	980	1300	0,5	6	0,15	2,2	6
7	1010	1450	0,3	7	0,11	2,5	7
8	1300	1540	0,4	8	0,12	2,4	4
9	1200	1400	0,5	9	0,13	1,9	3
10	1000	1000	0,3	10	0,14	2,0	2
11	1120	1200	0,4	6	0,2	1,5	1
12	1130	1100	0,5	7	0,21	2,6	2
13	1500	1300	0,3	8	0,18	3,1	3
14	1200	1400	0,4	9	0,19	1,7	4
15	500	2000	0,5	10	0,4	1,9	5
16	800	1500	0,3	6	0,3	2,2	6
17	1200	1010	0,4	7	0,2	2,5	7
18	1100	1020	0,5	8	0,1	2,4	4
19	1000	1050	0,4	9	0,15	1,9	3
20	950	1400	0,3	10	0,21	2,0	2

## 4 РОЗРАХУНОК ВОДОСПОЖИВАННЯ ПІДПРИЄМСТВАМИ

Водопостачання підприємств розділяють на виробниче і господарсько-питне.

Розхід води на виробничі потреби визначає специфіку водоспоживання підприємства.

Для зернопереробних підприємств (ЗПП) основні водоспоживанні технологічні процеси, допоміжні та господарсько-питні потреби такі:

- технологічні процеси при виробництві муки – миття зерна, зволоження, охолодження валків вальцових станків, кондиціонування;
- при виробництві крупи – зволоження зерна, миття крупи, охолодження валків плющильних станків, миття валів фасувальних автоматів, кондиціонування;
- при виробництві комбікормів – розчинення карбаміду, кондиціонування.

Допоміжні виробництва – це живлення парових котлів для технологічних цілей: підігрів зерна, кондиціонування для мелзаводів, пропарювання зерна для крупозаводів Кб.

### 4.1 Розрахунок водоспоживання котельними

Споживання води котельними  $W$  розраховується за формулою:

$$W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5, \quad (4.1)$$

де  $W_1$  – поповнення втрат пари і конденсату технологічними споживачами;

$W_2$  - поповнення внутрішньо котлових втрат пари;

$W_3$  – поповнення втрат, пов'язаних з періодичною продувкою;

$W_4$  – поповнення втрат котлової води при відборі проб;

$W_5$  – поповнення втрат, пов'язаних з підтіканням насосів.

$$W_1 = D_i \cdot \alpha_i \cdot N_i \cdot \tau_i \cdot n_p, \quad (4.2)$$

де  $D_i$  - виробництво, т/год.;

$\alpha_i$  - коефіцієнт безвозвратних втрат пари і конденсату;

$N_i$  - число котлів;

$\tau_i$  - тривалість роботи, год/діб;

$n_p$  – число днів роботи за рік.

$$W_2 = D_i \cdot \beta \cdot N_i \cdot \tau_i \cdot n_i, \quad (4.3)$$

де  $\beta$  – коефіцієнт внутрішньо котлових втрат.

$$W_3 = \Pi_{\text{пнi}} P_{\text{пнi}} \tau_{\text{пнi}} \cdot n_i \quad , \quad (4.4)$$

де  $\Pi_{\text{пнi}}$  – частота періодичної продувки, разів/діб;  
 $P_{\text{пнi}}$  – втрати води при періодичній продувці, т/хвил.

$$W_4 = \Pi_{\text{oi}} P_a \tau_a \cdot n_i \quad , \quad (4.5)$$

де  $\Pi_{\text{oi}}$  – частота відбору проб, разів/діб;  
 $P_a$  – втрати води при відборі проби, т/хвил.;  
 $\tau_a$  – тривалість відбору проби, хвилин.

$$W_5 = 60 \cdot \eta \cdot \tau_i n_i \quad , \quad (4.6)$$

де  $\eta$  – норматив підтікання поживних насосів, л/хвил.

4.2 Розрахунок водоспоживання на миття сировини ( $W_{\text{м.с.}}$ ):

$$W_{\text{м.с.}} = q \cdot M_{\text{с}} \quad , \quad (4.7)$$

де  $q$  – розхід води м<sup>3</sup>/т сировини;  
 $M_{\text{с}}$  – маса сировини, т/рік.

4.3 Розрахунок водоспоживання на миття обладнання  $W_{\text{м.об.}}$  і-того виду:

$$W_{\text{м.об.}} = n_i q_{\text{пнi}} \cdot h_p \quad , \quad \text{м}^3/\text{рік} \quad (4.8)$$

де  $n_i$  – кількість одиниць обладнання і-го виду;  
 $q_{\text{пнi}}$  – питомий розхід води на миття обладнання і-го виду .

4.4 Розрахунок водоспоживання на господарсько-побутові потреби.

Воду витрачають на: санітарно-побутові потреби працівників ( $W_1$ ) , миття в душових ( $W_2$ ), прання робочого одягу ( $W_3$ ). Річне сумарне споживання води ( $W$ , м<sup>3</sup>/рік) розраховується за формулою:

$$W = W_1 + W_2 + W_3 \quad . \quad (4.9)$$

Нормативи розходу води наведені в табл.4.1.

Таблиця 4.1. – Нормативи розходу води на господарсько-побутові потреби

Спрямування витрати води	Позначення нормативу	Одиниці виміру	Значення нормативу
Санітарно-побутові:			
ІТР	$K_1$	л/чол..	12
Працівників	$K_2$	л/чол..	25
Водіїв	$K_3$	л/чол..	15
Душові сітки	$K_4$	л/сітка	500
Прання білизни	$K_5$	л/1 кг	75

Річний розхід на санітарно-побутові потреби визначають за формулою:

$$W_1 = 10^{-3} \cdot n_p \cdot (K_1 \cdot IC + K_2 \cdot Br + K_3 \cdot B) , \quad (4.10)$$

де  $n_p$ - число робочих днів в році;

$K_1..K_3$ - норма розходу води, відповідно ІТР, робітників, водіїв, л/діб;

IC – сумарне число ІТР, чол.;

Br – число робітників, чол.;

B – число водіїв.

Річний розхід води на миття в душах визначають за формулою:

$$W_2 = 10^{-3} \cdot n_p \cdot 0,75 \cdot K_4 \cdot N \cdot m , \quad (4.11)$$

де  $K_4$ - норма розходу води на 1 душову сітку, л/чол.;

m – число душових сіток, шт.;

$n_p$ - число змін в цеху.

#### 4.5 Розрахунок незворотних втрат

Незворотні втрати розраховуються за формулою:

$$W_{Inom} = K_b \cdot (IC + Br + B) \cdot n_p \cdot K_p, \quad (4.12)$$

де  $K_b$ - коефіцієнт незворотних втрат (для санітарно-побутових потреб  $K_b = 1,05$ ).

### Приклад розрахунку

Розрахувати об'єм води на водоспоживання підприємства, до складу якого входить котельня і обладнання, а також вода споживається на господарсько-побутові цілі. Розрахунки проводяться з урахуванням даних:

- виробництво складає - 1000 т/год;
- коефіцієнт безповоротних втрат пари і конденсату - 0,13;
- число котлів - 5;
- тривалість роботи - 8 годин на добу;
- число днів роботи за рік - 260;
- коефіцієнт внутрішньо котлових втрат – 0,15;
- на добу відбувається 1 продувка, тривалість якої 15 хвил;
- втрати води при продувках – 0,04 т/хвил;
- частота відбору проб на добу – 2;
- втрати води при цьому становлять – 0,00005т;
- тривалість відбору проби – 10 хвил;
- норматив підтікання поживних насосів – 0,01 л/хвил;
- кількість сировини – 1000000т на рік;
- розхід води на тонну сировини – 15м<sup>3</sup>;

1. Поповнення втрат пари і конденсату технологічними споживачами розраховується за формулою (4.2):

$$W_1 = 1000 \cdot 0,13 \cdot 5 \cdot 8 \cdot 260 = 1352000 \text{ м}^3.$$

2. Поповнення внутрішньо котлових втрат пари розраховується за формулою (4.3) :

$$W_2 = 1000 \cdot 0,15 \cdot 5 \cdot 8 \cdot 260 = 1560000 \text{ м}^3.$$

3. Поповнення втрат, пов'язаних з періодичною продувкою розраховується за формулою (4.4):

$$W_3 = 1 \cdot 0,04 \cdot 15 \cdot 5 = 3 \text{ м}^3.$$

4. Поповнення котлової води при відборі проб розраховується за формулою (4.5) :

$$W_4 = 2 \cdot 0,00005 \cdot 10 \cdot 5 = 0,0005 \text{ м}^3.$$

5. Поповнення втрат, пов'язаних з підтіканням насосів розраховується за формулою (4.6):

$$W_5 = 60 \cdot 0,01 \cdot 8 \cdot 5 = 24 \text{ м}^3.$$



Тоді об'єм споживання котельними становить:

$$W = 1352000 + 1560000 + 3 + 0,0005 + 24 = 2912027,001 \text{ м}^3.$$

Водоспоживання на миття сировини розраховується за формулою (4.7):

$$W_{mc} = 1000000000 \cdot 15 = 1,5 \cdot 10^9 \text{ м}^3.$$

Водоспоживання на миття обладнання розраховується за формулою (4.8):

- кількість одиниць обладнання – 100;
- питомий розхід води на миття обладнання – 0,001;

$$W_{mo} = 100 \cdot 0,001 \cdot 260 = 26 \text{ м}^3.$$

Річний розхід води на санітарно-побутові потреби визначають за формулою (4.10):

- сумарне число ІТР на підприємстві – 100;
- число робітників – 300;
- число водіїв – 10;

$$W_{сп} = 10^{-3} \cdot 260 \cdot (12 \cdot 100 + 25 \cdot 300 + 15 \cdot 10) = 8112 \text{ м}^3.$$

Річний розхід на миття в душах:

$$W_{md} = 10^{-3} \cdot 260 \cdot 0,75 \cdot 500 \cdot 3 \cdot 1 = 292,5 \text{ м}^3.$$

Таким чином на господарсько-побутові потреби необхідно

$$W = 8112 + 292,5 = 8404,5 \text{ м}^3.$$

Незворотні втрати води на підприємстві розраховуються за формулою (4.12)

$$W_{нв} = 1,05 (100 + 300 + 10) \cdot 260 \cdot 0,015 = 1269,45 \text{ м}^3.$$

Висновок: на потреби у воді для підприємства на рік необхідно 1,503 км<sup>3</sup>.

## Завдання для самостійної роботи

Розрахувати необхідну кількість води на водопостачання підприємства за даними табл..4.2.

Таблиця 4.2 . -Вихідні дані

№ варіанту	Виробництво, т/год	$\alpha_i$	$\beta$	Число котлів	Тривалість роботи	Число днів роботи за рік	Кількість продукції в год	Тривалість продукції в год, хвил.
1	100	0,12	0,11	1	8	260	1	10
2	200	0,1	0,12	2	16	312	2	15
3	20	0,11	0,13	3	24	260	4	20
4	230	0,13	0,14	4	8	312	1	25
5	540	0,14	0,15	5	16	260	2	30
6	1000	0,12	0,09	7	24	312	3	20
7	500	0,1	0,08	1	8	260	4	10
8	280	0,11	0,10	2	16	312	5	18
9	750	0,13	0,16	3	24	260	6	16
10	400	0,14	0,12	4	8	260	5	28
11	600	0,12	0,11	5	16	312	1	10
12	650	0,1	0,12	7	24	312	2	15
13	850	0,11	0,13	1	8	260	4	20
14	100	0,13	0,14	2	16	312	1	25
15	150	0,14	0,15	3	24	260	2	30
16	260	0,12	0,09	4	8	312	3	20
17	280	0,1	0,08	5	16	260	4	10
18	10000	0,11	0,10	7	24	312	5	18
19	900	0,13	0,16	10	8	240	6	16
20	4500	0,14	0,12	8	8	220	5	28

Продовження таблиці 4.2

№ варіанту	Витрати при пробах, т/хвили	Частота відбору проб	Втрати при відборі проб, т	Тривалість відбору проб, хвил.	Норматив підтікання, л/хвил	Кількість сировини, т на рік	Розхід води на т сировини, м <sup>3</sup>	Кількість робітників, ІС,Р,В
1	10	1	0,004	15	0,009	100	20	20,40,3
2	11	2	0,005	5	0,010	200	30	100,250,15
3	12	3	0,001	10	0,012	150	40	50,150,5
4	13	1	0,002	15	0,014	109	15	20,100,3
5	15	2	0,006	5	0,008	222	20	60,500,30
6	20	3	0,003	10	0,0012	50	30	20,40,3
7	25	1	0,001	15	0,0015	10	40	100,250,15
8	24	2	0,005	5	0,009	16	15	50,150,5
9	26	2	0,007	10	0,010	23	20	20,100,3
10	30	1	0,004	15	0,012	34	30	60,500,30
11	10	1	0,004	5	0,014	28	40	20,40,3
12	11	2	0,005	10	0,008	80	15	100,250,15
13	12	3	0,001	15	0,0012	90	20	50,150,5
14	13	1	0,002	5	0,0015	120	30	20,100,3
15	15	2	0,006	10	0,001	210	40	60,500,30
16	20	3	0,003	15	0,002	320	15	20,40,3
17	25	1	0,001	5	0,005	450	20	100,250,15
18	24	2	0,005	10	0,003	620	30	50,150,5
19	26	2	0,007	5	0,004	710	40	20,100,3
20	30	1	0,004	10	0,006	10	15	60,500,30

## 5 ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ ДЛЯ ГОСПОДАРСЬКО-ПИТНИХ ПОТРЕБ ТА ПОТРЕБ ВИРОБНИЦТВА

У відповідності до Водного кодексу України оцінка якості води здійснюється на основі нормативів екологічної безпеки водоспоживання. Діючі нормативи дозволяють оцінити якість води, яка використовується для комунально-побутового, господарсько-питного і рибогосподарського водоспоживання.

До комунально-побутового водокористування відноситься використання водних об'єктів для купання, занять спортом і відпочинку. До господарсько-питного водокористування відноситься використання води водних об'єктів як джерело господарсько-питного водопостачання і для водопостачання підприємств харчової промисловості. До рибогосподарського водопостачання належать водні об'єкти, які використовують як середовище мешкання риби і інших водних організмів. Різні ділянки водного об'єкту можуть відноситися до різних категорій водокористування.

Нормативну базу оцінки якості води складають загальні вимоги до складу і властивостей води і значення гранично допустимих концентрацій речовин у воді водних об'єктів.

Загальні вимоги визначають найбільш важливі фізичні, бактеріологічні та узагальнені хімічні показники. Вони можуть задаватися у вигляді конкретної величини, зміни величини показника в результаті впливу зовнішніх факторів або у вигляді якісної характеристики показника.

Водні об'єкти є придатними для господарсько-питного водокористування, якщо одночасно виконуються такі умови:

- для речовин, які належать до третього і четвертого класу небезпеки:

$$C \leq \text{ГДК},$$

де  $C$  – концентрація речовини у водному об'єкті, г/м<sup>3</sup>;

- для речовин, які належать до першого і другого класу небезпеки:

$$\sum C_i / \text{ГДК}_i \leq 1$$

**Питна вода.** Головні вимоги нешкідливість і безпечність для здоров'я населення, добрі органолептичні властивості і придатність для

господарсько-побутових потреб. Смакові якості води визначають перш за все кількістю і якістю розчинених в ній солей (табл.. 5.1)

Таблиця 5.1. – Значення концентрацій солей, які надають воді присмаку, мг/л

Сіль	Слабко відчутний смак	Помітний смак	Неприсмний смак
NaCl	165	495	660
MgCl <sub>2</sub>	135	400	535
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	150	450	-
Ca SO <sub>4</sub>	70	140	-
Mg SO <sub>4</sub>	250	625	750
Fe SO <sub>4</sub>	1,6	4,8	-
NaNO <sub>3</sub>	70	205	346
NNO <sub>3</sub>	415	450	-

Норми якості, яким повинна відповідати питна вода встановлені стандартом 2874-82 „Вода питна. Гігієнічні вимоги та контроль за якістю”. Він розроблений ще в 1982 р. І діє в Україні до цього часу разом з ДСанПІН 1996 р.. Якщо вода не відповідає вимогам, її обробляють і доводять до норми, яку встановлено. Основні вимоги до якості питної води передбачають визначення близько 40 показників.

За мікробіологічними показниками питна вода повинна відповідати таким умовам: загальна кількість бактерій в 1 мл води – не більше 100 колоній; кількість бактерій кишкових паличок в 1 л води (колі-індекс) – не більше 3. Концентрація хімічних речовин, які зустрічаються в природних водах чи додаються у воду при її обробці не повинна перевищувати стандартних нормативів, наведених у табл.. 5.2.

Таблиця 5.2.- Нормативи концентрацій деяких хімічних речовин у питній воді

Назва показника	Норматив
Алюміній залишковий (Al), мг/л, не більше	0,5
Берилій (Be), мг/л, не більше	0,0002
Молібден (Mo), мг/л, не більше	0,25
Арсен (As), мг/л, не більше	0,05
Нітрати (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ), мг/л, не більше	45,0
Поліакриламід залишковий, мг/л, не більше	2,0
Свинець (Pb), мг/л, не більше	0,03
Селен (Se), мг/л, не більше	0,001
Стронцій (Sr), мг/л, не більше	7,0
Фтор (F), мг/л, не більше для кліматичного району I і II	1,5
III	1,2
IV	0,7

Концентрації хімічних речовин, які впливають на органолептичні властивості води і зустрічаються в природних водах чи додаються у воду при її обробці, не повинні перевищувати нормативів наведених у табл. 5.3.

Таблиця 5.3. - Нормативи деяких показників у питній воді

Назва показника	Норматив
Водневий показник, рН	6,0 – 9,0
Залізо (Fe), мг/л, не більше	0,3
Марганець (Mn), мг/л, не більше	0,1
Твердість загальна, ммоль/л	7,0
Мідь (Ca <sup>2+</sup> ), мг/л, не більше	1,0
Полі фосфати залишкові (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ), мг/л, не більше	3,5
Сульфати (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ), мг/л, не більше	500
Сухий залишок, Хлориди (Cl <sup>-</sup> ), мг/л, не більше	1000
Хлориди (Cl <sup>-</sup> ), мг/л, не більше	350
Цинк (Zn), Хлориди (Cl <sup>-</sup> ), мг/л, не більше	5,0

Органолептичні властивості води мають відповідати стандартним вимогам, наведеним у табл. 5.4. Вміст солей групи важких металів, радіоактивних елементів, інших шкідливих речовин, які не згадано вище повинні відповідати нормам, встановленим Міністерством охорони здоров'я, а за відсутності офіційних норм визначається ним у кожному окремому випадку.

Таблиця 5.4. – Вимоги до органолептичних властивостей питної води

Назва показника	Норматив
Запах за 20°C і при нагріванні до 60°C, бали не більше	2
Смак і присмак за 20°C, бали не більше	2
Колірність, градуси не більше	20
Каламутність за стандартною шкалою, мг/л не більше	1,5

Використання джерел водопостачання з більшим показником сухого залишку допускається лише за умови відсутності інших джерел за обов'язковими погодженням з органами санітарного нагляду. За О. О. Алєкіним, для посушливих районів граничною нормою можна вважати такі градації мінералізації, г/л:

добра до 1,0  
 задовільна 1,0 - 2,0  
 допустима 2,0 - 2,5  
 межа 2,5 - 3,0.

Але слід мати на увазі, що дуже мала мінералізація (до 100 мг/л) також погіршує якість води, а вода без солей взагалі вважається шкідливою, оскільки вона знижує осмотичний тиск у клітині. Це

стосується Крайньої Півночі де використовується вода від танення льодовиків. Тут низька мінералізація води й нестача в ній кальцію є загальною гігієнічною проблемою, що викликає необхідність збагачення води мінеральними солями. У таблиці 5.5 наведено порівняльну характеристику стандартів якості питної води в різних країнах. Вода, яка використовується у харчовій промисловості повинна мати ті самі властивості, що й питна.

Таблиця 5.5. - Порівняльна таблиця стандартів якості питної води різних країн за деякими компонентами, мг/л

Речовина	Стандарти питної води			
	Стандарт 2874-82	Міжнародні ВООЗ	Європейські	США
Берилій	0,0002	-	-	-
Свинець	0,1	0,05	0,1	0,05
Молібден	0,5	-	-	-
Арсен	0,05	0,05	0,2	0,05
Селен	0,001	0,01	0,05	0,01
Ціаніди	-	0,2	0,01	0,2
Фтор	0,7 – 1,5	1,0 - 1,5	1,5	0,7 - 1,7
Нітрати	45,0	45,0	50,0	45,0
Мідь	1,0	1,5	3,0	1,0
Цинк	5,0	15,0	5,0	5,0
Залізо	0,3	1,0	0,1	0,3
Хлориди	350,0	600,0	350,0	250,0
Сульфати	500,0	400,0	250,0	250,0
Мінералізація	1000,0	1500,0	-	500,0

Окремі види промисловості висувають до води свої специфічні вимоги, пов'язані з технологією. Так у воді для цукрової промисловості мають бути відсутні гнильні речовини, які розкладаються у дифузорах. Загальний вміст солей повинен бути найменшим, оскільки підвищена концентрація солей утруднює варіння і кристалізацію цукру. Для пивоваріння необхідно щоб  $\text{CaSO}_4$ , який заважає бродінню солоду було у воді якнайменше. Вода для виробництва алкогольних напоїв не повинна містити хлористого магнію, хлористого кальцію, які шкідливо впливають на життєдіяльність дріжджів, такі самі вимоги ставляться до води у молочній, консервній та інших видах харчової промисловості.

**Вода, яка використовується у сільському господарстві.** Вода для тварин в основному має відповідати вимогам які ставлять до питної води, хоча до таких показників, як кольоровість, прозорість і запах вимоги можуть бути дещо зниженими. Температура води повинна знаходитись в

межах 8 - 15 °С, допустимий ступінь мінералізації води в цілому визначається її смаковими якостями.

Вода для зрошення має містити незначну кількість мінеральних солей, оскільки в іншому разі виникає небезпека засолення ґрунту в результаті випаровування води та акумуляції солей, які в ній містяться. У той самий час допустимі величини мінералізації можуть змінюватися в широких межах залежно від умов поливу, дренажу, метео- і агротехнічних факторів. Вода з мінералізацією до 1 г/л є придатною для зрошення у всіх випадках. За поганих умов дренажу і слабо фільтруючих ґрунтах гранично допустимий вміст солей не повинен перевищувати 1,5 г/л.

***Вимоги до хімічного складу води, що використовується для технологічних і теплообмінних процесів, та до якості очищеної води***

Вода для охолодження виробленої продукції чи працюючих агрегатів має бути такою, щоб зменшити об'єм відкладів і не викликати корозію холодильного обладнання. Відклади у холодильних установках утруднюють теплопередачу, зменшують переріз труб, знижуючи інтенсивність циркуляції води і тим самим перешкоджають охолодженню. Вода для охолодження не повинна містити велико зернисту неорганічну суміш (пісок), яка здатна осідати в каналах холодильників і конденсаторах. Більш дрібні завислі речовини (мул, глина), хоч і осідають, але захоплюються утвореним накипом, що порушує умови теплообміну.

За використання для *прямотечійного охолодження води*, в якій багато органічних речовин, за температури стінок близько 30-40 °С виникає небезпека появи на конденсаторах парових турбін біологічних наростів, які складаються з бактерій, грибів, водоростей. У разі використання морської води можливі нарости черепашок мідій, мшанок та інших організмів. За оборотної системи водопостачання небезпека відкладів значно зростає, оскільки при нагріванні води, розбризуванні її в градирнях і в басейнах кількість вуглекислоти зменшується. У результаті цього відбувається зсув вуглекислої рівноваги у бік утворення малорозчинного карбонату кальцію. А він відкладається на стінках труб по яких циркулює охолоджена вода.

Спеціальних норм, які регламентують якість води для охолодження немає оскільки її придатність залежить від цілого ряду факторів: температури води і охолоджуваної поверхні, карбонатної твердості, вмісту вільної вуглекислоти, завислих речовин, заліза, мікроорганізмів, системи водопостачання (пряма чи оборотна). Тому необхідну якість води для охолодження встановлюють у кожному конкретному випадку, виходячи з перелічених умов. Але в усіх випадках вода повинна мати, за можливості, найбільш низьку температуру, і в ній не повинні утворюватися сприятливі умови для розвитку біологічних наростів.

В умовах *оборотних систем* багаторазове підігрівання води до 40-45°С і охолодження її в градирнях чи бризкальних басейнах призводять до



втрат оксиду карбону (IV) та відкладання на поверхнях теплообмінників і труб карбонату кальцію за реакцією



За сталої високої твердості оборотної води, зумовленої вмістом сульфату кальцію, випаровування води в циклі може призвести до перебільшення добутку розчинності карбонату кальцію (розчинність останнього із зростанням температури зменшується) та утворення міцних карбонатних відкладів, видалення яких з труб теплообмінників надзвичайно ускладнене. Швидкість відкладання карбонату кальцію та інших солей не повинна перевищувати 0,25 г/(м<sup>3</sup>·год). Така вода вважається термостабільною (товщина відкладів, що утворюються за годину, - 0,08 мм). Швидкість біологічних обростань, що допускається в теплообмінних апаратах та холодильниках, в оборотній воді повинна становити не більше як 0,07 г/(м<sup>2</sup>·год) (шар 0,05 мм за місяць) за сухою масою. Вода не повинна спричинювати корозію металу більшу ніж 0,09 г/(м<sup>2</sup>·год) (шар до 0,1 мм за рік).

У підживлювальній та оборотній воді обмежується також вміст завислих речовин. Грубозернисті неорганічні завислі речовини (пісок) осідають у пазухах холодильників, засмічують трубки конденсаторів, відкладаються на окремих ділянках трубопроводів, а малі часточки завислих речовин (мули, глинисті часточки), які самостійно не осідають у теплообмінній апаратурі, потрапляють до складу відкладів карбонату і сульфату кальцію, що утворюються і збільшують їхню міцність.

Вміст розчинених солей (лужних металів, магнію) в оборотній воді зростає пропорційно коефіцієнту її випаровування. При цьому зростає і корозійна активність води. Корозія металів теплообмінних систем у м'якій воді, яка містить розчинений кисень, істотно вища ніж у твердій воді такої самої мінералізації, що пов'язано з меншою буферною ємністю м'яких вод. За відсутності інгібіторів граничний вміст солей в оборотній воді не повинен перевищувати 2 кг/м<sup>3</sup>, хоча в окремих випадках мінералізація оборотної води досягає 3 кг/м<sup>3</sup>. Нарешті, для запобігання інтенсивному біологічному обростанню споруд і теплообмінних апаратів оборотних систем водопостачання в оборотній, а отже, і в підживлювальній воді треба обмежити вміст органічних речовин і сполук біогенних елементів (Нітрогену, Фосфору), які є живильним середовищем для мікроорганізмів, що вносяться в систему із свіжою водою.

Вимоги до якості води в охолодних системах оборотного водопостачання наведені в табл. 5.1. Порівнюючи дані табл. 5.1, можна побачити, що, незважаючи на значні розходження оцінок граничних меж загальної твердості, солевмісту, концентрації завислих речовин, ці вимоги мають багато спільного в рекомендуванні таких найважливіших

показників, як карбонатна твердість, значення рН, вміст біогенних елементів і значення ХСК, які визначають термостабільність та інтенсивність біообрастання в оборотній системі (Табл.5.6.).

Таблиця 5.6.- Вимоги до якості води в охолодних системах оборотного водопостачання

Показник якості	Рекомендовані величини				
	Розроблені НДІ ВОДГЕО	В азотному виробництві	У хлорном у виробництві	У країнах Східної Європи	У США
Температура, °С	25-40	28-30	25-30	25-28	-
Твердість загальна, моль/м <sup>3</sup>	6,5-8,5	1,5-2,5	5,5	<7	-
Твердість карбонатна, моль/м <sup>3</sup>	<2,5	1,5-2,5	<3	1,5-2,5	2,5-5,0
Лужність, екв/м <sup>3</sup>	3-4	-	2-4	2-4	2,5
Загальний солевміст, г/м <sup>3</sup>	1300-2000	<1200	800-1200	<2000	500
Окислюваність перманганатна, г О <sub>2</sub> /м <sup>3</sup>	<20	<15	8-10	<2	-
ХСК, г О <sub>2</sub> /м <sup>3</sup>	<200	-	70	-	75
Завислі речовини, г/м <sup>3</sup>	<50	20-30	10-20	10-20	5
Масла і речовини, що утворюють смолу, г/м <sup>3</sup>	<20	0,3	0	<20	-
Поверхнево-активні речовини (ПАР), г/м <sup>3</sup>	Не норм.	0	0	-	-
Аніони, г/м <sup>3</sup>	-	-	-	-	--
Хлориди (Cl <sup>-</sup> )	150-300	До 350	150-300	До 350	500
сульфати (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	350-500	>500	350-500	>500	200
Фосфати (в перерахунку на PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	-	>6	1,5-9,0	>12	-
Сполуки Нітрогену (в перерахунку на аміак)	6	>2,4	0,12-2,4	>36	-
Йони важких металів	-	-	0	-	-
Розчинений кисень, г О <sub>2</sub> /м <sup>3</sup>	-	-	6-8	6-8	-
Залишковий активний хлор, г/м <sup>3</sup>	До 1,0	-	До 1,0	-	-
рН	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5

Такі вимоги для підприємств хімічної промисловості наведені в табл.5.7. Звичайно, якщо для підживлення оборотних систем

використовують замість свіжої очищені стічні води, вимоги до цієї води повинні повністю відповідати показникам, наведеним у табл. 5.7.

Таблиця 5.7.- Вимоги до якості води для підживлення теплообмінних апаратів оборотного водопостачання в хімічній промисловості

Показники якості	Для оборотної води	Величини, необхідні для підживлювальної води	
		Зі скиданням 8 % води (з продуванням)	Без скидання оборотної води (замкнений цикл)
Твердість карбонатна, моль/м <sup>3</sup>	2,5	2,0	0,9
Твердість постійна, моль/ м <sup>3</sup>	5,0	4,0	1,9
Загальний солевміст, г/м <sup>3</sup>	1200	900	445
Хлориди (Cl <sup>-</sup> )	300	237	112
сульфати (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	350-500	277-395	119-187
Сума фосфору та азоту, г/м <sup>3</sup>	3	2,4	1,1
Завислі речовини, г/м <sup>3</sup>	30	23,6	11,2
Окислюваність перманганат на, г O <sub>2</sub> /м <sup>3</sup>	8-15	11,8-12,8	3-5,7
ХСК, г O <sub>2</sub> /м <sup>3</sup>	70	55	26
Масла і речовини, що утворюють смолу, г/м <sup>3</sup>	0,3	0,25	0,10

Переведення оборотних систем водопостачання на режим, який не потребує стабілізаційного скидання оборотної води для “продування”, дає змогу зменшити об’єм води для підживлення систем не менш ніж у 3 рази і відповідно зменшити об’єм капітальних, а також експлуатаційних затрат на водопідготовку. Однак у безстічних “замкнених” оборотних системах водопостачання до води для підживлення, висуваються більш жорсткі вимоги.

Загалом організація замкненого циклу промислового водопостачання підприємства шляхом повернення очищених стічних вод не може обмежуватися використанням цих стічних вод в оборотних теплообмінних системах. Потреба у воді таких систем у багатьох галузях промисловості менша за об’єм усіх промислових і побутових стічних вод промислового вузла. Тому основна маса води споживається для технологічних або енергетичних процесів. До якості такої води вимоги, як правило, вищі, ніж до води оборотних систем водопостачання. У ряді хімічних, целюлозно-паперових виробництв та в теплоенергетиці споживається в значній

кількості вода, яка містить солей менше ніж 10-15 г/м<sup>3</sup>, з твердістю, що не перевищує 0,01 моль/ м<sup>3</sup>, і окислюваністю до 2 г О<sub>2</sub>/м<sup>3</sup>.

Найбільше розроблені і науково обґрунтовані вимоги до води, що використовується для живлення котлів. Для багатьох технологічних потреб немає точних науково обґрунтованих вимог до води, але така робота постійно здійснюється галузевими науково-дослідними установами. Деякі основні вимоги до води, що використовується для живлення котлів різних типів, основні показники якості води, що споживається в целюлозо-паперовій промисловості, виробництві хімічного волокна, хімічній та легкій промисловості, наведені в табл.5.8.

Таблиця 5.8.- Вимоги, що висуваються до якості технічної води

Показники якості	Галузь використання								
	Котли жаротрубні (0,5-1,5 Мпа)	Котли високого тиску (5-10 Мпа)	Прямо струминні котли (10-15 Мпа) і прямоструминні надкритичного тиску (21,5-30 Мпа)	Целюлозно-паперова промисловість: отримання			Виробництво хімічних волокон	Хімічна промисловість	Текстильна промисловість
				Деревинної маси	Сировини невідбіленої	Целюлози невідбіленої			
Загальна твердість, моль/ м <sup>3</sup>	0,35	0,35	0,003	-	5	5	0,03 5	0,012 -0,05	<1,6
Лужність, моль/ м <sup>3</sup>	-	-	-	-	-	-	5,5	-	-
Вміст,г/м <sup>3</sup> оксиду силіцію (IV)	не. норм	0,7	0,2	-	50	50	-	-	-
Міді	0,5	0,05	0,005	-	-	-	-	-	-
Мангану	-	-	-	-	-	-	0,03	0,1	0,1
Заліза	1	0,05	0,01	0,3	1	0,1	0,05	0,1	0,1
Кисню	1	0,3	0,01	-	-	-	-	-	-
Нітратів і нітритів	-	-	0,02	-	-	-	-	-	-
Рн	8-10	8-10	7-8,5	6-10	6-10	6-10	7-8	6,2- 8,3	6.5- 8.5
Кольоровість, град	-	-	-	-	-	-	<5	20	<25
Окислюваність, г О <sub>2</sub> /м <sup>3</sup>	-	-	-	-	-	-	<4	-	-

Вода для паросилового господарства має бути вільною від домішок, які можуть спричиняти відклади накипу, винос солей з парою і корозію металу, тому важливою характеристикою є твердість води. Небезпека утворення накипу полягає в його малій теплопровідності. Це призводить до погіршення теплопередачі, перевитрати палива, підвищення температури (перегріву) метану, що викликає розриви на найбільш тепло напружених кип'ятильниках і екранних трубах. Крім того, накип порушує циркуляцію води у котлі і може повністю забити труби. Накип утворюється в результаті термічного розпаду бікарбонатів, а також збільшення концентрації інших розчинених у воді солей, що пов'язано з безперервним випаровуванням. А це, в свою чергу, призводить до осідання солей з розчину і відкладення їх на стінках котла.

### *Приклад розрахунку*

Зробити оцінку якості води для господарсько-питних потреб та для потреб промисловості, використовуючи дані табл.5.9. у вигляді таблиць 5.10-11.

Таблиця 5.9. - Дані показників якості води р.Дунай

№ п/п	Показник якості	Одиниці вимірювання	Значення показника	Примітка
1	рН	-	8.0	
2	Завислі речовини	мг/л	33.0	
3	Розчинений кисень	мг/л	19.88	
4	БПК <sub>5</sub>	мг/л	8,31	
5	Азот нітритів	мг/л	0.035	
6	Азот нітратів	мг/л	16.5	
7	Лужність	мг-екв/л	3.9	
8	Сульфати	мг/л	100.61	
9	Хлориди	мг/л	62,39	
10	Загальна жорсткість	мг-екв/л	5,71	
11	Калій + Натрій	мг/л	47,15	
12	Кальцій	мг/л	69,15	
13	Магній	мг/л	27,23	
14	Кремній	мг/л	2,8	
15	Залізо	мг/л	0,18	
16	Фтор	мг/л	0,65	
17	Нафтопродукти	мг/л	0,11	
18	Сухий залишок	мг/л	462.0	

Таблиця 5.10 . – Оцінка якості води р. Дунай для господарсько-питного водопостачання

№ п/п	Показник якості	Одиниці вимірювання	Значення показника	ГДК	Сі/ГДК
1	РН	-	8.0	6,5-8,5	-
2	Завислі речовини	мг/л	33.0	Фон+0,25	-
3	Розчинений кисень	мг/л	19.88	4	-
4	БПК <sub>5</sub>	мг/л	8,31	3,0	2,77
5	Азот нітритів	мг/л	0.035	1,0	0,035
6	Азот нітратів	мг/л	16.5	10	1,65
7	Лужність	мг-екв/л	3.9	6,5	-
8	Сульфати	мг/л	100.61	500	-
9	Хлориди	мг/л	62,39	350	-
10	Загальна жорсткість	мг-екв/л	5,71	7,0	-
11	Калій + Натрій	мг/л	47,15	200	-
12	Кальцій	мг/л	69,15	Не норм.	-
13	Магній	мг/л	27,23	Не норм.	-
14	Кремній	мг/л	2,8	10	-
15	Залізо	мг/л	0,18	0,3	-
16	Фтор	мг/л	0,65	1,5	-
17	Нафтопродукти	мг/л	0,11	0,05	2,2
18	Сухий залишок	мг/л	462.0	1000	-

Висновок: вода не придатна господарсько-питного водопостачання тому, що значення БПК<sub>5</sub>, азот нітритів, азот нітратів, нафтопродукти перевищують ГДК.

Таблиця 5.11.- Оцінка дотримання вимоги до якості води в охолодних системах оборотного водопостачання

Показник якості	Сі	В азотному виробництві	Сі/Ві
	Температура, °С	25	28-30
Твердість загальна, моль/м <sup>3</sup>	5,71	1,5-2,5	2,28
Загальний солевміст, г/м <sup>3</sup>	554,84	<1200	-
Завислі речовини, г/м <sup>3</sup>	33,0	20-30	1,1
Хлориди (Cl <sup>-</sup> )	62,39	До 350	-
сульфати (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	100,61	>500	-
РН	8,0	6,5-8,5	-

Висновок: вода не придатна для її використання в охолодних системах оборотного водопостачання в азотному виробництві тому, що не дотримуються вимоги по вмісту завислих речовин, та значенню жорсткості. Але її можна довести до потрібного стандарту за умов фільтрування води, обробки содою та підігріву.

Таблиця 5.12. – Вихідні дані

Показники якості	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Розчинений кисень, мг/дм <sup>3</sup>	10,98	9,0	8,45	6,92	6,53	7,86	9,5	8,2	5,98	8,51	8,26	7,39	6,9	7,2	6,92	6,53	7,86	9,5	8,2	5,98
БПК <sub>5</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	2,33	3,94	1,98	2,70	1,54	2,20	0,65	1,0	2,14	0,9	0,7	0,96	0,84	0,76	2,20	0,65	1,0	2,14	0,9	0,7
pH	8,31	8,1	8,24	8,05	8,14	8,11	8,2	8,33	7,95	7,98	7,96	8,22	7,95	7,97	8,24	8,05	8,14	8,11	8,2	8,33
Взвеш. в-ва, мг/дм <sup>3</sup>	138	43,1	49,1	3,10	2,2	185	1,48	130	65	43,5	43,8	159	23	54	3,10	2,2	185	1,48	130	65
ХПК	38,2	9,15	12,4	14,6	24,5	23,4	10,0	32,9	15,0	11,2	10,3	32,9	15,0	13,0	21,1	11,3	12,1	14,5	10,3	30,1
Азот нітритів, мг/дм <sup>3</sup>	0,03	0,024	0,007	0,087	0,027	0,0234	0,076	0,025	0,009	0,004	0,057	0,068	0,01	0,004	0,087	0,027	0,0234	0,076	0,025	0,009
Азот нітратів, мг/дм <sup>3</sup>	2,82	1,74	0,71	0,90	0,76	0,92	2,40	1,47	1,40	1,56	0,75	1,2	0,92	1,43	1,40	1,56	0,75	1,2	0,92	1,43
Азот амонійний, мг/дм <sup>3</sup>	0,248	0,45	0,33	0,28	0,27	0,374	0,35	0,396	0,37	0,15	0,084	0,354	0,321	0,326	0,28	0,27	0,374	0,35	0,396	0,37
Фосфор загальний, мг/дм <sup>3</sup>	0,129	0,210	0,083	0,068	0,088	0,09	0,14	0,074	0,082	0,094	0,104	0,12	0,082	0,94	0,09	0,14	0,074	0,082	0,094	0,104
Нафтопродукти, мг/дм <sup>3</sup>	0,009	0,037	0,038	0,017	0,014	0,031	0,32	0,013	0,081	0,054	0,203	0,20	0,081	0,049	0,017	0,014	0,031	0,32	0,013	0,081
Мінералізація, мг/дм <sup>3</sup>	423	374	293	279	263	294	268	311	297	305	282	254	309	271	294	268	311	297	305	282
Прозорість, см	4,0	6,0	5,0	14,0	14,0	2,0	20,0	4,0	15,0	12,3	7,5	3,0	5,0	11,0						
Кольоровість, град	28	0	27	30	24	30	19	25	20	24	25	26	30	28	27	24	22	23	25	30
Окислюваність перманганатна, мг/дм <sup>3</sup>	3,5	3,4	4,32	3,36	5,68	3,28	7,2	6,5	7,52	4,0	3,8	5,14	7,5	4,0	3,5	3,4	4,32	3,36	5,68	4,0
Лужність, Мг-екв/ дм <sup>3</sup>	3,1	3,31	2,30	2,37	2,20	2,35	3,50	2,70	2,57	2,56	2,83	2,85	3,14	2,65	3,1	2,6	2,89	3,11	3,0	2,0
Жорсткість, екв/ дм <sup>3</sup>	4,1	4,2	3,2	3,0	3,15	3,2	5,5	3,58	3,47	3,43	3,65	3,76	3,2	3,4	3,5	4,0	3,6	2,9	4,1	3,5
Сульфати, мг/ дм <sup>3</sup>	48,66	41,1	43,0	35,0	34,77	46,09	86,0	36,6	39,2	44,3	44,5	53,1	42,3	45,1	38,2	30,6	45,3	41,0	51,2	36,8



## Продовження таблиці 5.12

Показники якості	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Хлориди, мг/ дм <sup>3</sup>	32,4	33,1	30,0	23,9	24,1	24,7	22,0	37,3	24,9	24,1	23,3	32,5	26,1	23,8	22,7	30,1	26,3	24,3	24,9	21,0
СПАР, мг/ дм <sup>3</sup>	0,072	0,054	0,123	0,165	0,071	0,140	0,020	0,016	0,138	0,157	0,187	0,201	0,231	0,189	0,154	0,135	0,162	0,124	0,098	0,085
Кальцій, мг/ дм <sup>3</sup>	58,1	60,1	46,1	46,1	44,97	43,1	60,0	50,9	47,5	48,1	51,4	50,8	46,3	45,9	40,7	52,3	61,0	62,4	55,8	45,5
Магній, мг/ дм <sup>3</sup>	14,6	14,6	11,0	8,50	11,1	11,0	30,0	12,7	13,4	12,5	13,6	14,8	13,2	11,5	12,1	16,4	13,3	15,2	12,4	11,0
Натрій і калій, мг/ дм <sup>3</sup>	23,0	23,0	20,0	14,0	23,0	22,0	16,0	15,0	18,0	20,0	15,0	28,0	24,0	19,0	16,0	14,0	19,0	20,1	23,0	25,0
Залізо, мкг/ дм <sup>3</sup>	50	72	36	18	12	13	50	60	12	79	34	3	79	35	36	45	30	51	46	27
Мідь, мкг/ дм <sup>3</sup>	10	25	40	10	11	5	6	8	4	9	5	6	4	6	10	11	9	5	3	8
Хром (IV), мкг/ дм <sup>3</sup>	0,5	0,6	0,4	1,3	2,1	0,4	0,3	0,5	0,4	0,6	1,1	1,0	0,8	0,9	1,0	1,2	0,8	0,7	0,6	0,2
Фосфати мкг/ дм <sup>3</sup>	255	268	152	108	98	20	40	126	176	218	202	85	178	218	113	96	52	113	145	135
Феноли, мкг/ дм <sup>3</sup>	0,5	0,4	1,4	1,1	1,6	3,6	0,9	0,7	2,0	3,1	2,2	2,1	2,3	3,1	0,9	1,6	2,4	3,1	2,0	2,4

## 6 ВИБІР ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ОЧИСТКИ ВОДИ І СКЛАДУ СПОРУД

Метод обробки та необхідний для цього склад очисних споруд встановлюється в залежності від якості води у джерелі, виробництва станції і місцевих техніко-економічних умов.

Обробка води без використання коагулянту можлива тільки при кольоровості її в джерелі водопостачання до 50 град. і при розході до 3000 м<sup>3</sup>/діб. Обробка води з використанням коагулянтів використовується за будь-якої кольоровості в джерелі водопостачання і незалежно від виробництва водоочисної станції.

Приблизний склад технологічних споруд освітлення та позбавлення кольору води представлений в табл. 6.1.

При вмісті у вихідній воді планктону більше 1000 кл/мл, слід встановлювати мікрофільтри.

Кількість завислих речовин, указане в табл. 6.1, включає в себе і завислі речовини, що утворюються за рахунок введення реагенту (коагулянту, вапна).

Відстійники, як вертикальні, так і горизонтальні і висвітлювачі із шаром завислого осаду слід застосовувати при кількості завислих речовин у вихідній воді не менш 50 мг/л. Висвітлювачі із шаром завислого осаду можна застосовувати тільки при рівномірній подачі води на очисні споруди і за відсутності різких коливань температур води впродовж доби. Вибір складу очисних споруд слід проводити на розрахунковий період, а не на першу чергу будівництва, збільшення виробництва водоочисної станції може викликати змінення в наборі основних споруд.

Прийнятий на основі табл. 6.1 основних технологічних споруд є орієнтовним. Його уточнення відбувається техніко-економічним розрахунком при порівнянні варіантів.

В залежності від якісних показників води в джерелі водопостачання можуть використовуватись різні способи хімічної обробки води, перелік яких представлений в таблиці 6.2.

*Приклад розрахунку*

Визначити метод обробки води і склад очисних споруд на основі даних, наведених в табл. 6.2. За табл. 6.1 та першими трьома варіантами можна прийняти реагентний метод обробки води для всіх трьох випадків.

Склад очисних споруд: 1-й варіант – висвітлювачі із шаром завислого осаду, швидкі фільтри; 7-й варіант – контактні освітлювачі; 3-й варіант – горизонтальні відстійники, швидкі фільтри.

Таблиця 6.1.- Приблизний склад основних технологічних споруд станції освітлення та позбавлення кольору води

Склад основних споруд	Умови переважного використання		
	Якість вихідної води		Виробництво станції, м <sup>3</sup> /діб
	Завислі речовини, мг/л	Кольоровість, град	
<i>Обробка води з використанням коагулянтів</i>			
Прямотечійні фільтри: Напірні фільтри Відкриті фільтри Грубозернисті фільтри фільтри для часткового висвітлення	До 50 До 30 До 150	До 80 До 50 До 150	До 3000 Будь-яка Будь-яка
Контактні висвітлювачі	До 150	До 150	Будь-яка
Віртикальні відстійники та швидкісні фільтри	До 2500	Будь-яка	До 3000
Висвітлювачі із завислим осадом та швидкісні фільтри	До 2500	Будь-яка	До 3 000
Горизонтальні відстійники та швидкісні фільтри	До 2500	Будь-яка	До 30 000
Двосходинне відстоювання та швидкісні фільтри	Більше 2500	Будь-яка	Будь-яка
<i>Обробка води без застосування коагулянту</i>			
Повільні фільтри з видаленням піску при регенерації	До 50	До 50	До 1000
без видалення піску при регенерації	До 700	До 50	До 30 000
Префільтри і повільні фільтри без видалення піску при регенерації	До 1000	До 150	До 30 000

Таблиця 6.2. - Способи обробки води

Показники якості води в джерелі	Спосіб хімічної обробки води	Рекомендовані реагенти
Мутність	Коагулювання. Обробка флокулянтами	Коагулянти: сірчаноокислий алюміній, хлорне залізо. Флокулянти: поліакриламід; активована кремнієва кислота
Кольоровість, підвищений вміст органічних речовин і планктону	Попереднє хлорування. Коагулювання. Обробка флокулянтами. Озонування.	Рідкий хлор, хлорне вапно, коагулянти, активована крмнієва кислота, озон
Низька лужність, що ускладнює коагуляцію	Підлужування	Вапно, сода
Нестабільна вода з отриц індексом насичення	Підлужування, фосфатування	Вапно, сода, гексаметафосфат або триполіфосфат натрію
Нестабільна вода з позитивним індексом насичення	Підкислення, фосфатування	Кислоти(сірчана, соляна). Гексаметафосфат або триполіфосфат натрію
Присмаки і запахи	Вуглевання. Попереднє хлорування. Попереднє хлорування з аммонізацією. Обробка перманганатом калію. Озонування.	Активоване вугілля, рідкий хлор, хлорне вапно. Аміак. Перманганат калію. Озон.
Бактеріальне забруднення	Хлорування, озонування	Рідкий хлор. Хлорне вапно, гипохлорити, озон, аміак.
Нестача фтору (менш 0,5 мг/л)	Фторування	Фтористий або кремнефтористий натрій, кремнефтористий амоній, кремнефтористоводна кислота.
Надлишок фтору (більш 1,5 мг/л)	Обезфторування	Активований окис алюмінію.
Надлишок заліза (більш 0,3 мг/л)	Аерація. Хлорування. Підлужування. Коагцлювання. Обробка перманганатом калію. Катіонування.	Рідкий хлор. Вапно, сода. Коагулянти. Перманганат калію, катіоніти.

Таблиця 6.2.- Вихідні дані

Основні показники	В а р і а н т и									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Виробництво станції (з урахуванням особових потреб), м <sup>3</sup> /діб	23000	6000	10000	15000	100000	30000	200000	600000	1000000	800000
Мутність, мг/л	300	100	120	150	200	145	80	450	100	220
Кольоровість, град	50	60	70	80	90	55	70	50	80	60
Вкус, бал	3	1	2	4	2	3	2	2	3	2
Запах, бал	2	5	4	1	2	3	3	2	2	3
pH	6,5	6,6	7,5	8,0	7,2	6,9	7,5	8,0	7,0	8,0
Лужність, мг-екв/л	0,2	0,3	0,4	0,5	0,61	0,55	0,2	0,95	0,45	0,30
Загальна жорсткість, мг-екв/л	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Карбонатна жорсткість, мг-екв/л	0,2	0,31	0,24	0,25	0,36	0,12	0,2	0,94	0,44	0,28
Залізо, мг/л	0,35	0,12	0,26	0,30	0,47	0,51	0,30	0,35	0,45	0,4
Фтор, мг/л	0,80	0,50	0,61	0,45	0,35	0,38	0,40	0	0,25	0,36
Мінеральний залишок, мг/л	300	550	420	350	480	500	400	250	260	400
Колі-індекс	60	40	30	20	50	30	40	30	20	40

## 7 РОЗРАХУНОК ДОЗ РЕАГЕНТІВ

Розрахункові дози реагентів встановлюються на основі технологічних досліджень по аналогії з водоочисною станцією, що працює в подібних умовах.

Для орієнтовних розрахунків при розробці проекту максимальні і середньорічні дози реагентів, що випускаються зараз промисловістю, допускається визначати за наведеними нижче даними.

**Дозу безводного коагулянту** в розрахунку на  $Al_2(SO_4)_3$  (сірчаноокислий глинозем), для мутних вод визначають за завислими речовинами (табл. 7.1).

Таблиця 7.1. – Визначення доз коагулянту

Вміст у вихідній воді завислих речовин, мг/л	Доза безводного сірчаноокислого алюмінію або хлорного заліза, мг/л
До100	25-35
101-200	30-45
201-400	40-60
401-600	45-70
601-800	55-80
801-1000	60-90
1001-1400	65-105
1401-1800	75-115
1801-2200	80-125

Менші значення доз коагулянту відносяться до вод, що містять грубодисперсну завись.

Для кольорових вод доза коагулянту  $D_k$  в розрахунку на безводний продукт визначається за формулою:

$$D_k = 4\sqrt{K} \quad , \quad (7.1)$$

де  $K$  – кольоровість вихідної води в градусах платиново-кобальтової шкали.

При одночасному вмісті у воді джерела водопостачання речовин, що обумовлюють кольоровість і мутність, приймається більша з доз, що визначаються за завислими речовинами і за формулою 7.1.

В доповнення до основних коагулянтів для інтенсифікації процесу коагуляції застосовуються *флокулянти*. Найбільш розповсюджені флокулянти – поліакриламід (ПАА) і активований силікат натрію.

**Розрахункова доза ПАА** при введенні його перед відстійниками і освітлювачами зі завислим осадом повинна прийматись у відповідності до табл. 7.2.

Таблиця 7.2. – Доза поліакриламід у залежності від вмісту у воді джерела завислих речовин і кольоровості

Вміст завислих речовин, мг/л	Кольоровість води, град	Доза безводного поліакриламід у, мг/л
10000-501	-	1,0-0,4
500-101	20-60	0,6-0,4
100-10	30-100	1,0-0,6
10	50	1,5-1

При введенні поліакриламід у перед фільтрами – 0,05-0,1 мг/л.

При введенні перед контактними освітлювачами і прямотечій ними фільтрами – 0,4-0,6 мг/л.

**Доза активної кремнієвої кислоти (АК)** в перерахунку на SiO<sub>2</sub> приймається в залежності від місця введення її:

перед відстійниками і освітлювачами із завислим осадом при температурі більше 5-7°C – 2-3 мг/л, при температурі нижче 7°C – 3-5 мг/л;

перед фільтрами 0,2-0,5 мг/л;

перед контактними освітлювачами

і прямотечійними фільтрами

1,0-3,0 мг/л.

Якщо джерелом водопостачання служать поверхневі води, хлорування води слід починати в два етапи: попереднє хлорування (для висвітлення води) перед надходженням її на очисну станцію і для знезараження її після фільтрів.

Доза хлорвмісних реагентів (по активному хлору) при попередньому хлоруванні приймається у межах 3-6 мг/л, а при обробці води з метою знезараження 2-3 мг/л.

Якщо у воді джерела водопостачання спостерігаються сліди фенолу, то щоб у хлорованій воді не з'явилися хлорфенольних запахів і присмаків слід перед введенням у воду хлору вводити також аміак або амонійні солі з розрахунку 20-255 по відношенню до дози хлору.

При недостатній лужності води сірчаноокислий алюміній не утворює гідроокси і, тому, не відбувається процес коагуляції. В цьому випадку слід підлужувати. Підлужування води проводиться содою, їдким натром або вапном.

Доза підлужувального реагенту, мг/л приймається за формулою:

$$D_{\text{щ}} = (D_{\text{к}}/e_{\text{к}} - \text{Щ}_0 + 1) K, \quad (7.2)$$

де  $\text{Щ}_0$  – лужність води, мг-екв/л;

$D_{\text{к}}$  – максимальна доза сірчаноокислого алюмінію, мг/л;

К – коефіцієнт, який дорівнює для:

- вапна – 28;
- їдкого натру – 40;
- соди – 53;

$e_k$  – еквівалентна вага безводного коагулянту мг-екв/л:

$Al(SO_4)_3$  – 57;

$FeCl_3$  – 54;

$Fe_2(SO_4)$  – 67.

У випадку, коли концентрація фтору у води джерела водопостачання дорівнює менш 0,5 мг/л необхідно передбачити фторування води. Фторування здійснюється фтористим алюмінієм.

Доза фторвмісного реагенту, мг/л, розраховується за формулою:

$$D_{\phi} = [m_a - (F^)] 100/k \cdot 100/C_{\phi} \quad , \quad ( \quad )$$

$m$  – коефіцієнт, що враховує втрати фтору в залежності від місця введення реагенту: при введенні фторвмісного реагенту після очистки  $m = 1$ ; перед швидкими фільтрами або контактними освітлювачами  $m = 1,1$ ;

$a$  – необхідна концентрація фтору у питній воді 0,7-1,5;

$F$  – вміст фтору в питній воді;

$K$  – вміст фтору в реагенті за таблицею ( );

$C_{\phi}$  – вміст чистої речовини в технічному продукті, %.

Подачу реагентів в обробляему воду назначається у таких місцях:

- хлорвмісні реагенти (при попередньому хлоруванні) у трубопроводах, що всають воду на водозабірні насосні станції I-го підйому, в напірні трубопроводах, які подають воду на водоочисну станцію, при наявності у воді фенолів аміак належить вводити у воду раніш хлору;
- коагулянт у трубопроводі перед змішувачем або безпосередньо у змішувач;
- реагент для підлужування води слід вводити одночасно з коагулянтом;
- флокулянти вводяться через 2-4 хвилини після введення коагулянту;
- фтор вводиться після очисних споруд або перед швидкими фільтрами.

### Приклад розрахунку

Визначити необхідну кількість реагентів для обробки питної води з урахуванням якості та вихідних даних (Табл. ).



Таблиця . – Показники якості води

Виробництво станції, м <sup>3</sup> /діб	100 000
Мутність, мг/л	100
Кольоровість, град	80
Смак, бал	3
Запах, бал	2
РН	7,0
Лужність, мг-екв/л	0,45
Загальна жорсткість, мг-екв/л	6
Карбонатна жорсткість, мг-екв/л	0,44
Залізо, мг/л	0,45
Фтор, мг//л	0,25
Мінеральний залишок, мг/л	260
Колі-індекс	2,0

Доза безводного коагулянту визначається за таблицею 7.1

$$D_k = 35 \text{ мг/л};$$

За формулою 7.1  $D_k = \sqrt{80} = 8,94 \text{ мг/л}$ . Таким чином, для обробки води необхідно 35 мг/л сірчаноокислого глинозему.

За таблицею 7.2 доза поліакриламідю складає 0,4 мг/л.

Доза підлужування визначається за формулою 7.2

$$D_{лж} = (35/57 - 0,45 + 1) \cdot 28 = 32,59 \text{ мг/л}.$$

Доза реагенту для фторування дорівнює (7.3):

$$D_f = [1,1 \cdot 1,4 - 0,25] \cdot 100/45 \cdot 100/94 = 3,29 \text{ мг/л}.$$

### Завдання для самостійної роботи

Визначити необхідну кількість реагентів для обробки питної води з урахуванням якості та вихідних даних (Табл. ).

Таблиця . – Вихідні дані

Показник	1	2	3	4	5
Виробництво станції, м <sup>3</sup> /діб	100 000	20 000	300 000	15 000	30 000
Мутність, мг/л	100	150	120	90	75
Кольоровість, град	80	60	78	45	95
Смак, бал	3	4	2	5	1
Запах, бал	2	1	3	2	4
pH	7,0	6,8	8,0	7,5	6,9
Лужність, мг-екв/л	0,45	0,56	0,36	0,40	0,50
Загальна жорсткість, мг-екв/л	6	5	4	6	3
Карбонатна жорсткість, мг-екв/л	0,44	0,34	0,35	0,54	0,62
Залізо, мг/л	0,45	0,51	0,37	0,42	0,61
Фтор, мг//л	0,25	0,34	0,42	0,51	0,24
Мінеральний залишок, мг/л	260	289	345	269	453
Колі-індекс	2,0	3,0	4,0	1,0	2,0

## 8 ОЦІНКА ВІНОСУ ЗАБРУДНЮВАЛЬНИХ РЕЧОВИН ПОВЕРХНЕВИМ СТОКОМ З УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ

Поверхневий стік включає дощові, снігові та поливочні стічні води. Він буває організованим та неорганізованим. Організований поверхневий стік збирається з водозбірної території спеціальними лотками та каналами і надходить в мережу каналізації або прямо у водний об'єкт через випуски зливових вод. Неорганізований поверхневий стік стікає у водний об'єкт за рельєфом місцевості.

Основні джерела забруднення поверхневого стоку на міських територіях є:

- сміття з поверхні покриття;
- продукти руйнувань дорожніх покриттів;
- продукти ерозії ґрунтових поверхонь;
- викиди у атмосферу промисловими підприємствами, автотранспортом, опалювальними системами;
- виливи нафтопродуктів на поверхню покриття;
- втрати сипучих та рідких продуктів, сировини, напівфабрикатів;
- ділянки для збору побутового сміття.

Формування поверхневого стоку відбувається під впливом комплексу природних (атмосферні опади, випаровування, фільтрація. Затримання вологи рослинами) і антропогенних (використання водозбірної території, застосування штучних покриттів, технологія миття покриттів) факторів.

Контроль якості поверхневого стоку здійснюється шляхом аналізу проб, які відбирають з дощової або промислово-дощової мережі. Для дощових вод інтервал між відбором проб на початку дощу дорівнює 5-10 хвилин, а в наступний період 20-30 хвилин. Для снігових вод проби відбираються у НДІ сніготанення між 12 і 14 годинами з інтервалом в 30 хвилин.

Оцінку виносу речовин з поверхневим стоком роблять на підставі орієнтовних даних про склад та кількість поверхневого стоку. Кількість дощових та снігових залежить від кількості опадів і характеристики водозбірної території. Для урахування втрат поверхневого стоку (за рахунок фільтрації, випаровування) використовується коефіцієнт стоку ( $\psi$ ). Цей коефіцієнт дорівнює відношенню кількості води, яка стікає з поверхні у водний об'єкт з одиниці площі в одиницю часу, до кількості опадів на одиницю площі. Його величина для поливомийочних вод приймається 0,6, значення для основних типів поверхонь наведені в таблиці.

Значення коефіцієнту стоку для водозбірної території розраховується як середньозважене для всієї площі за формулою:

$$\Psi = \sum \psi \alpha \quad , \quad (8.1)$$

де  $\alpha$  – вагові коефіцієнти, які дорівнюють за величиною відношенню площі, яку займають даним видом покриття, до загальної площі;

$\psi$  - коефіцієнт стоку для різних видів покриття.

Таблиця 8.1 . - Значення коефіцієнту стоку об'єкт

Вид поверхні	Величина коефіцієнту стоку	
	Дощовий стік	Сніговий стік
Забудовані території	0,6	0,6
Парки, гравійні покриття	0,3	0,6
Водонепроникні поверхні	0,7	0,94
Грунтові поверхні	0,2	0,6
Газони	0,1	0,2

Об'єм снігових вод за рік розраховується за формулою:

$$W_c = 10 \cdot \varphi_c \cdot F \cdot H_c, \quad (8.2)$$

де  $\varphi_c$  – коефіцієнт стоку снігових вод;

$F$  – площа водозбірної території, га;

$H_c$  – шар опадів за холодний період року, мм.

Об'єм полив очних стічних вод визначається за формулою:

$$W_{nm} = 10 \cdot m \cdot k \cdot \varphi_{nm} \cdot F_m, \quad (8.3)$$

де  $\varphi_{nm}$  – коефіцієнт стоку поливочних вод;

$F_m$  – площа водозбірної території, яка миється га;

$m$  – розхід води на мийку одиниці площі, л/м<sup>2</sup>;

$k$  – кількість мийок за рік.

Значення всіх параметрів, входять в цю формулу, визначається у відповідності до таких нормативів:

- на мийку одиниці площі витрачається від 1,2 до 1,5 літрів води;
- кількість мийок для умов міста складає від 50 до 150 за рік;
- площа покриття, яка потребує миття, дорівнює 20% від загальної території.

Якщо на водозбірній території розташовані великі парки або ділянки лісних масивів, з'являється ефект затримання частини атмосферних опадів рослинним покривом. В цьому випадку кількість затриманих опадів виконується за абсолютними нормами затримання, що наведені в таблиці 8.2.

Таблиця 8.2. – Абсолютні норми затримання атмосферних опадів деревинною рослинністю

Вид рослинності	Шар затриманих атмосферних опадів Нз, мм											
	Місяці											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Хвойний ліс	10	10	10	18	19	20	25	22	17	16	12	10
Листяний ліс	1	1	1	4	10	11	14	12	8	6	4	2

Шар атмосферних опадів коректується за величиною затриманих опадів з урахуванням відношень площ, які зайняті різними видами дерев, і всієї водозбірної площі. Об'єм дощових стічних вод за рік визначається за формулою:

$$W_d = 10 \cdot \varphi_d \cdot F \cdot (H_d - H_z), \quad (8.4)$$

Загальний об'єм поверхневого стоку з водозбірної території за рік визначається як сума складових:

$$W = W_d + W_c + W_{пм}, \quad (8.5)$$

Сумарне значення річного виносу речовини з поверхневим стоком розраховується як:

$$G = C_d W_d + W_c C_c + W_{пм} C_{пм}, \quad (8.6)$$

де  $C_d$ ,  $C_c$ ,  $C_{пм}$  – концентрації речовин у дощових, снігових і поливочних стічних водах відповідно, г/м<sup>3</sup>. Їх можна визначити за таблицями 8.3-5.

Таблиця 8.3. – Осереднені показники складу поверхневого стоку з території міста

Показник	Концентрація стічних вод, г/м <sup>3</sup>		
	Дощові води	Снігові води	Поливочні води
Завислі речовини	1500	3000	4000
Мінеральний склад	300	0	-
ХПК	500	450	320
БСК	75	200	200
Нф	13	35	40

Таблиця 8.4. – Середній вміст завислих речовин у поверхневому стоці з території міста в залежності від характеристики водозбірного басейну

Характеристика водозбірного басейну	Вміст завислих речовин, г/м <sup>3</sup>		
	Дощовий стік	Сніговий стік	Поливочний стік
Сучасна житлова забудова	1300	2500	3000
Недостатньо благоустроєна територія з перевагою садибної забудови	2100	2000	-
Центральні благоустроєні райони міста з інтенсивним рухом	910	3000	3500
Райони , які включають крупні промислові підприємства і житлові квартали	1850	4000	4500
Будівельні ділянки, житлові райони на території, яка піддається ерозії	5000	6000	5500

Таблиця 8.5. – Усереднені показники складу дощового стоку з території промислових підприємств

Показник	Вміст у дощовому стоці з території підприємств, г/м <sup>3</sup>	
	1-ї групи	2-ї групи
Завислі речовини	1500	3000
Нф при інтенсивному русі автотранспорту	55	150
Для нафтової галузі	450	500
Мінеральний склад	350	400

#### *Приклад розрахунку*

Визначити винос завислих речовин з території міста (сучасна забудова) поверхневим стоком з урахуванням, що:

- площа міської забудови – 23 тис.га;
- сума снігових опадів – 133 мм;
- сума дощових опадів – 230 мм;
- кількість мийок – 1;
- розхід води на мийку – 1,5 л/м<sup>2</sup>;
- площа відповідно типам покриттів , дол..один. – 1- 0,25;
- -2- 0,1;
- -3- 0,05;
- -4- 0,33;
- -5- 0,27.

Значення коефіцієнту стоку для водозбірної території розраховується як середньозважене для всієї площі за формулою (8.1):

$$\Psi_d = (0,6 \cdot 0,25 + 0,3 \cdot 0,1 + 0,7 \cdot 0,05 + 0,2 \cdot 0,33 + 0,1 \cdot 0,27) = 0,308,$$

$$\Psi_c = (0,6 \cdot 0,25 + 0,6 \cdot 0,1 + 0,94 \cdot 0,05 + 0,6 \cdot 0,33 + 0,2 \cdot 0,27) = 0,509.$$

Об'єм снігових вод за рік розраховується за формулою (8.2):

$$W_c = 10 \cdot 0,509 \cdot 23000 \cdot 230 = 26\,926\,100.$$

Об'єм полив очних стічних вод визначається за формулою (8.3):

$$W_{пм} = 10 \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 4600 = 41\,400.$$

Шар атмосферних опадів коректується за величиною затриманих опадів з урахуванням відношень площ, які заняті різними видами дерев, і всієї водозбірної площі. Об'єм дощових стічних вод за рік визначається за формулою:  $W_d = 10 \cdot 0,308 \cdot 23\,000 \cdot (133 - 70) = 4\,462\,920$ .

Загальний об'єм поверхневого стоку з водозбірної території за рік визначається як сума складових:

$$W = 26\,926\,100 + 41\,400 + 4\,462\,920 = 34\,430\,420 \text{ м}^3.$$

Сумарне значення річного виносу речовини з поверхневим стоком розраховується як:

$$G = 1300 \cdot 26\,926\,100 + 2500 \cdot 41\,400 + 3000 \cdot 4\,462\,920 = 48,5 \text{ т}.$$

#### Завдання для самостійної роботи

Визначити винос забруднюючих речовин з території міста поверхневим стоком з урахуванням типів покриттів та площ використання території.

Вихідні дані надані у таблиці 8.6.

Таблиця 8.6. Вихідні дані

варіант	Площа міста, тис. га	Сума опадів, мм		Кількість мийок	Розхід води на одну мийку. л/м <sup>2</sup>
		дощові	снігові		
1	120	120	200	200	1,2
2	130	123	250	212	1,3
3	140	124	225	231	1,4
4	125	135	230	251	1,5
5	138	220	215	168	1,2
6	154	200	320	187	1,3
7	168	245	300	193	1,4
8	147	260	250	125	1,5
9	198	190	240	136	1,2
10	154	240	260	124	1,3
11	234	300	305	119	1,4
12	2651	320	230	173	1,5
13	265	260	210	200	1,2
14	321	250	200	205	1,3
15	341	400	240	193	1,4
16	351	290	300	186	1,5
17	421	310	165	210	1,2
18	220	305	200	220	1,3
19	210	275	240	234	1,4
20	230	355	220	136	1,5



Продовження таблиці 8.6.

варіант	Площа покрить в долях від одиниці				
	1	2	3	4	5
1	0,01	0,25	0,13	0,54	0,07
2	0,05	0,13	0,17	0,43	0,22
3	0,1	0,15	0,26	0,45	0,04
4	0,25	0,1	0,05	0,33	0,27
5	0,16	0,21	0,08	0,31	0,24
6	0,03	0,18	0,27	0,22	0,30
7	0,13	0,01	0,07	0,36	0,43
8	0,17	0,05	0,22	0,20	0,36
9	0,26	0,1	0,04	0,33	0,27
10	0,05	0,25	0,27	0,16	0,27
11	0,08	0,16	0,24	0,28	0,24
12	0,27	0,17	0,30	0,31	0,36
13	0,2	0,16	0,54	0	0,10
14	0,16	0,07	0,43	0,20	0,46
15	0,03	0,22	0,45	0,10	0,20
16	0,13	0,04	0,33	0,25	0,25
17	0,17	0,27	0,31	0	0,25
18	0,26	0,24	0,22	0,15	0,13
19	0,05	0,30	0,36	0,14	0,15
20	0,08	0,26	0,20	0,17	0,29

## 9 РОЗРАХУНОК РОЗВОДЖЕННЯ В РІЧКАХ, ОЗЕРАХ ТА ВОДОСХОВИЩАХ

Для розрахунку розводження в середніх та великих річках найбільше розповсюдження отримав метод Фролова-Родзиллера. Коефіцієнт змішування, що показує долю розходу ріки, який приймає участь у розводженні стічних вод, визначають за формулою:

$$a = (1 - e^{-\alpha L}) / (1 + (Q/q) e^{-\alpha L}) , \quad (9.1)$$

де  $Q$  – розхід води (при 95%-ної забезпеченості) в створі ріки у місці випуску,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$q$  – розхід стічних вод,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$L$  – довжина русла від місця випуску стічних вод до розрахункового створу,  $\text{м}$ ;

$\alpha$  – коефіцієнт, що залежить від гідравлічних умов змішування, він розраховується за формулою:

$$\alpha = \xi \varphi \sqrt{E/q} , \quad (9.2)$$

де  $\xi$  – коефіцієнт, який враховує місце розташування випуску

(для берегового випуску  $\xi=1$ , для руслового випуску  $\xi=1,5$ );

$\varphi$  – коефіцієнт звивистості русла, що визначається як відношення довжини русла від випуску до розрахункового створу по фарватеру

до відстані між цими перетинами по прямій;

$E$  – коефіцієнт турбулентної дифузії, який визначається за формулою:

$$E = v_{\text{cp}} H_{\text{cp}} / 200 , \quad (9.3)$$

де  $v_{\text{cp}}$  – середня швидкість течії води в річці на ділянці між випуском та розрахунковим створом.  $\text{м}/\text{с}$ ;

$H_{\text{cp}}$  – середня глибина річки на тій же ділянці,  $\text{м}$ .

Для визначення кратності розводження в розрахункових створах слід використовувати формулу:

$$N = (a Q + q) / q . \quad (9.4)$$

Відповідно до „Правил охорони поверхневих вод від забруднення стічними водами” розрахунковим створом називають створ, який розташований на проточних водоймах на відстані 1 км вище за течією від найближчого пункту водокористування (водозабір для господарсько-

питного водопостачання), а на непроточних водоймах та водосховищах – створи на відстані 1 км по обидві сторони від пункту водокористування.

Для розрахунку розводження стічних вод в озерах та водоймищах можна користуватися методом Лапшева М.М.

Цей метод використовують як при розсіюючих так і при зосереджених при швидкості витікання стічної води більше 2 м/с. Передбачається, що випуск знаходиться на деякій відстані від берега, глибина у місці облаштування випуску складає більше 30 діаметрів випускної труби. Найменше розводження, що спостерігається на відстані від місця випуску стічних вод в озеро або водосховище, визначають за формулою:

$$N = A(0,2 L/d_o)^{PS} , \quad (9.5)$$

де А – параметр, що визначає зміну розводження за використання розсіюючого випуску (при зосередженому випуску А =1);

L – відстань від місця випуску до розрахункового створу;

d<sub>o</sub> – діаметр випускного отвору;

P – параметр, який залежить від степені проточності водойми та навантаження стічних вод на нього;

S – параметр, що визначається відносною глибиною водойми.

Якщо відома швидкість течії в озері або водосховищі, то

$$P = v_n / (0,00015 v_o + v_n), \quad (9.6)$$

де v<sub>n</sub> – швидкість течії в проточному озері або водосховищі, м/с;

v<sub>o</sub> – швидкість витікання з випуску, м/с.

Параметр S залежить від глибини Н в місці випуску і розраховується за формулою:

$$S = \frac{0,325H}{360 + (v_n/v_o)10^5} + 0,875 . \quad (9.7)$$

#### *Приклад розрахунку*

Розрахувати кратність розводження стічних вод за умов витікання зі швидкістю течії та більше 2 м/с, використовуючи вихідні дані :

- розхід води у річці – 142 м<sup>3</sup>/с;
- розташування випуску стічних вод – русловий;
- коефіцієнт звивистості – 1,4;
- розхід стічних вод – 3,2 м<sup>3</sup>/с;
- середня швидкість течії – 0,25 м/с;
- швидкість витікання – 2,4 м/с;

- діаметр отвору – 0,5 м.

Коефіцієнт турбулентної дифузії, який визначається за формулою (9.3):

$$E = 0,25 \cdot 3 / 200 = 0,1$$

Коефіцієнт, що залежить від гідравлічних умов змішування, він розраховується за формулою (9.2):

$$\alpha = 1,5 \cdot 1,4 \sqrt{0,1} / 3,2 = 0,65$$

Коефіцієнт змішування, що показує долю розходу ріки, який приймає участь у розводженні стічних вод, визначають за формулою (9.1):

$$a = (1 - e^{-0,65 \sqrt{250}}) / (1 + (Q/q) e^{-0,65 \sqrt{250}}) = 0,568.$$

Кратність розводження в розрахункових створах слід використовувати формулу (9.4):

$$N = (0,568 \cdot 142 + 3,2) / 3,2 = 26,2 .$$

$$P = 0,25 / (0,00015 \cdot 24 + 0,25) = 0,99876$$

Параметр S залежить від глибини Н в місці випуску і розраховується за формулою:

$$S = \frac{0,325 \cdot 3}{360 + (0,25/2,4)10^5} + 0,875 =$$

Найменше розводження, що спостерігається на відстані від місця випуску стічних вод в озеро або водосховище, визначають за формулою 9.5):

$$N = (0,2 \cdot 250 / 0,5)^{PS} =$$

### Завдання для самостійної роботи

Розрахувати кратність розводження стічних вод за умов витікання зі швидкістю течії та більше 2 м/с, використовуючи вихідні дані таблиці 9.1.-2.

Таблиця 9.1

Варіант	Розхід води річці, м <sup>3</sup> /с	Розташування у випуску	Ф	Розхід стічних вод, м <sup>3</sup> /с	Середня швидкість течії. м/с	Середня глибина на ділянці, м
1	100	Береговий	1,1	2,0	0,3	5
2	103	русовий	1,2	2,5	0,4	6
3	120	Береговий	1,3	2,1	0,2	7
4	142	русовий	1,4	3,2	0,25	8
5	153	Береговий	1,1	3,1	0,22	9
6	165	русовий	1,2	4,0	0,3	10
7	132	Береговий	1,3	1,6	0,4	11
8	128	русовий	1,4	2,6	0,2	12
9	147	Береговий	1,1	2,7	0,25	13
10	145	русовий	1,2	3,2	0,22	14
11	158	Береговий	1,3	2,0	0,3	15
12	106	русовий	1,4	2,5	0,4	16
13	89	Береговий	1,1	2,1	0,2	17
14	156	русовий	1,2	3,2	0,25	18
15	160	Береговий	1,3	3,1	0,22	19
16	170	русовий	1,4	4,0	0,3	20
17	184	Береговий	1,1	1,6	0,4	11
18	199	русовий	1,2	2,6	0,2	12
19	200	Береговий	1,3	2,7	0,25	13
20	250	русовий	1,4	3,2	0,22	14

Таблиця 9.2

Варіант	Швидкість витікання, м/с	Діаметр випускного отвору, м
1	2,1	0,20
2	2,2	0,30
3	2,3	0,40
4	2,4	0,50
5	2,5	0,30
6	2,1	0,4
7	2,2	0,6
8	2,3	0,45
9	2,4	0,55
10	2,5	0,35
11	2,1	0,20
12	2,2	0,30
13	2,3	0,40
14	2,4	0,50
15	2,5	0,30
16	2,1	0,4
17	2,2	0,6
18	2,3	0,45
19	2,4	0,55
20	2,5	0,35

## 10 РОЗРАХУНОК НЕОБХІДНОГО СТУПЕНЯ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД ПЕРЕД СКИДОМ ЇХ У ВОДОЙМИ

В основу визначення умов відведення стічних вод у проточні водойми покладений розрахунковий метод, який пов'язує показники забруднення стічних вод та показники забруднення водойми і санітарно-гігієнічні нормативи для води водойм для конкретних умов водокористування.

В основу розрахунків покладено рівняння балансу забруднень:

$$a \cdot Q_p \cdot C_p + q C_{ст} \leq (a \cdot Q + q) C_{пдж}, \quad ( . )$$

де  $a$  - коефіцієнт змішування стоків з водою водойми;

$Q_p$  - розхід річки середньомісячний при забезпеченості 95%;

$C_p$  – концентрація забруднювальних речовин вище місця скиду, мг/дм<sup>3</sup>;

$q$  – розхід стоків максимальний, м<sup>3</sup>/с;

$C_{ст}$  - концентрація забруднювальних речовин в очищеному стоці, мг/дм<sup>3</sup>;

$C_{пдж}$  – норматив забруднення води водойми по даній речовині.

Якщо це рівняння вирішити відносно  $C_{пдж}$ , то можна визначити очікуване забруднення води в контрольному створі:

$$C_{оч} = \frac{a \cdot Q_p \cdot C_p + q C_{ст}}{a \cdot Q + q} \quad ( . )$$

Такий розрахунок робиться на стадії проектування очисних споруд і вибору місця для будівництва. Порівняння результатів розрахунку  $C_{оч}$  з нормативом  $C_{пдж}$  дозволяє прогнозувати забруднення в розрахунковому створі. Якщо  $C_{оч} \leq C_{пдж}$ , прогноз сприятливий, якщо навпаки, то необхідно приймати заходи щодо зменшення  $C_{оч}$ .

Окрім розрахунків  $C_{оч}$ , часто приходиться встановлювати необхідний ступінь очистки стічних вод :

$$C_{ст} = \frac{a \cdot Q}{q} (C_{пдж} - C_p) + C_{пдж} \quad ( . )$$

*Приклад розрахунку*

*Зробити висновки щодо умов скидання стічних вод у водойму, розрахувавши очікувану концентрацію забруднювальної речовини в*

контрольному створі, який відстоїть від скиду стічних вод на відстані 500 м. Відомо, що

$a = 0,3$ ;

$Q_p = 26 \text{ м}^3/\text{с}$ ;

$C_p = 120 \text{ мг}/\text{дм}^3$ ;

$q = 12 \text{ м}^3/\text{с}$ ;

$C_{ст} = 200, \text{ мг}/\text{дм}^3$ ;

СПДК –  $150 \text{ мг}/\text{дм}^3$ .

$$C_{оч} = (0,3 \cdot 26 \cdot 120 + 12 \cdot 200) / (0,3 \cdot 26 + 12) = 168,48$$

Висновки:  $C_{оч}$  виявилось меншим за СПДК, тому можна вважати місце скиду стічних вод вдалим та ступінь очистки достатнім.

Завдання для самостійної роботи

Зробити висновки щодо умов скидання стічних вод у водойму, розрахувавши очікувану концентрацію забруднювальної речовини в контрольному створі, який відстоїть від скиду стічних вод на відстані 500 м. Дані для розрахунку за варіантами у таблиці

Варіант	Коефіцієнт змішування	Розхід річки, $\text{м}^3/\text{с}$	Концентрація заліза у стічних водах, $\text{г}/\text{м}^3$	Концентрація заліза у річних водах, $\text{г}/\text{м}^3$	Розхід стічних вод, $\text{м}^3/\text{с}$	
1	0,23	150	0,60	0,25	12,0	
2	0,3	164	0,65	0,20	20,5	
3	0,4	175	0,66	0,24	25,4	
4	0,5	200	0,68	0,23	30,1	
5	0,6	100	0,75	0,14	0,9	
6	0,7	120	0,54	0,16	14,8	
7	0,8	132	0,48	0,27	17,6	
8	0,15	142	0,85	0,31	21,5	
9	0,25	152	0,94	0,3	26,8	
10	0,35	165	0,88	0,16	10,0	
11	0,45	182	0,60	0,25	12,0	
12	0,33	210	0,65	0,20	20,5	
13	0,41	320	0,66	0,24	25,4	
14	0,62	260	0,68	0,23	30,1	
15	0,25	210	0,75	0,14	0,9	



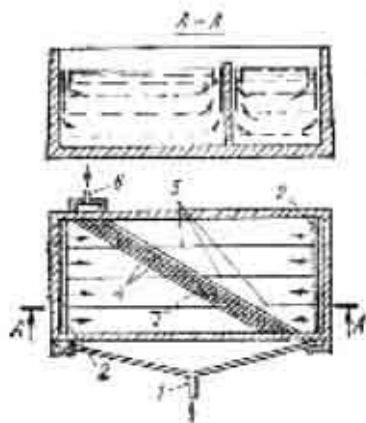
## 11 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ УСЕРЕДНЮВАЧА, РЕШІТКИ, ПІСКОЛОВКИ

Різкі коливання розходу і кількості забруднень стічних вод ускладнюють їх очистку, що збільшує вартість очистки води. Для усереднення розходу і кількості забруднень стічних вод використовуються контактні та проточні усереднювачі. За невеликих розходів і періодичному скиді води використовують контактні усереднювачі. У більшості випадків застосовують проточні усереднювачі, які виконують у вигляді багато коридорних резервуарів або резервуарів з перемішу вальним пристроєм.

З багато коридорних усереднювачів найбільше поширення отримали прямокутні і колові. Усереднення у них досягається за рахунок диференціювання потоку, що при надходженні до усереднювача розділяється на ряд струменів, які протікають по коридорах різної довжини. В результаті у збірному лотку змішуються струмені води різної концентрації, які надходять у різний час. Такі усереднювачі рекомендується використовувати при незначній кількості завислих речовин у стічній воді.

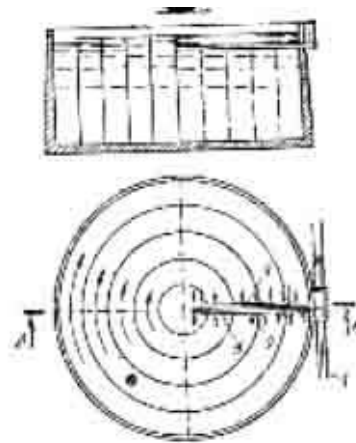
В усереднювачах з перемішувальним пристроєм досягається за рахунок інтенсивного перемішування води. Воно може здійснюватись барботуванням повітря, спеціальними мішалками або циркуляцією води в резервуарах, що створюється насосами.

Усереднювачі звичайно розташовують після відстійників або обладнують їх відстійною частиною.



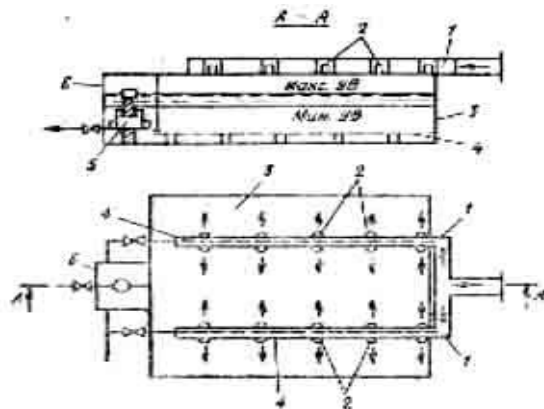
- 1 – водоподаючий канал;
- 2 – розподільчий лоток;
- 3 – глуха діагональна перегородка;
- 4 – збірний лоток;
- 5 – продольні вертикальні перегородки;
- 6 – водовідвідний

Рис. 5.1.- Прямокутний усереднювач



- 3- глуха радіальна

Рис. 5.2.- Круговий усереднювач



- 1- подавальні лотки;
- 2- впускні отвори;
- 3- резервуар усереднювала;
- 4- барботер;
- 5- випускний отвір;
- 6- випускна камера

Рис.5.3.- Усереднювач з перемішу вальним пристроєм

Об'єм усереднювала визначається з урахуванням характеру коливань концентрації забруднювальних речовин, що може бути поділені на три види: залповий, циклічний та довільний.

Багато коридорні усереднювачі рекомендується застосовувати при залпових скидах висококонцентрованих стічних вод. Їх об'єм розраховується за формулою:

$$V=Qt_3K/2 \quad (11.1)$$

- де Q – розхід стічних вод, м<sup>3</sup>/год;
- t<sub>3</sub> – тривалість залпового скиду, годин;
- K- коефіцієнт усереднення:

$$K = (C_{\text{макс}} - C_{\text{сер}})/(C_{\text{скоп}} - C_{\text{сер}}) \quad (11.2)$$

- де C<sub>макс</sub> – максимальна концентрація забруднень в залповому скиді;
- C<sub>сер</sub> - середня концентрація забруднень у скиді;
- C<sub>скоп</sub> - концентрація у стоку, що є допустимою за умовами роботи слідуючи споруджень.

Об'єм усереднювача з перемішуючим пристроєм при залповому скиду треба визначати за формулами:

При  $K < 5$

$$V = \frac{1,3Q t_3}{\ln K / (K - 1)}; \quad (11.3)$$

при  $K > 5$

$$V = 1,3Q t_3 K .$$

Об'єм усереднювача з перемішуючим пристроєм при циклічних коливаннях визначається за формулами:

При  $K < 5$

$$V = 0,21Q t_k \sqrt{K^2 - 1}; \quad (11.4)$$

при  $K > 5$

$$V = 0,21Q t_k K , \quad (11.5)$$

де  $t_k$ - період циклу коливання, год.

У будь-який період часу концентрація забруднень не повинна перевищувати допустиму концентрацію. Перевірочний розрахунок проводиться послідовно для періодів часу (в год):

$$\Delta t < V / (5Q). \quad (11.6)$$

Число періодів повинно бути не менш 50. Зміна концентрації забруднень,  $г/м^3$ , на виході з усереднювача в кожний період часу визначається за формулою

$$\Delta C_{вих} = Q(C_{вх} - C_{вих})\Delta t / V, \quad (11.7)$$

Результат розрахунку  $\Delta C_{вих}$  може бути з будь-яким знаком. Отримане значення  $\Delta C_{вих}$  слід додати до  $C_{вих}$  попереднього періоду часу, в результаті отримаємо  $C_{вих}$  даного періоду часу.

## РЕШІТКИ

Для затримання із стічних вод крупних нерозчинних забруднень використовують решітки, які виготовляють із круглих. Прямокутних або іншої форми металевих стержнів. Зазори між решітками  $b = 16 \div 19$  мм.

Решітки розділяють на нерухомі та рухомі. Найбільш широке поширення набули нерухомі. Для зручності видалення забруднень часто решітки встановлюють під кутом до горизонту  $\alpha = 60 \div 70^\circ$  (рис. 5.4). Якщо кількість забруднень складає  $0,1 \text{ м}^3$  за добу і більше, то очистка решіток повинна бути механізована.

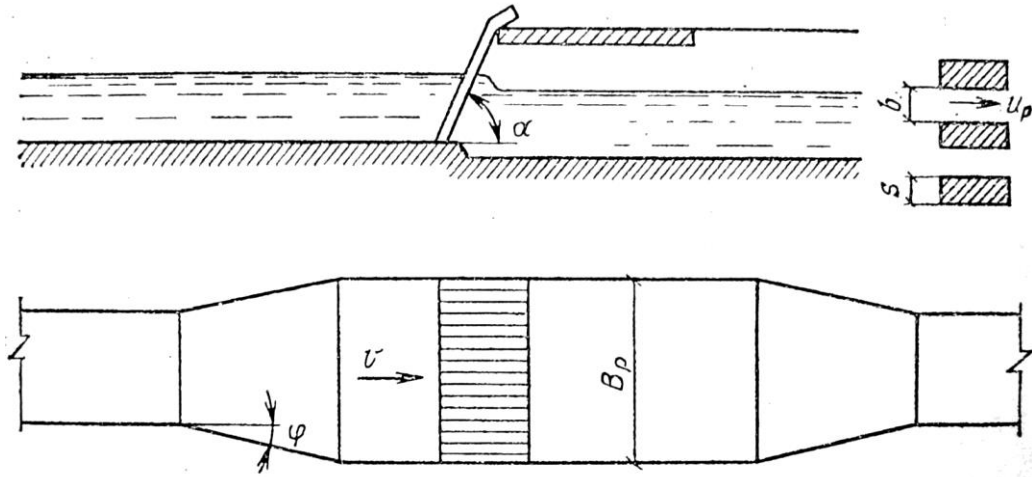


Рис. 5.4. – Решітка з ручною очисткою

При розрахунку решітки спочатку визначають загальне число прозорів  $n$  за формулою:

$$n = \frac{q_{\max}}{bh_1v_p} k_3, \quad (11.8)$$

де  $q_{\max}$  – максимальний розхід стічних вод;

$h_1$  – глибина води перед решіткою;

$v_p$  – середня швидкість у прозорах решітки, яку рекомендують приймати зі значенням біля 1 м/с;

$k_3$  – коефіцієнт, що враховує стиснення прозорів граблями та затриманими забрудненнями (дорівнює 1,5).

Загальна ширина решіток

$$B_p = s(n - 1) + bn, \quad (11.9)$$

де  $s$  – товщина стержнів решітки.

Потім приймається число решіток  $N$  і ширина кожної з них

$$B_l = B_p / N. \quad (11.10)$$

Втрати напору в решітках

$$h_m = \rho \zeta v^2 / (2g), \quad (11.11)$$

де  $\zeta$  – коефіцієнт місцевого опору;

$v$  – швидкість руху води в камері перед решіткою;

$g$  – прискорення вільного падіння;

$\rho$ - коефіцієнт, що враховує втрати напору внаслідок засмічення решітки (орієнтовно рекомендується приймати  $\rho = 3$ ).

Коефіцієнт місцевого опору решітки залежить від форми стержнів і визначається за формулою:

$$\zeta = \beta(s/b)^{4/3} \sin \alpha, \quad (11.12)$$

де  $\beta$  – коефіцієнт, який дорівнює 2,42 для прямокутних та 1,72 для круглих стержнів.

Для проектування решіток кількість затриманих забруднень слід приймати в залежності від розміру решіток (при  $b = 16 \div 20$  мм кількість сміття дорівнює 8 л на 1 чол., а їхня щільність – 750 кг/м<sup>3</sup>).

### ПІСКОЛОВКИ

При розрахунку горизонтальних пісколовки (рис. 11.5) спочатку визначають площу живого перетину одного відділення

$$\varpi = q_{\max} / (vn), \quad (11.13)$$

де  $q_{\max}$  – максимальний розхід стічних вод на одно відділення;

$v$  – середня швидкість руху води;

$n$  – кількість відділень.

Потім знаходять розміри відділення у поперечному перетині. Довжину пісколовки розраховують за формулою:

$$L = kh_1v / u_0, \quad (11.14)$$

де  $h_1$  - глибина проточної частини пісколовки;

$k$  – коефіцієнт (табл. ), що враховує вплив турбулентності і інших факторів на роботу пісколовки;

$u_0$  - гідравлічна крупність піску розрахункового діаметру.

Таблиця 11. .- Значення коефіцієнта  $k$

Діаметр часток піску	Гідравлічна крупність $u_0$ , мм/с	Значення коефіцієнта $k$ для пісколовки			
		горизонтальних	аеруємих при В/Н		
			1	1,25	1,5
0,15	13,2	-	2,62	2,5	2,39
0,2	18,7	1,7	2,43	2,25	2,08
0,25	24,2	1,3	-	-	-

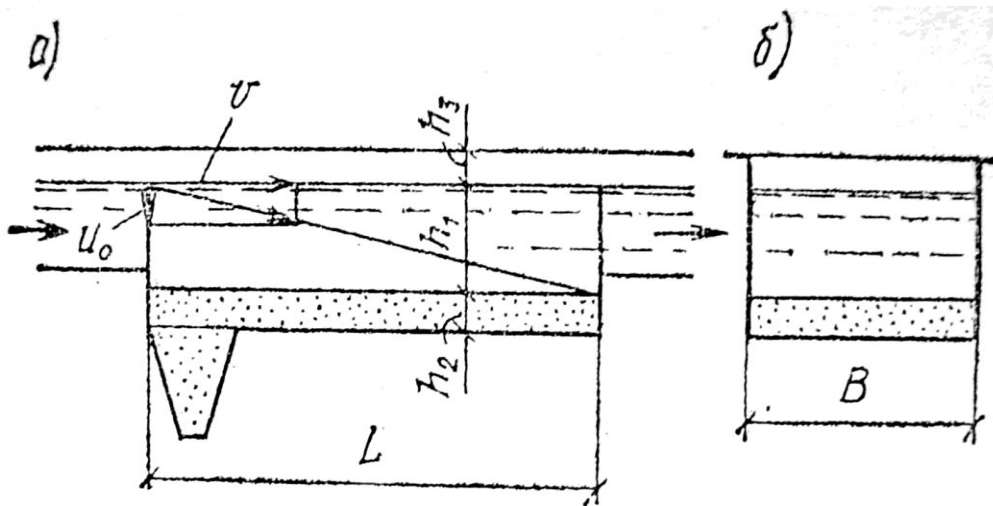


Рис. 11.5. – Горизонтальна пісколовка: а – продольний розріз; б – поперечний розріз

Для горизонтальних пісколовок слід приймати  $v = 3$  м/с, розрахунковий діаметр часток піску 0,2-0,25мм; тривалість руху стічних вод не менш 30 с. Зміна розходу за добами і годинами доби викликає зміну швидкості руху води в пісколовках, тому виникає необхідність у додаткових пристроях, що забезпечують дотримання у пісколовках постійної швидкості руху води, яка дорівнює оптимальній величині  $v = 3$  м/с.

Відомо багато методів дотримання у пісколовках постійної швидкості. Найбільш простий з них - це обладнання на вихідному каналі невідтопленого водозливу з широким порогом без донного виступу. Розміри водозливу розраховується за формулами:

$$P = \frac{h_{\max} - k^{2/3}_q h_{\min}}{k^{2/3}_q - 1}, \quad (11.15)$$

$$b_c = \frac{q_{\max}}{m\sqrt{2g}(P + h_{\max})^{3/2}}, \quad (11.16)$$

де  $P$  – перепад між дном пісколовки і порогом водозливу;  
 $b_{сж}$  – ширина водозливу;  
 $h_{\min}$  і  $h_{\max}$  – глибини води у пісколовці відповідно за максимального та мінімального розходу і швидкості руху води;  
 $k_q = q_{\max}/q_{\min}$  -;  
 $m$  – коефіцієнт розходу водозливу, що залежить від умов бокового стискування і дорівнює 0,35-0,38.

### Приклад розрахунку

Задача 1. Визначити об'єм і розміри у плані багато коридорного усереднювача при залповому скиді висококонцентрованих стічних вод впродовж 0,5 годин. Розхід стічних вод є постійним:  $Q=80 \text{ м}^3/\text{год}$ . Концентрації забруднень  $C_{\text{макс}}=450 \text{ мг/л}$ ,  $C_{\text{сер}}=85 \text{ мг/л}$ . Допустима концентрація забруднень за умов нормальної роботи інших споруд  $C_{\text{доп}}=140 \text{ мг/л}$ .

*Рішення.* Визначаємо коефіцієнт усереднення за формулою (11.2):

$$K=(450-85)/(140-85) 6,64.$$

Об'єм усереднювача знаходимо за формулою (11.1):

$$V=80 \cdot 0,5 \cdot 6,64/2 = 132,8 \text{ (м}^3\text{)} .$$

Проектуємо прямокутний усереднювач, який складається з двох відділень глибиною  $H=1,5 \text{ м}$ . Площа кожного відділення буде:

$$F=V/(nH) = 132,8/(2 \cdot 1,5) = 44,27 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Задача 2. Визначити об'єм і розміри у плані усереднювача для усереднення концентрації забруднення стічних вод, які надходять практично з постійним розходом  $Q=215 \text{ м}^3/\text{год}$ . Зміна концентрації забруднень характеризується певною циклічністю (табл. рис. ). Вміст завислих речовин у воді менше  $500 \text{ мг/л}$ . Допустима концентрація забруднень  $C_{\text{доп}}=350 \text{ мг/л}$ .

*Рішення.* З таблиці та рисунка видно, що період циклу концентрації дорівнює  $t_k=7 \text{ год}$ . Проектуємо усереднювач з перемішу вальним пристроєм, що здійснюється барботуванням води повітрям.

Середня концентрація забруднень у воді

$$C_{\text{сер}} = \frac{\sum_1^{tk} Q C}{\sum_1^{tk} Q} = 215(50+150+450+2 \cdot 550+350+200)/(7 \cdot 215) = 328,6 \text{ (г/м}^3\text{)}.$$

Коефіцієнт усереднення визначаємо за формулою (11.2):

$$K=(550-328,6)/(350-328,6) = 10,3.$$

Об'єм усереднювача знаходимо за формулою (11.5):

$$V=0,21 \cdot 215 \cdot 7 \cdot 10,3 = 3255 \text{ (м}^3\text{)} .$$

Проектуємо прямокутний усереднювач, який складається з двох відділень глибиною  $H=3$  м. Площа кожного відділення буде:

$$F=V/(nH) = 3255/(2 \cdot 3) = 542,5 \text{ м}^2.$$

Установка барботерів передбачається в чотири ряди : на відстані 2,5 метрів від стінок і 5 метрів між барботерами.

### Задача 3.

Визначити розміри решіток і кількість забруднень для станції із середнім виробництвом  $Q_{\text{сер}}=120\ 000 \text{ м}^3/\text{доб}$ .

*Рішення.* Розрахункові розходи слід визначати за сумарним графіком притоку стічних вод на очисну станцію з урахуванням надходження стічних вод від промислових підприємств. Якщо такі дані відсутні, то вважають, що на станцію надходять тільки міські стічні води.

Середній секундний розхід

$$q_{\text{сер}} = Q_{\text{сер доб}}/(24 \cdot 3600) = 120000/86400 = 1,39 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Загальний коефіцієнт нерівномірності водовідведення  $K_{\text{макс}}=1,47$ ,  
тоді

$$q_{\text{макс}} = q_{\text{сер}} K_{\text{макс}} = 1,39 \cdot 1,47 = 2,04 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Цей розхід є розрахунковим для решіток.

Приймаючи глибину води у камері решітки  $h_1=1,5$  м, середню швидкість води у прозорах між стержнями  $v_p=1$  м/с і ширину прозорів  $b=0,016$  м, кількість прозорів решітки визначаємо за формулою (11.8):

$$N=(2,04 \cdot 1,05)/(0,016 \cdot 1,5 \cdot 1) = 89.$$

Приймаємо товщину стержнів решітки  $s=0,008$  м. Ширину решіток знадимо по залежності (11.9):

$$B_p = 0,008(89-1) + 0,016 \cdot 89 = 2,13 \text{ м}.$$

Приймаємо дві решітки, ширина кожної з яких складає:

$$B_1 = 2,13/2 = 1,065 \text{ м}.$$

У відповідності до результатів обирається типова решітка МГ10Т її розміри  $B \times H = 1000 \times 2000$ ; число прозорів 39; кут нахилу решітки до горизонту  $\alpha=60^\circ$ . Перепад між дном камери 0,1 м.

Перевіряємо швидкість води у прозорах решітки. За прийнятих умов вона буде:



$$V_p = \frac{qk_3}{Nbnh_1} = (2,04 \cdot 1,05) / (2 \cdot 0,016 \cdot 1,5 \cdot 39) = 1,14 \text{ м/с.}$$

Визначимо кількість забруднень, що вловлюються решіткою. Кількість відбросів, що знімається з решіток, які мають ширину прозорів 16 мм, дорівнює 8 л/рік на 1 людину. Приймаючи норму відведення  $q_v = 250 \text{ л/(чол.дїб)}$ , визначимо приведену кількість мешканців:

$$N = Q_c \text{ доб} / q_v = 12000 \cdot 1000 / 250 = 480 \text{ 000 чол.}$$

Об'єм забруднень:

$$Здоб = (K_{пр} \cdot 8) / (1000 \cdot 365) = 480000 \cdot 8 / 1000 \cdot 365 = 10,52 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

При їхній щільності  $\rho = 750 \text{ кг/м}^3$  маса забруднень складає:

$$M = 10,52 \cdot 0,75 = 7,89 \text{ т за добу.}$$

### Завдання для самостійної роботи

Визначити об'єм і розміри у плані багато коридорного усереднювача при залповому скиді висококонцентрованих стічних вод впродовж певного часу (табл. . .)

Таблиця . - Вихідні дані

№ вар.	Тривалість скиду, год	Розхід стічних вод, $Q_{ст}$ , $\text{м}^3/\text{с}$	Сст макс. $\text{г/м}^3$	Сдоп, $\text{г/м}^3$	Ссер, $\text{г/м}^3$	Кількість відділень	Глибина відділення, м
1	0,5	80	400	140	70	1	1,0
2	0,6	81	410	150	75	2	1,0
3	0,7	84	420	160	80	3	1,1
4	0,8	86	425	170	85	1	1,2
5	0,9	90	415	165	73	2	1,3
6	1,0	95	430	155	81	3	1,4
7	0,4	100	440	145	90	1	1,5
8	0,3	78	450	185	95	2	1,6
9	0,2	65	460	180	93	3	1,7
10	1,1	75	470	170	88	1	1,8
11	0,5	84	350	120	80	2	1,0
12	0,6	86	370	130	69	3	1,0
13	0,7	90	300	100	45	1	1,1
14	0,8	95	400	160	53	2	1,2

15	0,9	75	290	170	58	3	1,3
16	1,0	65	380	165	90	1	1,4
17	0,4	85	400	155	70	2	1,5
18	0,3	95	410	145	60	3	1,6
19	0,2	46	420	185	50	2	1,7
20	1,1	55	425	178	85	3	1,8

Визначити розміри решіток і кількість забруднень для станції із середнім виробництвом (табл. ), приймаючи, середню швидкість води у прозорах між стержнями  $v_p=1$  м/с і ширину прозорів  $b=0,016$  м, товщину стержнів 0,01м.

Таблиця .- Вихідні дані

№ варіанту	Виробництво станції, м <sup>3</sup> /доб	Глибина води перед решіткою, м	Кількість решіток	Норма відведення, л/чол. доб	Щільність забруднень, кг/м <sup>3</sup>
1	120 000	1,1	1	150	600
2	130 000	1,2	2	200	650
3	140 000	1,3	3	250	700
4	150 000	1,4	1	300	750
5	160 000	1,5	2	350	800
6	170 000	1,6	3	150	600
7	180 000	1,7	1	200	650
8	115 000	1,8	2	250	700
9	125 000	1,4	3	300	750
10	135 000	1,5	1	350	800
11	145 000	1,6	2	150	600
12	155 000	1,7	3	200	650
13	165 000	1,4	1	250	700
14	175 000	1,5	2	300	750
15	120 000	1,6	3	350	800
16	130 000	1,7	1	150	600
17	140 000	1,4	2	200	650
18	150 000	1,3	3	250	700
19	160 000	1,5	2	300	750
20	170 000	1,6	2	350	800

Таблиця . – Загальні коефіцієнти нерівномірності водовідведення побутових стічних вод населених пунктів  $K_{заг}$  в залежності від середнього розходу стічних вод

$q_{сер}$	$K_{заг}$	$q_{сер}$	$K_{заг}$
До 5	3	200	1,4

15	2,5	300	1,35
30	2	500	1,25
50	1,8	800	1,2
100	1,6	1250 і більше	1,15

Задача 4. Розрахувати горизонтальні пісколовки для очисної станції виробництвом  $Q_{\text{сер доб}}=80\,000\text{ м}^3/\text{доб}$ .

*Рішення.* Середній секундний розхід

$$q_{\text{сер}} = Q_{\text{сер доб}}/(24 \cdot 3600) = 80\,000/86\,400 = 0,926\text{ м}^3/\text{с}.$$

Загальний коефіцієнт нерівномірності водовідведення  $K_{\text{макс}}=1,47$ , тоді

$$q_{\text{макс}} = q_{\text{сер}} K_{\text{макс}} = 0,926 \cdot 1,47 = 1,36\text{ м}^3/\text{с}.$$

Приймаємо чотири відділення пісколовки, які об'єднують в групи по два відділення. Площа живого перетину кожного відділення визначаємо за формулою (11.13):

$$\omega = 1,36/0,3 \cdot 4 = 1,133\text{ м}^2.$$

Глибину проточної частини приймаємо  $h_1=0,6\text{ м}$ . Ширина відділень

$$B = \omega/h_1 = 1,133/0,6 = 1,89\text{ м}.$$

Приймаємо ширину відділення  $B=2\text{ м}$ . Тоді наповнення у пісколовці при максимальному розході буде:

$$h_1 = \omega/B = 1,133/2 = 0,57\text{ м}.$$

При розрахунковому діаметрі часток піску  $d=0,2\text{ мм}$ ,  $u_0=18,7\text{ мм/с}$  і  $k=1,7$ , довжина пісколовки за формулою (5.14) складає:

$$L = 1,7 \cdot 0,57 \cdot 0,3/0,0187 = 15,5\text{ м}.$$

Осад із пісколовки видаляється за допомогою гідромеханічної системи.

Приймаючи норму відведення  $q_v = 250\text{ л}/(\text{чол.діб})$ , визначимо приведену кількість мешканців:

$$N = Q_{\text{с доб}}/q_v = 8000 \cdot 1000/250 = 320\,000\text{ чол}.$$

Об'єм осаду за добу:

$$V_{\text{доб}} = (K_{\text{пр}} \cdot 0,02)/(1000 \cdot 365) = 320000 \cdot 0,02/1000 \cdot 365 = 6,4\text{ м}^3/\text{доб}.$$

Виконаємо розрахунок водозливу, що забезпечує додержання у пісколовці постійної швидкості  $v=0,3$  м/с при зміні розходу. Коефіцієнт  $K_{\text{мін}}=0,69$ .

Мінімальний розхід на пісколовці буде:

$$q_{\text{мін}} = q_{\text{сер}} K_{\text{мін}} = 0,926 \cdot 0,69 = 0,639 \text{ м}^3/\text{с}, \text{ а мінімальне наповнення}$$

$$h_{\text{мін}} = q_{\text{мін}} / nBv = 0,639 / 4 \cdot 2 \cdot 0,3 = 0,27 \text{ м.}$$

Відношення максимального розходу до мінімального на групу пісколовок

$$K = q_{\text{макс}} / q_{\text{мін}} = 1,36 / 0,639 = 2,13.$$

Перепад між дном пісколовки і порогом водозливу знаходимо за формулою (11.15):  $P = (0,57 - 2,13^{2/3} \cdot 0,27) / (2,13^{2/3} - 1) = 0,18 \text{ м.}$

Ширину водозливу визначаємо за формулою (11.16) :

$$b_{\text{сж}} = 1,36 / (2 \cdot 0,36 \sqrt{2 \cdot 9,81(0,18 + 0,57)})^{3/2} = 0,66 \text{ м.}$$

### Завдання для самостійної роботи

Розрахувати горизонтальні пісколовки для очисної станції з відомим виробництвом т а з використанням вихідних даних (табл.. ).

Таблиця .- Вихідні дані

№ варіанту	Виробництво станції, м <sup>3</sup> /доб	Глибина проточної частини, м	Норма відведення, л/чол. доб	m	u <sub>o</sub> , мм/с	Швидкість руху води, м/с	Кількість відділень
1	120 000	1,1	150	0,35	18,7	0,3	4
2	130 000	1,2	200	0,36	24,2	0,4	-,,-

3	140 000	1,3	250	0,37	18,7	0,5	-,,-
4	150 000	1,4	300	0,38	24,2	0,6	-,,-
5	160 000	1,5	350	0,35	18,7	0,4	-,,-
6	170 000	1,6	150	0,36	24,2	0,3	-,,-
7	180 000	1,7	200	0,37	18,7	0,4	-,,-
8	115 000	1,8	250	0,38	24,2	0,5	-,,-
9	125 000	1,4	300	0,35	18,7	0,6	-,,-
10	135 000	1,5	350	0,36	24,2	0,4	-,,-
11	145 000	1,6	150	0,37	18,7	0,3	-,,-
12	155 000	1,7	200	0,38	24,2	0,4	-,,-
13	165 000	1,4	250	0,35	18,7	0,5	-,,-
14	175 000	1,5	300	0,36	24,2	0,6	-,,-
15	120 000	1,6	350	0,37	18,7	0,4	-,,-
16	130 000	1,7	150	0,38	24,2	0,3	-,,-
17	140 000	1,4	200	0,35	18,7	0,4	-,,-
18	150 000	1,3	250	0,36	24,2	0,5	-,,-
19	160 000	1,5	300	0,37	18,7	0,6	-,,-
20	170 000	1,6	350	0,38	24,2	0,4	-,,-

Початковим елементом технологічної схеми очистки стічних вод є ґрати. У складі очисних споруд передбачаються ґрати з поздовжніми отворами не більше 16 мм або ґрати-дробильні. За такої величини отворів кількість відходів, які будуть затримуватися на ґратах, становитиме на рік 8 дм<sup>3</sup> на 1 людину. Якщо добова кількість затримуваних відходів не перевищує 0,1 м<sup>3</sup>, то допускається ручна очистка і вивіз відходів у герметичних контейнерах у місця знезараження твердих побутових і промислових відходів. В інших випадках повинна передбачатися механізована очистка і подрібнення відходів.

Піскоуловлювачі влаштовують за продуктивності очисних споруд понад 100 м<sup>3</sup>/добу. Піскоуловлювачів повинно бути не менше двох. Тип піскоуловлювача залежить від продуктивності станції. За продуктивності до 5000 м<sup>3</sup>/добу доцільно застосовувати тангенціальні піскоуловлювачі, понад і 10 000 - горизонтальні, понад 20 000 м<sup>3</sup>/добу - аеровані. Розрахунок їхніх основних параметрів виконується на основі гідравлічної крупності піску.

Тип відстійників зумовлюється продуктивністю очисної станції. За продуктивності до 25 м<sup>3</sup>/добу для механічної очистки стічних вод, які потім надходять на поля підземної фільтрації, у піщано-гравійні фільтри, фільтруючі траншеї та фільтруючі колодязі, треба застосовувати септики: до 10 000 м<sup>3</sup>/добу - двох'ярусні і 20 000 м<sup>3</sup>/добу - вертикальні, понад 20 000 м<sup>3</sup>/добу - радіальні відстійники. Повний розрахунковий об'єм септика приймають: за витрати стічних вод до 5 м<sup>3</sup>/добу - не менше трикратного добового припливу, за витрати понад 5 м<sup>3</sup>/добу –не менше 2,5-кратного. Розрахунок продуктивності відстійників, крім вторинних, провадиться за кінетикою випадання завислих речовин, яке залежить від гідравлічної крупності частинок (БНіП 24.04.03-85). Оцінюючи основні параметри відстійників, треба перевірити об'єм мулової частини, який залежить від норми накопичення осаду і періодичності його усунення. Норма накопичення осаду для відстійників без зброджування мулу становить 0,7-0,8 дм<sup>3</sup>/добу на 1 людину, для відстійників із зброджуванням залежно від середньозимової температури стічних вод - 65 дм<sup>3</sup>/р. (t = 10°C); 110 дм<sup>3</sup>/р. (t = 6°C). Об'єм мулової частини визначають за формулою

$$W = (V \cdot N) / (n \cdot p) \quad (12.1)$$

де V – норма накопичення осадів, або необхідний об'єм септичної частини на 1 людину;

N - чисельність населення, яке проживає в каналізованому житловому фонді;

$p$  - кількість одночасно працюючих відстійників;

$p$  - періодичність усунення осаду.

У відстійниках необхідно також перевірити пристрої, які регулюють рівномірність розподілу стічних вод по всьому дзеркалу споруди (розподільчі лотки), збирання і усунення плаваючих домішок (жирозбиральні лотки, жирові колодязі), захист від них освітленої води, надходження осаду до приймального бункера станції перекачування.

Виконуючи експертизу споруд біологічної очистки з активним мулом, треба перевірити основні технологічні параметри, які характеризують процес біохімічної очистки стічних вод і зумовлюють ефективність роботи споруд:

- навантаження органічних забруднюючих речовин,
- швидкість окиснення,
- окисна потужність,
- відносний і питомий приріст мулу,
- муловий індекс,
- необхідний час аерації,
- місткість аераційної секції.

Вагове чи мулове навантаження - це загальна кількість органічних забруднюючих речовин за БСК, які надходять у споруду, що віднесена до загальної маси активного мулу за сухою речовиною в аераційній секції споруди

$$g_M = 24 \cdot (L_{CT} - L_{OЧ}) / a_M \cdot (1 - S) \cdot t_a \quad (12.2)$$

де  $g_M$  - навантаження на активний мул, БСК (повне), мгО/г беззольної речовини мулу на добу;

$L_{CT}$  - БСК (повне) стічної води, яка надходить в аеротенк (з урахуванням БСК при первинному відстоюванні), мгО/л;

$L_{OЧ}$  - БСК (повне) очищеної води, мгО/л;

$a_M$  - доза мулу, г/л;

$S$  - зольність мулу (з табл. 10.8);

$t_a$  - період аерації, год.

Період аерації, чи тривалість аерації, - це час ( $t_a$ ), необхідний для окиснення органічних забруднюючих речовин стічних вод у пристрої. Для аеротенка  $t_a$  визначають за формулою

$$t_a = (2,5/V) \cdot \lg(L_{CT}/L_{OЧ}) \quad (12.3)$$

Період аерації в аеротенках, які працюють за принципом змішувачів ( $t_{аз}$ ) визначають за формулою

$$t_{аз} = \frac{L_{ст} - L_{оч}}{a_M (1 - S) \cdot p} \quad (12.4)$$

Таблиця 12.1.- Основні технологічні параметри, які характеризують процес очистки стічних вод

Стічні води	ШО <sub>max</sub> , мгО <sub>2</sub> /ГОД	К <sub>В</sub> , мгО <sub>2</sub> /л	К <sub>О</sub> , мгО <sub>2</sub> /л	У <sub>М</sub> , г/л	S
Міські	85	33	0,625	0,07	0,3
Виробничі:					
Нафтопереробних заводів					
І ступінь	33	3	1,81	0,17	—
II ступінь	59	24	1,66	0,158	—
Азотної промисловості	140	6	2,4	1,11	—
Заводів синтетичного каучуку, целюлозно-паперової промисловості	80	30	0,6	0,06	0,15
сульфатно-целюлозне виробництво	650	100	1,5	2	0,16
сульфідно-целюлозне виробництво	700	90	1,6	2	1,17
Заводів штучного волокна (віскози)	90	35	0,7	0,27	—
Фабрик первинної обробки вовни					
І ступінь	32	156	—	0,23	—
II ступінь	6	33	—	0,2	—
Дріжджових заводів	232	90	1,66	0,16	0,35
Заводів органічного синтезу мікробіологічної промисловості	83	200	1,7	0,27	—
виробництво лізину	280	28	1,67	0,17	0,15
виробництво біовіту і вітаміцину	1720	167	1,5	0,98	0,12
Свиновідгодівельних комплексів:					
І ступінь	454	55	1,65	0,176	0,25
II ступінь	15	72	1,68	0,171	0,3

Глибина процесу біохімічної очистки і величина приросту активного мулу залежать від валовою навантаження. Чим меншою є величина навантаження (не більше 1 г БСК на 1 г мулу на добу), тим вищими є ефект очистки стічних вод і ступінь мінералізації активного мулу, меншою величина його приросту і вищою концентрація розчиненого кисню в муповодяній суміші аеротенку.

Застосовується ще така характеристика, як питома швидкість окиснення (вилучення) забруднюючих речовин активним мулом. Це коли навантаження на мул розраховується не за всією кількістю забруднюючих речовин, що надходять, а лише за тією частиною, що вилучається. Це частина, яка здатна сорбуватися і окислюватися активним мулом і яка може убувати з різною швидкістю залежно від стану (якості) активного



мулу. Тому питома швидкість окиснення ШО визначається за величиною БСК, віднесеною до одиниці суміші активного мулу за сухою речовиною в одиницю часу

$$\text{ШО} = \text{ШО}_{\max} \cdot \frac{L_{\text{оч}} \cdot C_0}{L_{\text{оч}} \cdot C_0 - K_B \cdot C_0 + K_O \cdot L_{\text{оч}}} \cdot \frac{1}{1 + y_M}, \quad (12.5)$$

де  $\text{ШО}_{\max}$  - максимальна швидкість окиснення,  $\text{мгО}_2/\text{л}$  за 1 год (приймається за табл. 12.1);

$C_0$  - концентрація розчиненого кисню,  $\text{мг/л}$ ;

$K_B$  - константа, яка характеризує властивості органічних забруднюючих речовин, (БСК (повне)  $\text{мгО}_2/\text{л}$ , приймається за табл. 12.1);

$K_O$  - константа, яка характеризує вплив кисню,  $\text{мгО}_2/\text{л}$ , (приймається з» табл. 10.8);

$y_M$  - коефіцієнт інгібування продуктами розкладання активного мулу,  $\text{г/л}$ , (приймається за табл. 12.1).

Окислювальна потужність ОП, чи *об'ємне навантаження* - це кількість забруднюючих речовин у стічних водах, які окислюються (вилучаються)  $1 \text{ м}^3$  вмісту аераційної секції споруди за добу

$$\text{ОП} = (L_{\text{ст}} - L_{\text{оч}}) \cdot Q / W_a \quad (12.6)$$

де  $Q$  - приплив стічних вод,  $\text{м}^3/\text{добу}$ ;

$W_a$  - вміст аеротенка,  $\text{м}^3$ .

Вміст аеротенка  $W_a$  визначають за формулою

$$W_a = t_a \cdot (1 + R_M) \cdot g_{\text{ст}}, \quad (12.7)$$

де  $R_M$  - ступінь рециркуляції активного мулу

$g_{\text{ст}}$  - розрахункова витрата стічних вод,  $\text{м}^3$ .

Ступінь рециркуляції активного мулу  $R_M$  в аеротенках розраховують за формулою

$$R_M = a_M / \frac{1000}{I_M} + a_M, \quad (12.8)$$

де  $I_M$  - муловий індекс,  $\text{см}^3/\text{г}$ .

Розраховані дані звіряються з відповідними нормативними документами.

Для робота біофільтрів основним технологічним параметром є також окисна потужність. Під окисною потужністю (ОП) біофільтрів розуміють

кількість органічних забруднюючих речовин за БСК, яку може бути вилучено із стічної рідини 1 м<sup>3</sup> завантаженого матеріалу протягом доби

$$ОП = (L_{ст} - L_{оч})/W \quad (12.9)$$

Знаючи окисну потужність біофільтра, можна розрахувати необхідний об'єм фільтруючого матеріалу. Для цього сумарну БСК усієї кількості стічних вод, яка надходить на біофільтр протягом доби, ділять на окисну потужність 1 м<sup>3</sup> матеріалу. Розділивши потім об'єм фільтруючого матеріалу на допустиму висоту його шару (біофільтр - 2 м, аерофільтр - 4 м), отримують площу, яка необхідна під біофільтр.

*Прийом до експлуатації збудованих очисних каналізаційних споруд.* Необхідно зазначити, що санітарний нагляд має виконуватися під час будівництва очисних споруд. Обстеження очисних станцій в процесі будівництва рекомендується робити не менше двох разів:

- перший раз - коли ведуться приховані та недоступні для огляду в остаточному вигляді роботи (закладання фундаменту, траншей та каналів, підготовка ложа біологічних ставків і т.д.),
- другий - коли встановлюються санітарно-технічні прилади і монтується очисне обладнання.

Основна задача нагляду - перевірка дотримання будівельниками умов проекту.

Згідно з відповідними нормативними документами, прийом до експлуатації очисних споруд здійснюється у дві стадії: перша - попередня (технічна) і друга - державний прийом. До складу технічної комісії входять представники замовника, генпідрядника і субпідрядника, відділу комунального господарства міста. Завдання технічної комісії полягає в тому, щоб перевірити якість будівельних робіт, їх відповідність проекту і підготувати матеріали для державного прийому об'єкта.

Після огляду споруд технічна комісія складає акт попереднього прийому, в якому мають бути відзначено всі виявлені санітарні дефекти і надано рекомендації щодо їх усунення.

За позитивних висновків технічної комісії про можливість пред'явлення закінченого будівництвом (реконструкцією) об'єкта до державного прийому, позитивних висновків експертних організацій про відповідність виконаних робіт проектній документації видається висновок головного санітарного лікаря про можливість пуску об'єкта в експлуатацію.

Відбувається пробна експлуатація очисної станції. Задачі пробної експлуатації - перевірка і регулювання роботи окремих споруд і всієї станції в цілому. Пусковий період складається з двох етапів: пуск споруд на чистій воді та пуск споруд на стічних водах. Він повинен охоплювати теплу і холодну пори року, тому триває не менше шести місяців.

Результати пробної експлуатації подаються в державну приймальну комісію. Ця комісія призначається місцевими державними органами, міністерством чи відомством, у веденні якого знаходиться об'єкт. До її складу входять представники державного архітектурного будівельного контролю, санітарної служби, пожежної охорони, міського господарства та ін. Державна комісія встановлює завершеність усіх видів робіт на об'єкті, якість їх виконання й ефективність роботи очисних споруд. Робота комісії оформляється актом, який закінчується висновками про можливість прийому об'єкта до експлуатації та загальною оцінкою якості будівництва.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Тугай А. М., Терновцев В.Е. Водоснабжение. Курсовое проектирование. – К.: Вища школа, 1980. – 208 с.
2. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод /А. К. За польський, Н. А. Мішакова-Клименко, І. М. Астрелін і ін. – К.: Лібра, 2000. – 552 с.
3. Збірник методичних вказівок з дисципліни „Методи оцінки якості природних вод”. Укладач: Юрасов С. М.- Одеса.: ОДЕКУ, 2005. – 60 с.
4. Экология города /Под ред. Стольберга Ф.В./ . – К.: Либра, 2000. – 464 с.
5. Водоподготовка (расчеты, примеры, задачи). – М.: Энергия, 1980. – 256 с.
6. Ласков Ю.М. и др. Примеры расчетов канализационных сооружений. – М.:Стройиздат, 1987. – 255 с.