

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ  
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

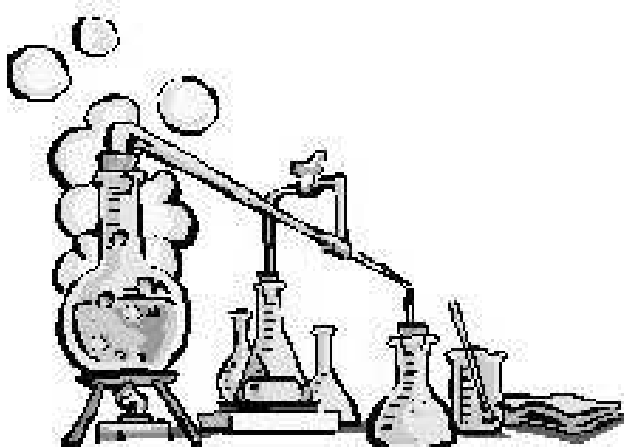
С.Б.Козловська, К.Б.Сорокіна

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

*до проведення практичних занять та виконання  
лабораторних робіт з дисципліни*

### **“СПЕЦКУРС З ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД”**

(для студентів 5 курсу денної і заочної форм навчання напрямку  
підготовки 0926 «Водні ресурси»  
спеціальностей 7.092601, 8.092601 «Водопостачання і водовідведення»)



Харків – ХНАМГ – 2009

Методичні вказівки до проведення практичних занять та виконання лабораторних робіт з дисципліни “Спецкурс з очистки стічних вод” (для студентів 5 курсу денної і заочної форм навчання напряму підготовки 0926 «Водні ресурси» спеціальностей 7.092601, 8.092601 «Водопостачання і водовідведення») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: С.Б. Козловська, К.Б.Сорокіна. – Х.: ХНАМГ, 2009. – 32 с.

Укладачі: С.Б.Козловська,  
К.Б.Сорокіна

Рецензент: доц., канд. техн. наук В.О.Ткачов

Рекомендовано кафедрою водопостачання, водовідведення та очистки вод, протокол № 1 від 2.09.2008 р.

## ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП.....	4
1. ВКАЗІВКИ ДО ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ.....	5
ЗМ 1.1. Покращення якості очищення стічних вод від забруднення біогенними речовинами.....	5
<i>Лабораторна робота № 1. Визначення розрахункових параметрів фільтруючого завантаження.....</i>	5
<i>Лабораторна робота № 2. Визначення і забезпечення режиму роботи фільтра.....</i>	10
<i>Лабораторна робота № 3. Технологічні процеси механічної очистки стічних вод.....</i>	13
ЗМ 1.2. Обробка осадів і утилізація осадів і біогазу метантенків.....	18
<i>Лабораторна робота № 4. Визначення основних властивостей осаду стічних вод.....</i>	18
<i>Лабораторна робота № 5. Визначення питомого опору осаду.....</i>	21
2. ВКАЗІВКИ ДО ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ.....	25
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	29
Додатки.....	30

## ВСТУП

Сучасний рівень розвитку промисловості, комунального і сільського господарства викликає значне зростання споживання чистої питної і технічної води, призводить до збільшення кількості забруднених різними домішками відпрацьованих стічних вод. Скидання останніх у водоймища призводить до їх забруднення, а отже значно зменшуються ресурси чистої прісної води, погіршується стан навколишнього середовища. Тому в Україні на державному рівні неодноразово ухвалювалися рішення про підвищення ефективності заходів з охорони природи, раціональнішого використання водних ресурсів. Для втілення цих рішень у життя важливою є розробка і широке впровадження замкнених циклів водоспоживання, пов'язаних з необхідністю очищення стічних вод від забруднень і подальшим поверненням їх в процес.

Особливо важливою є комплексна переробка стічних вод, тобто перетворення забруднюючих домішок в корисні продукти. Крім цього, актуальною є проблема обробки осадів стічних вод, які утворюються при очищенні, що також має не тільки технологічне, але і природоохоронне значення.

Предметом вивчення дисципліни «Спецкурс з очищення стічних вод» є сучасні вимоги охорони і раціонального використання водних ресурсів; методи і споруди поліпшення якості стічних вод і поверхневого стоку, призначених для повторного використання або скидання у водоймища; підвищення ефективності роботи фільтрів для доочистки стічних вод, принципові схеми, конструктивні рішення; теоретичні основи процесів зневоднення осадів стічних вод; утилізація осадів і біогазу.

Мета проведення лабораторних робіт – закріплення теоретичних знань, отриманих студентами на лекціях і в процесі самостійного опрацьовування навчального матеріалу, придбання навичок виконання експериментальних досліджень.

Перед початком виконання кожної лабораторної роботи студенти повинні чітко засвоїти теоретичні основи процесів, визначити порядок проведення роботи, оформити лабораторний журнал. У нього заносять всі записи в процесі проведення робіт, розрахунки, дослідні дані, графіки. При незадовільній підготовці до виконання лабораторної роботи викладач може не допустити студента до її виконання. Після проведення кожної лабораторної роботи теоретичний матеріал з даної теми здають викладачеві.

У цих методичних вказівках наведені загальні положення з проведення лабораторних робіт та практичних занять. Окремі роботи за розсудом викладача залежно від конкретних умов можуть виконуватися в іншому порядку, в зміненому обсязі або за іншими завданнями.

# 1. ВКАЗІВКИ ДО ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

## ЗМ 1.1. ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ВІД ЗАБРУДНЕННЯ БІОГЕННИМИ РЕЧОВИНАМИ

### *Лабораторна робота № 1. Визначення розрахункових параметрів фільтруючого завантаження*

**Мета роботи:** ознайомитися з етапами підготовки фільтрувальної установки до роботи і за конкретними вихідними даними визначити розрахункові параметри фільтруючого завантаження.

#### **Загальні положення**

Фільтри із зернистим завантаженням є найпоширенішими спорудами для доочистки стічних вод.

Завантаження фільтрів для доочистки стічних вод може бути одношаровим, двошаровим чи комбінованим – каркасно-засипним. У фільтрах використовують зернисті фільтруючі матеріали як більшою, так і меншою густини води. До перших відносяться кварцовий пісок, гравій, гравійний щебінь, антрацит, керамзит, до других - полімери (полістирол, поліуретан, подрібнений пінопласт), а також природні матеріали – водонепроникні гранули шунгізиту, склопора чи гранульовані шлаки.

Розрізняють дрібнозернисте (розмір частинок 0,2-0,4 мм), середньозернисте (0,4-0,8 мм), крупнозернисте (0,8-1,5 мм), а також підтримуюче (2-16 мм) завантаження.

За напрямком фільтрування зернисті фільтри бувають із вертикальним висхідним чи низхідним, а також із горизонтальним чи радіальним рухом рідини.

Залежно від способу створення напору під час фільтрування фільтри класифікують, як безнапірні, напірні чи комбіновані.

За швидкістю фільтрування зернисті фільтри поділяються на повільні (швидкість фільтрування 0,1-0,5 м/год), напівшвидкі (0,5-3,0 м/год), швидкі (3,0-25,0 м/год) і понадшвидкі (швидкість фільтрування понад 25 м/год).

Промивка завантаження зернистих фільтрів може бути водяною з розпушенням фільтруючого шару, водо-повітряною з розпушенням фільтруючого шару або повітряною без розпушення фільтруючого шару. Системи для збирання і розподілу промивної і фільтрованої води конструктивно можуть бути виконані у вигляді дірчастих чи щілинних сталевих, чавунних, азбестоцементних й пластмасових труб, або у вигляді лотків.

#### **Схема лабораторної установки**

Для виконання досліджень з визначення розрахункових параметрів фільтруючого завантаження можуть бути використані установки, які включають один (рис. 1.1) або два (рис. 1.2) фільтри.

Фільтр складається з металевої колони, яка включає верхній і нижній фланці з перфорованими вставками, підвідні й відвідні патрубки, що забезпечують різьбове з'єднання з трубопроводами, й пробовідбірні крани, які мають спеціальні відводи для зручності відбору проб.

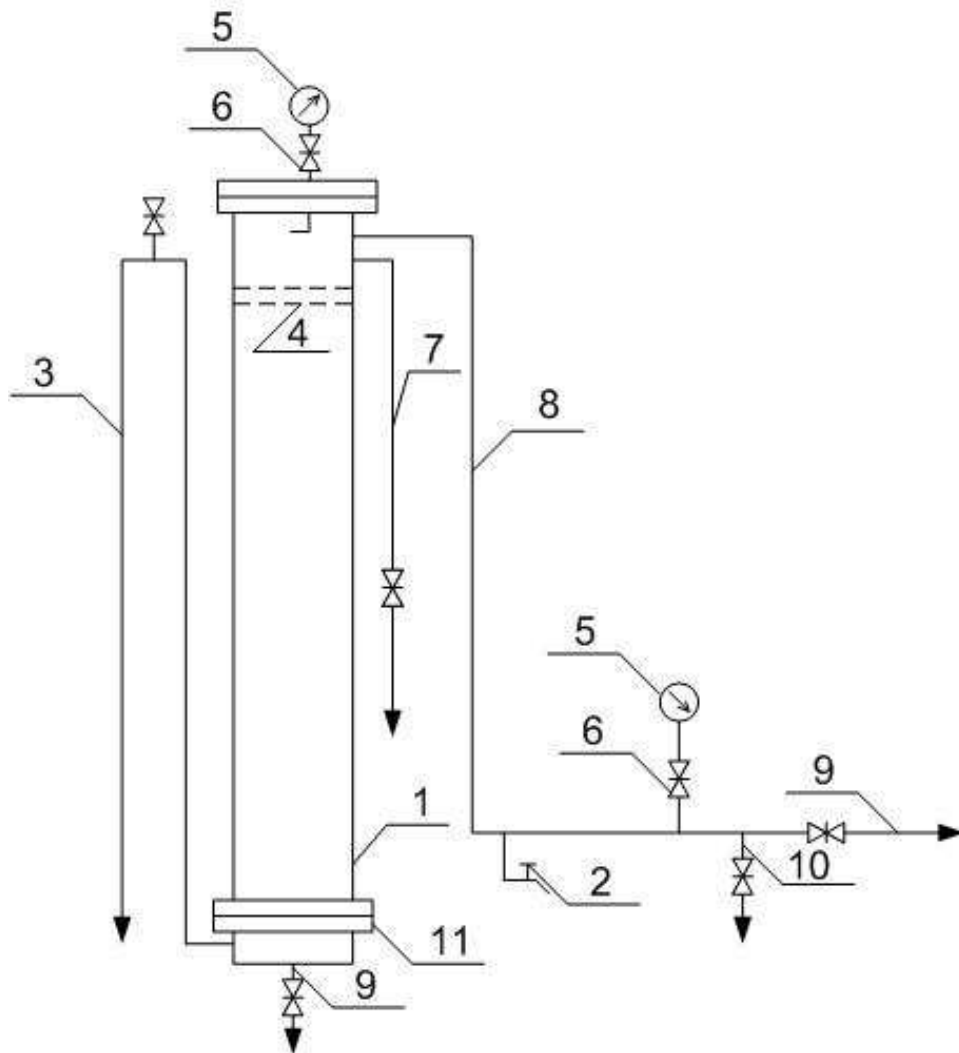


Рис. 1.1 – Принципова схема напірної фільтрувальної установки, що складається з одного фільтра:

1 – фільтр; 2 – пробовідбірний кран; 3 – гідрозасув; 4 – перфорована вставка; 5 – манометр; 6 – триходовий кран; 7 – трубопровід для скидання повітря з фільтру; 8 – трубопровід подачі стічних вод на установку; 9 – трубопровід відведення очищеної води; 10 - трубопровід відведення надлишку стічних вод від установки; 11 – нижня перфорована вставка

В установці з одним фільтром, як правило, подача стічних вод на очищення здійснюється зверху вниз. В установці, що складається з двох фільтрів, подача стічних вод може здійснюватися за трьома схемами:

1 – подача стічних вод і в перший, і в другий фільтр проводиться від низу до верху;

2 - подача стічних вод в перший фільтр здійснюється від низу до верху, а в другій – зверху вниз;

3 – подача в обидва фільтри зверху вниз.

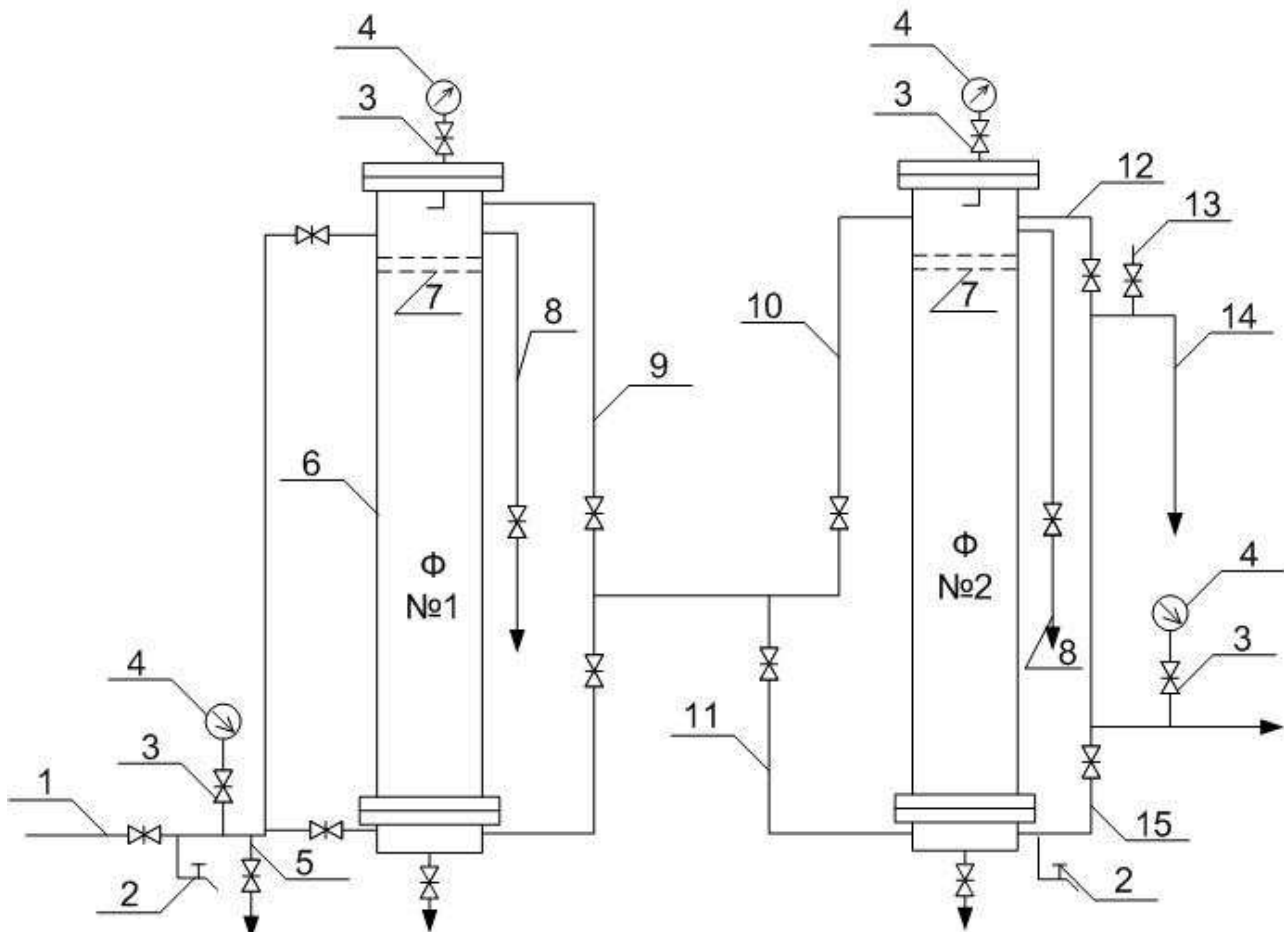


Рис. 1.2 – Принципова схема напірної фільтрувальної установки, що складається з двох фільтрів:

- 1 – трубопровід подачі стічних вод на установку; 2 – пробовідбірний кран; 3 – триходовий кран; 4 – манометр; 5 – трубопровід відведення надлишку стічних вод від установки; 6 – фільтр; 7 – верхня перфорована вставка; 8 – трубопровід для скидання повітря з фільтра; 9 – трубопровід подачі стічних вод на другий ступінь очищення; 10 – трубопровід подачі стічних вод на другий ступінь очищення зверху вниз; 11 – трубопровід подачі стічних вод на другий ступінь очищення від низу до верху; 12 – трубопровід відведення очищених стічних вод після другого ступеня очищення при подачі від низу до верху; 13 – повітряник; 14 – гідрозасув; 15 – трубопровід відведення очищених стічних вод після другого ступеня очищення при подачі зверху вниз

### ***Проведення роботи***

#### **Визначення розрахункових параметрів фільтруючого завантаження**

Для розрахунків за вказівкою викладача можуть бути прийняті такі вихідні дані: діаметр фільтра  $D_{\phi} = 50-300$  мм; висота шару завантаження  $h_3 = 0,5-2,0$  м.

Розрахунковий об'єм завантаження у фільтрі визначають за формулою

$$W_p = F_p \cdot h_3, \text{ м}^3, \quad (1.1)$$

де  $F_p$  - розрахункова площа фільтра,  $\text{м}^2$ :

$$F_p = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \phi, \text{ м}^2. \quad (1.2)$$

Необхідну кількість завантаження фільтру визначають за формулою

$$P_p = \Pi_3 \cdot W_3, \text{ кг}, \quad (1.3)$$

де  $\Pi_3$  - щільність фільтруючого завантаження,  $\text{кг/м}^3$ ;  $\Pi_3 = 30-50 \text{ кг/м}^3$ .

### **Підготовка установки до роботи**

У фільтр завантажують фільтруючий матеріал і виконують роботи з підготовки його до проведення експериментів.

Послідовність робіт:

1. Демонтують болти на верхньому фланці фільтра.
2. Знімають верхній фланець разом з перфорованою вставкою.
3. Залежно від необхідної щільності завантажують задану кількість фільтруючого завантаження, що заздалегідь було обводнено.
4. Встановлюють на місце верхній фланець, здійснюють болтове з'єднання із забезпеченням герметичності.
5. Вентилем на трубопроводі встановлюють максимальну витрату стічних вод, що пропускаються фільтром.
6. Виконують фільтрування.
7. У процесі фільтрування здійснюють контроль за якістю стічних вод на вході у фільтр і після нього.
8. Фільтр вважають готовим до роботи після досягнення заданих значень якості очищених стічних вод і витрати.

### **Регенерація фільтра**

Послідовність робіт при зовнішній регенерації завантаження:

1. Спорожняють фільтр.
2. Встановлюють ємкість для прийому фільтруючого завантаження.
3. Демонтують болти на нижньому фланці.
4. Знімають нижній фланець.
5. Фільтруюче завантаження з фільтра вивантажують в ємкість.
6. Ємкість із фільтруючим завантаженням заповнюють водою і проводять перемішування.
7. Фільтруюче завантаження вивантажують в іншу ємкість, прагнучи не захоплювати промивну воду.
8. Демонтують болти на верхньому фланці.
9. Знімають верхній фланець з перфорованою вставкою.
10. Внутрішність фільтра омивають чистою водою.
11. Виконують ревізію в нижньому фланці.
12. Встановлюють на місце нижній фланець і закріплюють болтами.
13. У фільтр завантажують відрегенований фільтруючий матеріал.
14. Встановлюють на місце верхній фланець і закріплюють болтами.

Після завершення монтажних робіт приступають до процесу фільтрування.

Для визначення вмісту завислих речовин у профільтрованій воді



використовують фотоколориметричний метод визначення концентрації речовини, який заснований на вимірі інтенсивності світлового потоку (коефіцієнта пропускання), що пройшло через пофарбований розчин.

Для виміру коефіцієнта світлопропускання використовують фотоколориметри різних моделей.

Проведення фотоколориметричних вимірів на фотоелектричному однопроменевому колориметрі полягає у вимірі відношення двох світлових потоків – повного й того, що пройшов через вимірюване середовище.

На фотоприймач по черзі направляють світлові потоки: повний  $\Phi_0$  і пропущений через досліджувану пробу води  $\Phi$ .

Коефіцієнт світлопропускання  $\tau$  досліджуваної води, що являє собою відношення цих потоків, визначають у вигляді відношення відповідних фотострумів  $I$  безпосередньо за шкалою мікроамперметра, тобто

$$\tau = \frac{I}{I_0} \cdot 100, \% , \quad (1.4)$$

де  $I$  – фотострум, що відповідає світловому потоку  $\Phi$ , який пройшов крізь досліджувану воду;

$I_0$  – фотострум, що відповідає повному світловому потоку  $\Phi_0$ .

Проведенню вимірів передуює підбір поглиначів (світлофільтрів) і вимірювальних кювет. Наявність комплекту поглиначів і кювет дозволяє підібрати такі умови для вимірів, коли похибка у визначенні концентрації буде найменшою.

Попередньо будують градуїровочну криву. Для цього готують ряд розчинів досліджуваної речовини з відомими концентраціями. Потім вимірюють коефіцієнти пропускання  $\tau$  і за ними визначають оптичну щільність  $D$  всіх розчинів. Відкладаючи по горизонтальній осі відомі концентрації розчинів, а по вертикальній - відповідні їм значення оптичної щільності, будують градуїровочну криву.

Градуїровочну криву потім використовують для визначення невідомої концентрації речовини в досліджуваній воді. Для цього досліджувану воду з доданими реактивами наливають у ту ж кювету, для якої побудована градуїровочна крива, і, включивши той же поглинач (світлофільтр), вимірюють коефіцієнт пропускання і визначають оптичну щільність. Потім за градуїровочною кривою знаходять концентрацію шуканої речовини, яка відповідає отриманому значенню оптичної щільності.

### ***Обробка результатів роботи***

Записують основні положення з проведення експериментальних досліджень (призначення, схема й опис лабораторної установки, послідовність підготовки до роботи фільтрувальної установки).

Результати визначення розрахункових параметрів фільтруючого завантаження наводять в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Розрахункові параметри фільтручого завантаження

Параметри фільтручого завантаження					Параметри фільтрування			
Діаметр фільтру, мм	Розрахункова площа фільтру, м <sup>2</sup>	Висота шару завантаження, м	Розрахунковий об'єм завантаження, м <sup>3</sup>	Необхідна кількість завантаження фільтру, кг	Вихідна концентрація забруднюючих речовин, мг/л	Концентрація забруднюючих речовин у фільтрованій воді, мг/л	Тривалість фільтрування, год.	Об'єм профільтрованої води, м <sup>3</sup>
$D_{\phi}$	$F_{\phi}$	$h_3$	$W_p$	$P_p$	$C_{вих}$	$C_{\phi}$	$T_{\phi}$	$W_B$

## Лабораторна робота № 2. Визначення і забезпечення режиму роботи фільтра

**Мета роботи:** практично ознайомитися з методикою забезпечення режиму роботи фільтра.

### Загальні положення

Фільтри, застосовувані для очищення стічних вод, являють собою резервуари, завантажені шаром фільтруючого зернистого матеріалу. Фільтруючий матеріал укладають на підтримуючі шари, в товщі яких розміщена дренажна система, призначена для відводу фільтрованої води й рівномірного розподілу промивної води. У верхній частині фільтра розміщені жолоби для подачі стічної води й відведення брудної промивної води. Вздовж фільтра розміщують апаратуру для керування його роботою, зокрема регулятори швидкості фільтрування чи витратомір з регулятором для фільтрату. Висоту шару води над завантаженням фільтра приймають зазвичайно не менше 2 м.

Доочищені стічні води подають в карман фільтра й далі жолобами вони надходять безпосередньо у фільтр. У процесі фільтрування відбувається вилучення з біологічно очищених стічних вод частинок активного мулу чи біологічної плівки і накопичення їх у фільтруючому завантаженні. Донині відсутня єдина теорія, яка могла б пояснити складні фізико-хімічні й біологічні процеси, що відбуваються в завантаженні зернистих фільтрів. Більшість дослідників, однак, вважають, що доочистка біологічно очищених стічних вод відбувається внаслідок протікання двох процесів: механічного затримання

суспендованих частинок і їх біохімічного перетворення. Доочищені стічні води збирають за допомогою трубчастого дренажу.

З часом, внаслідок кольматації поверхневого шару й просування фронту забруднень усередину завантаження, зростає його гідравлічний опір і настає момент, коли відбувається погіршення якості фільтрату. Тривалість фільтроциклу залежить від багатьох чинників: вмісту й властивостей домішок стічних вод, швидкості фільтрування, товщини шару завантаження та його розмірів. Промивна вода (вичайно фільтрат) подається під тиском у дренажну систему, рівномірно розподіляється по площі фільтра й піднімається вгору через завантаження із швидкістю, яка забезпечує перехід зерен фільтруючого матеріалу в завислий стан. При зштовхуванні зерен між собою забруднення відмиваються потоком промивної води й виносяться із завантаження.

Завантаження одношарових фільтрів з низхідним напрямком фільтрування влаштовують з дрібнозернистого кварцового піску діаметром зерен 1,2-2 мм (еквівалентний діаметр 1,5-1,7 мм) чи з крупнозернистого гранітного щебеню діаметром зерен 3-10 мм (еквівалентний діаметр 5,5 мм). У першому випадку, за товщини шару завантаження 1,2-1,3 м і швидкості фільтрування 6-7 м/год, ефективність доочистки стічних вод за завислими речовинами складає 70-75%, а за БПКповн - 50-60 %. У порівнянні з дрібнозернистим кварцовим піском, крупні фракції завантаження фільтрів з гранітного щебеню замулюються менше, що приводить до збільшення пропускної здатності фільтра в 1,6, а тривалості фільтроциклу в 1,5-2 рази (до 12-24 год). Однак, як і слід чекати, ефективність доочистки стічних вод за завислими речовинами при цьому зменшується до 45-50%, а за БПКповн - до 35-40%.

Водоповітряну промивку одношарових фільтрів із завантаженням з дрібнозернистого кварцового піску (крупнозернистого гранітного щебеню) здійснюють в три етапи: I етап - подача повітря з інтенсивністю 20 (16) л/(с·м<sup>2</sup>) на протязі 2 (3) хв.; II етап - водоповітряна обробка з інтенсивністю подачі повітря 20 (16) л/(с·м<sup>2</sup>) і води 5 (10) л/(с·м<sup>2</sup>) протягом 12 (4) хв.; III етап - подача води з інтенсивністю 7 (15) л/(с·м<sup>2</sup>) протягом 8 (3) хв.

Збільшення брудомісткості фільтрів без зменшення ефективності очистки стічних вод досягається застосуванням фільтрів із багатошаровим завантаженням. Наявність у багатошаровому фільтрі верхніх крупнозернистих шарів зумовлює велику глибину проникання забруднень, а наявність нижнього дрібнозернистого піщаного шару - достатньо високу ефективність фільтрування. Тому в практиці доочистки стічних вод значного поширення набули двошарові фільтри, які за конструкцією принципово не відрізняються від одношарових. Як матеріал верхнього фільтруючого шару товщиною 0,4-0,5 м застосовують антрацит чи керамзит діаметром зерен 1,2-2 мм, а нижнього шару - кварцовий пісок діаметром зерен 0,7-1,6 мм. Для запобігання перемішуванню шарів завантаження між собою промивка двошарових фільтрів здійснюється лише водою з інтенсивністю 14-16 л/(с·м<sup>2</sup>) протягом 10-12 хв. Ефективність доочистки стічних вод при цьому складає 60-70% за завислими речовинами і 70-80% за БСКповн.

Каркасно-засипний фільтр (КЗФ) є різновидом фільтрів, у яких використовується принцип фільтрування в напрямку зменшуваної крупності зерен завантаження. За конструкцією КЗФ подібний до звичайного фільтра з фільтруванням води згори вниз і верхнім відведенням промивної води. У КЗФ на підтримуючий гравійний шар спочатку вкладають шар гравію крупністю 40-60 мм товщиною 1,8 м - так званий «каркас», який на висоту 0,9 м засипають піском крупністю зерен 0,8-1 мм. Таким чином, КЗФ - це фактично двошаровий фільтр, верхній гравійний шар якого затримує найкрупніші частинки (приблизно 20-40% загальної кількості), а нижній - гравійно-піщаний, - інші частинки, що залишились у воді. Завдяки цьому КЗФ має більшу брудомісткість, ніж фільтри інших конструкцій, і барабанні сітки перед ним не встановлюють.

### **Проведення роботи**

Встановлюють швидкість фільтрування  $V_{\phi}$  за вказівкою викладача (звичайно  $V_{\phi} = 10-25$  м/год.).

Якщо  $V_{\phi} = 10$  м/год.,  $D_{\phi} = 100$  мм,  $F_p = 0,008$  м<sup>2</sup>, то розрахункова витрата очищеної води дорівнює  $Q_p = F_p \cdot V_{\phi} = 0,008 \cdot 10 = 0,08$  м<sup>3</sup>/год. або 80 л/год.

Для контролю роботи фільтра із заданою продуктивністю використовують витратоміри або витрату заміряють об'ємним способом, тобто фіксують час наповнення фільтрованою водою ємкості з певним об'ємом. Час фіксують за допомогою секундоміра.

При заданих параметрах роботи фільтра ємкість об'ємом 10 л повинна заповнюватися за 7,5 хв., оскільки

80 л заповнюється за 60 хв.

10 л заповниться за X хв.

$$X = \frac{10 \cdot 60}{80} = 7,5 \text{ хв.}$$

Регулювання швидкості фільтрування води (зменшення або збільшення) здійснюють за допомогою запірної арматури (кранів, вентилів, засувок). При зниженні витрати стічних вод після фільтра (недостатньому натиску) або погіршенні якості фільтрованої води (визначається аналізами) фільтрування припиняється і фільтр виводять на регенерацію.

Тривалість фільтрування  $T_{\phi}$  фіксують в лабораторному журналі.

Об'єм профільтрованої води визначають за формулою

$$W_B = Q_B \cdot T_{\phi}, \text{ л,} \quad (2.1)$$

де  $Q_B$  - витрата очищеної води, л/год.;

$T_{\phi}$  - тривалість фільтрування, год.

При  $Q_B = Q_p = 80$  л/год. і  $T_{\phi} = 1$  год.

$$W_B = 80 \cdot 1 = 80 \text{ л.}$$

Брудомісткість фільтра Б можна визначити за формулою

$$B = \frac{m}{W_B}, \text{ кг/м}^3, \quad (2.2)$$

де  $m$  – сумарна кількість забруднюючих речовин, затримана завантаженням протягом фільтрування, кг:

$$m = \frac{W_B \cdot (C_{\text{вих}} - C_{\text{ф}})}{10^6}, \text{ кг} \quad (2.3)$$

де  $C_{\text{вих}}$ ,  $C_{\text{ф}}$  - концентрація забруднюючих речовин відповідно у вихідній і фільтрованій воді, мг/л.

### **Обробка результатів роботи**

1. Визначають за вихідними даними (за заданою швидкістю фільтрування) розрахункову витрату очищеної води.
2. Описують методику ведення контролю і регулювання витрати фільтрованої води.
3. Контролюють і регулюють роботу фільтра при заданій продуктивності за допомогою секундоміра і об'ємним способом.

Дані, отримані при проведенні досліджень, заносять в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Параметри режиму роботи фільтра

Швидкість фільтрування, м/год.	Діаметр фільтру, мм	Розрахункова площа фільтру, м <sup>2</sup>	Розрахункова витрата очищеної води, м <sup>3</sup> /год.	Тривалість фільтрування, год.	Об'єм профільтрованої води, м <sup>3</sup>	Брудомісткість фільтру, кг/м <sup>3</sup>
$V_{\text{ф}}$	$D_{\text{ф}}$	$F_{\text{р}}$	$Q_{\text{р}}$	$T_{\text{ф}}$	$W_{\text{в}}$	$B$

## **Лабораторна робота № 3. Технологічні процеси механічної очистки стічних вод**

**Мета роботи:** ознайомлення з технологічними процесами механічного очищення стічних вод і роботою устаткування і споруд, використовуваних для механічного очищення.

### Загальні положення

Механічне очищення стічних вод проводять для виділення із стічної рідини нерозчинених грубодисперсних домішок шляхом її проціджування, відстоювання і фільтрування.

На очисних станціях кількість забруднень, знятих на *гратах*, враховують шляхом збору їх в контейнер певного об'єму. Одночасно фіксують кількість стічних вод, які пройшли через ґрати. У характеристиці знятих з ґрат забруднень указують вологість маси, що видаляється, зольність і вміст ганчір'я та паперу. Досліджують затримані забруднення шляхом ручного сортування, висушування виділених фракцій на водяній бані й зважування на технічних вагах. Щільність забруднень залежить від їх складу і для розрахунків приймається рівною  $750 \text{ кг/м}^3$ .

Технологічні параметри роботи *пісковловлювачів* характеризуються кількістю і якістю затриманого піску. Кількість піску може бути визначена об'ємним способом, для чого пісок гідроелеватором перекачують у вимірювальний лоток; результат вимірювань виражають в літрах піску, виділеного з  $1000 \text{ м}^3$  стічної рідини. Об'ємну масу піску при розрахунках приймають рівною  $1,5 \text{ т/м}^3$ .

Відбір проби для аналізу проводять або з ємкості, в яку вивантажується осад, або безпосередньо з пісковловлювача. Перед відбором проби вимірюють кількість осаду на пісковловлювачі. При відборі проби безпосередньо з пісковловлювача знімають профіль випавшого осаду за довжиною пісколовки за допомогою спеціальної жердини з поділками і визначають об'єм осаду. Проби осаду відбирають в декількох перетинах за довжиною пісковловлювача за допомогою батометра. З відібраних проб складають середньозважену (пропорційно шару) пробу осаду.

Якість піску оцінюють вмістом «чистого» піску, зольністю і фракційним складом. Всі якісні показники визначають з середньої проби піску, яку відбирається з вимірювального лотка. Вміст «чистого» піску визначають шляхом багатократного відмивання водою досліджуваної проби. Відмитий пісок осідає на дно посудини, а воду зі взмученими в ній забрудненнями зливають. Пісок, що залишився, висушують і зважують. Маса висушеного чистого піску, віднесена до маси спочатку взятої проби, виражена у відсотках, визначає вміст піску. Для визначення зольності висушену пробу прожарюють при  $600-700^\circ\text{C}$ . Два показники – вміст піску і зольність – звичайно дуже близькі і відрізняються не більше, ніж на 5-7%. Завжди вище показник зольності, оскільки ним (окрім вмісту піску) враховується мінеральна частина крупних домішок. Чим менше відрізняються ці показники один від одного, тим ефективніше працює пісковловлювач; велика різниця між показниками вмісту піску і зольності показує, що пісковловлювач затримує крупні забруднення. Зольність піску досягає 85-95%. Фракційний склад піску визначають розсіюванням висушеної і прожареної проби через сита, що калібруються, з діаметрами отворів 0,5; 0,25; 0,2; 0,15; 0,1 мм. В осаді з пісковловлювачів переважає пісок фракцій 0,25 мм і більше.

Ефективність затримання суспензії *первинними відстійниками* змінюється

залежно від ряду чинників – часу відстоювання, початкової концентрації завислих речовин, температури стічних вод і конструктивних особливостей споруди. В середньому у відстійниках затримується 40-50% завислих речовин. Дані з ефективності відстоювання суспензії отримують з результатів загального санітарно-хімічного аналізу води, що виконується 1 раз в декаду. В процесі відстоювання стічної рідини в результаті сорбції та осадження відбувається зниження концентрації забруднень, що фіксуються величинами БПК і ХПК приблизно на 10-25%, фосфатів – на 20-30%, азоту загального – на 20-30%, біологічних забруднень – до 50%.

Зольність осаду визначають не рідше за 1 раз на місяць (максимум – один раз в декаду) з середніх проб висушеного осаду. За тим же графіком, що і зольність, визначають вміст піску в осаді шляхом багаторазового (тривалого) відмивання піску.

### ***Проведення роботи***

У ході роботи досліджують осад з пісковловлювача із відомими розмірами, витратою стічних вод  $Q$ , швидкістю перебігу стічної рідини  $V$ , глибиною потоку  $H$  і часом роботи пісковловлювача.

Отримана проба має бути ретельно перемішана для забезпечення однорідності. Потім з неї відбирають дві проби для аналізів: одну для визначення вологості  $\omega$  й зольності осаду  $Z$ , іншу – для визначення щільності  $\rho$ , вмісту піску в осаді й фракційного складу піску  $\Phi$ .

#### **Визначення вологості й зольності осаду**

Фарфорову чашку зважують на технічних вагах і вміщують в неї близько 200 г осаду. Чашку з осадом знову зважують і ставлять для просушування на водяну баню. Після цього чашку з осадом ставлять для остаточного просушування в сушильну шафу, в якій підтримується постійна температура 105°C. Для визначення зольності чашку з сухим осадом ставлять на декілька годин в муфельну піч для прожарення.

Масу сухого осаду визначають як різницю маси чашки з сухим осадом і маси порожньої чашки. Кількість води, що міститься в осаді, визначають як різницю мас вологого  $C_2$ , г, і сухого  $C_1$ , г, осаду. Маса води, виражена у відсотках від маси осаду, є його вологістю:

$$\omega = \left[ \frac{C_2 - C_1}{C_2} \right] \cdot 100. \quad (3.1)$$

Масу золи  $C_3$ , г, визначають як різницю маси чашки з прожареним осадом і маси порожньої чашки. Зольність – це маса золи, виражена у відсотках від маси сухого осаду:

$$Z = \frac{C_3}{C_1} \cdot 100. \quad (3.2)$$

#### **Визначення щільності осаду**

Циліндр ємкістю 500 см<sup>3</sup> зважують на технічних вагах і вміщують в нього осад, струшуючи циліндр на долоні після кожного додавання осаду. Циліндр,

заповнений осадам до мітки  $500 \text{ см}^3$ , знову зважують. Різниця мас циліндра з осадам і порожнього циліндра, збільшена в 2 рази, дає масу осаду в  $1000 \text{ м}^3$ , тобто щільність осаду.

### **Визначення вмісту піску в осаді**

Осад, вилучений з циліндра, розбавляють водою і проціджують через сита з чарунками розміром 3 і 1,5 мм. Крупний пісок і органічні включення, що залишилися на ситах, переносять в дві фарфорові чашки і обережно відмивають пісок водою від органічних речовин. Відмитий пісок переносять у велику фарфорову чашку. До осаду, що пройшов через сита, додають воду, а потім зливають її. Злив води проводять так, щоб з водою не видалявся навіть найдрібніший пісок. Із зливаною водою з осаду відмиваються всі органічні домішки. Відмитий пісок також переносять у велику фарфорову чашку. Після просушування піску на водяній бані чашку з піском ставлять в сушильну шафу для остаточного просушування. Потім чашку з висушеним піском поміщають на декілька годин в муфельну піч для прожарення. Прожарений пісок зважують на технічних вагах.

Вміст піску в сухому осаді  $C_c$ , г, визначають як відношення маси піску до маси сухої речовини в  $500 \text{ см}^3$  осаду, виражене у відсотках, або знаючи вологість осаду, за формулою

$$C_c = \frac{C_{500} \cdot (100 - \omega)}{100}, \quad (3.3)$$

де  $C_{500}$  - маса  $500 \text{ см}^3$  осаду, г.

### **Визначення фракційного складу піску**

Визначення проводять методом ситового аналізу. Прожарений пісок просівають через послідовний ряд сит з розмірами чарунок 1; 0,5; 0,25; 0,14 і 0,09 мм, закріплених на вібраційному столі. Пісок, що залишився на кожному ситі, зважують на технічних вагах. Вміст піску певних фракцій в аналізованому осаді визначають у відсотках як відношення маси піску на кожному ситі до сумарної маси піску.

### ***Розрахункова частина***

*(вихідні дані – див. Додаток 1)*

**Завдання 1.** Визначити кількість забруднень, які буде затримано ґратами із заданої кількості стічних вод  $Q_{\text{доб}}$  при відомій нормі водовідведення на одного жителя  $q_{\text{доб}}$ .

Для виконання завдання слід врахувати, що згідно з табл. 23 [7] кількість забруднень, які знімають ґрати (при ширині прозорів 16-20 мм) з розрахунку на одного жителя складає 8 л/рік або 0,022 л/доб.

**Завдання 2.** Визначити кількість піску, що затримується пісколовками, з певної кількості стічної рідини  $Q_{\text{доб}}$  при відомій нормі водовідведення на одного жителя  $q_{\text{доб}}$ .

Для виконання завдання слід врахувати, що згідно з табл. 28 [7] кількість затриманого в пісколовках піску з розрахунку на одного жителя складає 0,02



л/доб.

**Завдання 3.** Визначити, який відсоток об'єму стічних вод складає об'єм осаду в первинних відстійниках.

Кількість осаду, що затримується первинними відстійниками, підраховують за нормою вмісту завислих речовин на одного жителя  $m_{\text{зав}}=65$  г/доб. (табл. 25 [7]) і заданої ефективністю роботи відстійників  $E$ . Середня ефективність затримання суспензії нормально працюючих споруд дорівнює 40%.

При підрахунку кількості осідаючих речовин враховують крупну фракцію забруднень, що не входять до складу суспензії, але також осідають у відстійниках. Збільшення кількості осаду за рахунок цієї фракції складає 10-20% кількості осідаючої суспензії.

Таким чином, маса осаду, що затримується у відстійниках з розрахунку на одного жителя, складає

$$M_{\text{сух}} = m_{\text{зав}} \cdot E \cdot (1,1 \div 1,2), \text{ г/доб. чол.} \quad (3.4)$$

Приймаємо вологість відкачуваного осаду 93%. Отже, в 1 л осаду міститься 70 г сухої речовини (при об'ємній масі осаду 1 кг/л). Об'єм осаду 93%-ної вологості на одного жителя складе

$$V_{\text{ос}} = \frac{M_{\text{сух}} \cdot 1}{70}, \text{ л/доб.} \quad (3.5)$$

Для визначення процентного співвідношення утвореного осаду до об'єму очищеної стічної рідини необхідно знати норму водовідведення. Об'єм осаду складе такий відсоток об'єму води (з розрахунку на одного жителя):

$$W_{\text{ос}}^{\text{жит}} = \frac{V_{\text{ос}} \cdot 100}{q_{\text{доб}}}, \% \quad (3.6)$$

За аналогічною методикою можна визначити відсоток об'єму осаду з розрахунку на весь об'єм очищеної стічної води (визначення слід проводити з урахуванням загальної кількості осаду, утвореного у первинних відстійниках).

Певна кількість осаду первинних відстійників, виражена у відсотках об'єму оброблюваної стічної рідини, залежить від вихідної концентрації завислих речовин, ефективності їх затримання, вологості осаду, кількості крупних забруднень.

### ***Обробка результатів роботи***

Описують методику визначення основних характеристик якісного складу осаду.

Результати вимірювань при визначенні якісного складу осаду заносять у відповідні таблиці (табл. 3.1, табл. 3.2, табл. 3.3).

Згідно з отриманим завданням виконують і оформляють розрахункову частину роботи.

У заключній частині роботи дають технологічну оцінку роботи пісковловлювача.

Таблиця 3.1 – Визначення вологості й зольності осаду

Вологість					Зольність			
Маса чашки, г	Маса чашки з сирым осадом, г	Маса чашки з сухим осадом, г	Маса вологого осаду, $C_2$ , г	Маса сухого осаду, $C_1$ , г	Вологість, $\omega$ , %	Маса чашки після прожарювання, г	Маса прожареного осаду, $C_3$ , г	Зольність, $Z$ , %

Таблиця 3.2 – Визначення щільності й вмісту піску в сухому осаді

Щільність				Вміст піску в сухому осаді	
Маса циліндру, г	Маса циліндру з осадом, г	Маса осаду об'ємом $500 \text{ см}^3$ , г	Щільність, $\rho$ , $\text{г}/\text{см}^3$	Маса $500 \text{ см}^3$ піску, г	Вміст піску в сухому осаді, $C_c$ , г

Таблиця 3.3 – Характеристика фракційного складу осаду

Маса піску, г	Фракційний склад піску і вміст його в сухому осаді (маса / вміст), г / %, часток піску діаметром						
	< 1	0,5-1	0,25-0,5	< 0,25			
				< 0,09	0,09-0,14	0,14-0,25	всього
	/	/	/	/	/	/	/

## ЗМ 1.2. ОБРОБКА ОСАДІВ І УТИЛІЗАЦІЯ ОСАДІВ І БІОГАЗУ МЕТАНТЕНКІВ

### *Лабораторна робота № 4. Визначення основних властивостей осаду стічних вод*

**Мета роботи:** Ознайомлення з основними технологічними процесами обробки осадів стічних вод.

### **Загальні положення**

Суха речовина осадів складається з органічних речовин (65-75%), здатних загнивати, виділяючи неприємний запах. Якщо врахувати високий ступінь зараженості осадів хвороботворними бактеріями і яйцями глистів, то очевидно, що обов'язковою стадією обробки осадів є їх знешкодження.

Розкладання органічної речовини осаду здійснюють біохімічним шляхом як в аеробних, так і в анаеробних умовах. Анаеробне біохімічне окислення проводять в двоярусних відстійниках, освітлювачах-перегнивачах і метантенках. В осадах при високій концентрації в них сухої речовини міститься 92-98% води. Тому важливим прийомом в загальній системі обробки осадів є видалення вологи. Процеси зниження вологи до 70-80% називають зневодненням, а до 5-40% - сушінням осадів. Ці назви є умовними, але кожна назва відповідає руйнуванню певного виду зв'язку води в осаді. Для зневоднення осаду застосовують вакуум-фільтрацію, фільтр-пресування і центрифугування. Сушіння осадів здійснюють у спеціальних сушильних установках, які забезпечують також знезараження осадів.

Компоновка системи повної обробки осадів може бути різноманітною, особливо на станціях малої і середньої продуктивності.

Склад і властивості осаду, що утворюється у процесі очищення стічних вод, залежать від складу стічних вод, методу очищення й умов експлуатації очисних споруд та ін. Основні властивості, що характеризують осад, - вологість, зольність, щільність (об'ємна маса), концентрація завислих речовин і питомий опір.

### **Проведення роботи**

#### **Визначення вологості осаду**

У задалегідь прожарену і зважену з точністю до 0,01 г фарфорову чашку наливають добре перемішаний осад. Чашку з осадом (близько 100 мл) зважують на технічних вагах. Потім осад випаровують у водяній бані, сушать в сушильній шафі 30 хв. при температурі 105°C, охолоджують в ексікаторі і зважують.

Вологість осаду  $\omega_{oc}$ , %, обчислюють за формулою

$$\omega_{oc} = \left[ \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_3} \right] \cdot 100, \% \quad (4.1)$$

де  $m_1$  - маса чашки з осадом, г;

$m_2$  - маса чашки з сухим осадом, г;

$m_3$  - маса порожньої фарфорової чашки, г.

#### **Визначення зольності осаду**

Зольність характеризує вміст мінеральних домішок в осаді. Для визначення зольності в лабораторних умовах висушений осад (звичайно використовують навішування, яке залишається після визначення вологості) поміщають у фарфоровий тигель, задалегідь прожарений і зважений. Потім тигель з осадом вміщують в муфельну піч і протягом 20 хв. прожарюють при

температурі 800°C. Після цього тигель охолоджують в ексикаторі й зважують на аналітичних вагах. Зольність осаду  $Z$ , %, визначають за формулою

$$Z = \left[ \frac{m_4 - m_5}{m_6 - m_5} \right] \cdot 100, \% \quad (4.2)$$

де  $m_4$  - маса тигля з прожареним осадом, г;

$m_5$  - маса порожнього тигля, г;

$m_6$  - маса тигля з навішуванням висушеного осаду, г.

#### Визначення щільності осаду

Щільність  $\rho$ , кг/м<sup>3</sup>, осаду характеризує масу одиниці його об'єму і виражається відношенням маси всіх складених компонентів осаду до його об'єму, тобто

$$\rho = \frac{m}{V}, \text{ кг/м}^3, \quad (4.3)$$

де  $m$  - маса осаду з усіма включеннями, кг;

$V$  - об'єм осаду, м<sup>3</sup>.

#### Визначення вмісту завислих речовин в осаді

Концентрацію завислих речовин - кількість твердих частинок сухої і розчиненої речовини в 1 м<sup>3</sup> осаду  $C$ , кг/м<sup>3</sup>, - визначають за формулою

$$C = \left[ \frac{100 - \omega_{ос}}{\rho} \right] \cdot 100, \text{ кг/м}^3. \quad (4.4)$$

#### Обробка результатів роботи

Описують методику визначення характеристик осаду стічних вод.

Отримані дані про основні властивості осаду записують в табл. 4.1.

На закінченні роботи дають характеристику осаду стічних вод.

Таблиця 4.1 – Основні властивості осаду стічних вод

Вологість				Зольність				Щільність			Концентрація завислих речовин, кг/м <sup>3</sup>
Маса чашки з осадом, г	Маса чашки з сухим осадом, г	Маса порожньої чашки, г	Вологість осаду, %	Маса тигля з прожареним осадом, г	Маса порожнього тигля, г	Маса тигля з навішуванням висушеного осаду, г	Зольність осаду, %	Маса осаду зі всіма включеннями, кг	Об'єм осаду, м <sup>3</sup>	Щільність осаду, кг/м <sup>3</sup>	
$m_1$	$m_2$	$m_3$	$\omega_{ос}$	$m_4$	$m_5$	$m_6$	$Z$	$m$	$V$	$\rho$	$C$

## **Лабораторна робота № 5. Визначення питомого опору осаду**

**Мета роботи:** Ознайомитися з методикою визначення питомого опору осаду.

### **Загальні положення**

Здатність осаду віддавати воду характеризується питомим опором фільтрації. Питомий опір осаду фільтрації - це опір одиниці маси твердої фази осаду, що відкладається на одиниці площі фільтра при фільтруванні під постійним тиском осаду, в'язкість рідкої фази якого дорівнює одиниці. Питомий опір осадів фільтрації виражаються в см/г і визначаються на спеціальних лабораторних установках. Питомий опір залежить від числа, діаметра, довжини капілярів і їх взаємного розташування, дисперсності, хімічного складу, динамічної в'язкості, співвідношення вільної й зв'язаної води в осаді та інших чинників. Він визначає необхідність і ступінь обробки осадів перед їх механічним зневодненням, метод обробки осадів і розрахункові параметри відповідних пристроїв і споруд.

Сирий осад і неущільнений активний мул мають питомий опір фільтрації в середньому  $(50-1000) \cdot 10^{-10}$  см/г. Ущільнений активний мул, анаеробно зброджений й аеробно стабілізований осад мають значно більший питомий опір фільтрації -  $(400-10000) \cdot 10^{-10}$  см/г, тобто не зважаючи на мінералізацію органічної речовини, збродження осадів погіршує їх водовіддачу. За зростанням питомого опору фільтрації осад можна розташувати наступним чином: сирий осад; надлишковий активний мул; ущільнений надлишковий активний мул; аеробно стабілізований осад; осад зброджений у мезофільних умовах; осад, зброджений у термофільних умовах.

Зміна структури й покращення водовіддаючих властивостей осадів досягається обробкою їх мінеральними коагулянтами й органічними флокулянтами. Обробка мінеральними коагулянтами забезпечує агрегацію тонкодисперсних і колоїдних частинок осаду, супроводжується руйнуванням гідратних оболонок, а також зміною форм зв'язку вологи з частинками осаду. Це зменшує питомий опір осадів фільтрації до значень, при яких забезпечується стійка робота зневоднюючого обладнання:  $(10-60) \cdot 10^{-10}$  - для зброджених і  $(5-50) \cdot 10^{-10}$  см/г - для сирих осадів стічних вод.

Для кондиціонування осадів використовуються наступні мінеральні коагулянти:  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{FeSO}_4$ ,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , негашене  $\text{CaO}$  і гашене вапно  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Дози реагентів обчислюють у відсотках від маси сухої речовини осаду й залежать від виду осаду, методу його попередньої обробки й способу наступного зневоднення. Чим більший ступінь дисперсності твердої фази і лужність осаду, тим більше реагентів потрібно для його коагуляції. Дози реагентів для зброджених осадів більші, ніж для сирих; дози реагентів для термофільно зброджених осадів більші, ніж для мезофільно зброджених; дози реагентів для мезофільно зброджених осадів більші, ніж для аеробно стабілізованих осадів.

Не зважаючи на широке розповсюдження, кондиціонування осадів мінеральними коагулянтами має і суттєві недоліки. Це, передусім, велика доза коагулянтів і значна їх вартість. Крім того, через велику корозійну здатність є

певні труднощі при їх транспортуванні, зберіганні, приготуванні й дозуванні. Труднощі також виникають при утилізації зневоднених осадів, які вміщують багато заліза. Тому більш широке застосування знаходять органічні синтетичні флокулянти, які забезпечують високу ефективність кондиціонування і зменшують кошти на експлуатацію установок зневоднення осадів.

### **Схема лабораторної установки**

Лабораторний стенд для визначення питомого опору осадів (рис. 5.1) включає воронку із знімними перфорованими ґратами, мірний циліндр ємкістю 100-250 см<sup>3</sup>, призначений для збору і виміру фільтрату, ємкість для збору фільтрату, ресівер місткістю 0,5-1 л і вакуум. Для вимірювання величини вакууму служить вакуумметр. Всі елементи установки сполучені між собою вакуумними шлангами із запірними кранами. Воронка й знімні ґрати виготовлені з оргскла. Ґрати служать опорою для фільтруючої тканини і повинні мати живий переріз, який дорівнює живому перерізу опорної поверхні виробничого вакуум-фільтра.

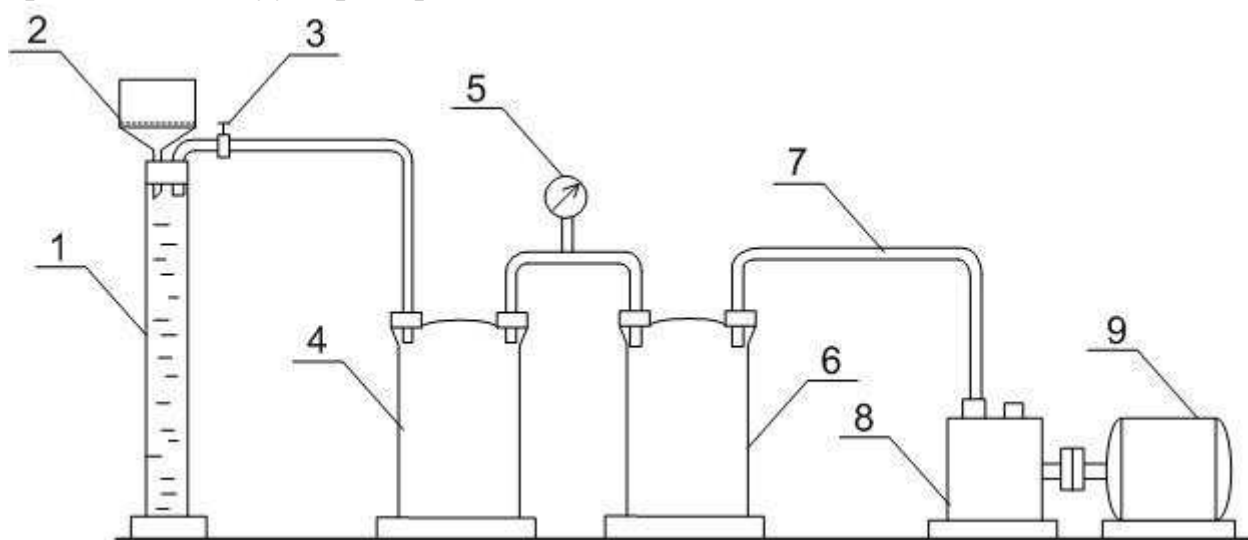


Рис. 5.1 - Лабораторний стенд для визначення питомого опору осаду:

- 1 – мірний циліндр; 2 – воронка; 3 – кран; 4 – ємкість для збору фільтрату;  
5 – вакуумметр; 6 – ресівер; 7 – вакуумний шланг; 8 – вакуум;  
9 – електродвигун

### **Проведення роботи**

У заздалегідь зважений мірний циліндр виливають призначений для аналізу осад і визначають його об'єм (приблизно 200 см<sup>3</sup>) і масу (різниця маси циліндра з осадом і маси порожнього циліндра). Отримавши ці дані, розраховують щільність, а також вологість осаду (див. лаб. роботу № 4).

При визначенні питомого опору фільтрувальна тканина не повинна набухати, тому використовують вживану фільтроткань. Спочатку її змочують, наливаючи у воронку 10-15 см<sup>3</sup> чистої води, потім просушують, включивши на короткий час вакуум. Осад, призначений для аналізу, ретельно перемішують і виливають у воронку 2. Кран 3 закривають. Включають вакуум, встановлюють задане значення вакууму, контролюючи його вакуумметром, відкривають кран

3. Відбувається частковий зсув значення вакууму. Зі встановленням заданого вакууму включають секундомір і записують відлік початкового об'єму  $V_0$  фільтрату в циліндрі  $I$ . Потім дослідження проводять при постійному вакуумі, який досягається регулюванням крана вакуумметра.

На початку дослідження відліки роблять через 10-15 с., а з уповільненням швидкості фільтрації проміжок часу між відліками збільшують до 60-120 с. Дослідження триває не більше 15-20 хв. З припиненням надходження фільтрату або з появою тріщин в осаді вимикають секундомір і вакуум, занотовують об'єм фільтрату і час закінчення дослідження.

Питомий опір осаду  $r$ , см/г, обчислюють за формулою

$$r = \frac{2 \cdot P \cdot F^2 \cdot b}{\eta \cdot C}, \text{ см/г}, \quad (5.1)$$

де  $P$  – вакуум (тиск), при якому проходить фільтрація, Па;

$F$  – площа фільтруючої поверхні, см<sup>2</sup>;

$\eta$  – в'язкість фільтрату, пз;

$C$  – концентрація осаду, г/см<sup>3</sup>;

$b$  – параметр, який залежить від умов дослідження:

$$b = \frac{\left(\frac{\tau}{V}\right)}{V} = \frac{\tau}{V^2}, \quad (5.2)$$

де  $\tau$  – тривалість фільтрації, с.;

$V$  – об'єм фільтрату, що утворюється, см<sup>3</sup>.

Параметр  $b$  можна визначити за графіком, побудованим в координатах:

$x = V$ ,  $y = \tau / V$  (рис. 5.2). У цьому випадку  $b$  є тангенсом кута нахилу прямої до абсциси

$$b = \frac{\left(\frac{\tau}{V}\right)}{V} = \frac{m}{n}.$$

Звичайно питомий опір осаду визначають при постійних значеннях  $F$ ,  $\eta$ ,

$P$ . Якщо відношення  $\frac{2 \cdot P \cdot F^2}{r} = K$  - величина постійна, то формула для визначення питомого опору осаду набуває вигляду

$$r = \frac{K \cdot b}{C}. \quad (5.3)$$

Таким чином, для визначення питомого опору осаду необхідно в лабораторних умовах визначити параметри  $b$  і  $C$ .

Наприклад, виходячи з даних, які можна використати для будування графіку для визначення питомого опору осаду (Додаток 2), прийнятого часу фільтрування 30, 180 і 300 с., значення параметрів  $b$  будуть відповідно дорівнювати

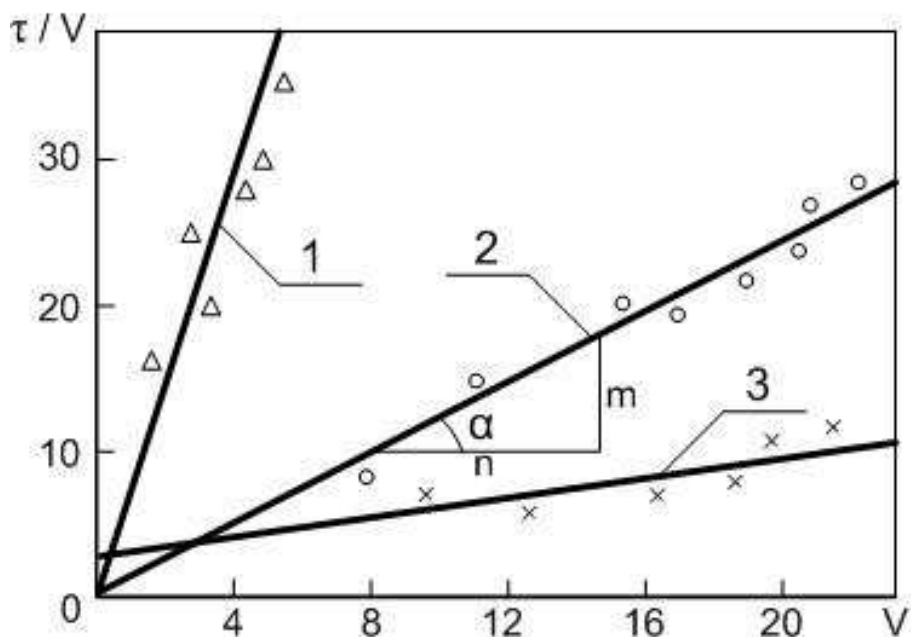


Рис. 5.2 - Графік для визначення питомого опору осаду:  
 1 - вихідний осад; 2 - осад, скоагульований хлорним залізом та вапном;  
 3 - осад, скоагульований сульфатом заліза, амміачною водою та слабкоконтрентрованою азотною кіслотою

$$b_1 = 1,43 : 21 = 0,068;$$

$$b_2 = 3,51 : 52 = 0,067;$$

$$b_3 = 4,41 : 68 = 0,064.$$

Середньоматематичне значення

$$b_{cp} = (0,068 + 0,067 + 0,064) : 3 = 0,066 .$$

### **Обробка результатів роботи**

Описують методику визначення питомого опору осаду.

Дані дослідів з визначення питомого опору осаду записують в табл. 5.1.

На закінчення роблять висновки про вплив коагуляції на величину питомого опору осаду.

Таблиця 5.1 – Визначення питомого опору осаду

Характеристика вихідного осаду			Вакуум, Р, Па	Питомий опір осаду, $r \cdot 10^{-10}$ , см/г	Доза коагу- лянту, $D_k$ , мг/дм <sup>3</sup>	Питомий опір коагульова- ного осаду, $r_1 \cdot 10^{-10}$ , см/г
Вологість $\omega$ , %	Зольність $Z$ , %	Щільність $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>				



## 2. ВКАЗІВКИ ДО ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

### ЗМ 1.1. ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ВІД ЗАБРУДНЕННЯ БІОГЕННИМИ РЕЧОВИНАМИ

#### Розрахунок фільтрів для доочищення стічних вод

Вихідні дані для розрахунку приймають згідно з Додатком 1 або за вказівками викладача.

Розрахунок фільтрів можна виконати в наступній послідовності:

Розпочинають розрахунок із визначення необхідного ефекту доочистки за завислими речовинами й БСКповн, за яким за табл. 52 [7] приймають тип фільтра, матеріал фільтруючого завантаження, його розміри і висоту, швидкість фільтрування при робочому й форсованому режимах, тривалість та інтенсивність промивки.

Площу фільтрів визначають з урахуванням простою фільтра на час промивки й витрати промивної води за формулою

$$F_{\phi} = \frac{Q_{\max}^{\text{доб}}}{T_{\text{доб}} \cdot V_{\text{Р.Н.}} - 3,6 \cdot n_{\text{пр}} \cdot W \cdot t_1 - n_{\text{пр}} \cdot t_2 \cdot V_{\text{Р.Н.}}}, \text{ м}^2,$$

де  $Q_{\max}^{\text{доб}}$  – максимальна добова витрата очищуваних стічних вод, м<sup>3</sup>/доб.;

$T_{\text{доб}}$  – тривалість роботи станції протягом доби, год.;

$V_{\text{Р.Н.}}$  – розрахункова швидкість фільтрування при нормальному режимі  
 $V_{\text{Р.Н.}} = 8 \text{ м/год.};$

$n_{\text{пр}}$  – кількість промивок кожного фільтра за добу при нормальному режимі експлуатації;

$W$  – інтенсивність промивки, л/с·м<sup>2</sup>;

$t_1$  – тривалість промивки, год.;

$t_2$  – час простою фільтра у зв'язку з промивкою  $t_2 = 20 \text{ хв.} = 0,33 \text{ год.}$

Далі за отриманим значенням площі фільтрування знаходять кількість фільтрів (робочих і резервних). Кількість фільтрів на станції доочистки стічних вод може бути визначена за емпіричною формулою

$$N = 0,5 \cdot \sqrt{F_{\phi}}.$$

$N$  не повинно бути меншим 4. Площа в плані одного фільтра не повинна перевищувати 50-60 м<sup>2</sup>. Визначають фактичну швидкість фільтрування.

При форсованому режимі під час ремонту одного чи декількох фільтрів швидкість фільтрування становить

$$V_{\text{Ф.Р.}} = \frac{N \cdot V_{\text{Р.Н.}}}{N - n_{\text{р}}}, \text{ м/год.},$$

де  $N$  – загальна кількість фільтрів;

$n_p$  – кількість фільтрів, що знаходяться в ремонті.  $n_p$  приймають залежно від загального числа фільтрів:  $n_p=3$  при  $N > 20$ ,  $n_p=2$  при  $N < 20$ ,  $n_p=1$  при  $N < 10$ .

Швидкість фільтрування при форсованому режимі для прийнятого типу фільтра не повинна відрізнятись від рекомендованої.

При інтенсивності  $W$  і тривалості  $t_1$  промивки розраховують витрату води на одну промивку одного фільтра й об'єм баку для промивної води. Витрата промивної води складає

$$q_{\text{пр}} = \frac{W \cdot f}{1000}, \text{ м}^3/\text{с},$$

де  $f$  – площа в плані одного фільтра,  $\text{м}^2$ .

Об'єм баку для промивної води визначають залежно від тривалості промивки й кількості промивань (не менше 2) за формулою

$$w_{\text{б}} = \frac{2 \cdot W \cdot f \cdot t_1}{1000}, \text{ м}^3.$$

З метою виключення анаеробних процесів у тілі фільтра необхідно перед водяною промивкою здійснювати продування завантаження стислим повітрям. При інтенсивності продування визначають витрату повітря на одну промивку. Виходячи зі значення тривалості продування визначають необхідну кількість повітря для всіх фільтрів. Подача повітря для барботування завантаження фільтра через нижній розподільний пристрій здійснюється безпосередньо в трубопровід промивної води. Після закінчення продування фільтра подачу повітря припиняють, потім подають промивну воду.

Загальна висота фільтра повинна складати

$$H = H_3 + H_B + h_{\text{б}} + d_K, \text{ м},$$

де  $H_3$  – висота завантаження фільтра, м;

$H_B$  – висота шару води над завантаженням фільтра, м; приймають  $H_B=2$  м;

$h_{\text{б}}$  – перевищення борту фільтра над розрахунковим рівнем води, м; приймають  $h_{\text{б}}=0,5$  м;

$d_K$  – діаметр колектора трубчастого дренажу, м; визначають за формулою

$$d_K = \sqrt{\frac{q_{\text{пр}}}{0,785 \cdot V_K}}, \text{ м},$$

де  $V_K$  – швидкість руху води в колекторі під час промивки, м/с; приймають  $V_K=1-1,2$  м/с.

Приймають насоси для промивки й повітродувки для продування фільтрів.

## ЗМ 1.2. ОБРОБКА ОСАДІВ І УТИЛІЗАЦІЯ ОСАДІВ І БІОГАЗУ МЕТАНГЕНКІВ

### Розрахунок кількості осадів стічних вод та їх вологості

Вихідні дані для розрахунку приймають згідно з Додатком 3 або за вказівками викладача.

Концентрацію забруднень в господарсько-побутових стічних водах визначають таким чином:

$$C_i^{\Gamma/\Pi} = \frac{C_i \cdot 1000}{q_{\max}^{\text{доб}}}, \text{ мг/дм}^3,$$

де  $C_i$  – кількість забруднюючих речовин на одного жителя, г/доб.; згідно з табл. 25 [7] складає за завислими речовинами 65 г/доб., за БСКповн – 75 г/доб.;

$q_{\max}^{\text{доб}}$  – норма водоспоживання в населеному пункті, л/доб.чол.

На прийнятті очисні споруди надходить суміш побутових і виробничих стічних вод. Загальна витрата очищуваних стічних вод дорівнює

$$Q_{\text{mid}} = Q_{\text{mid}}^{\Gamma/\Pi} + Q_{\text{mid}}^{\text{ПП}},$$

де  $Q_{\text{mid}}^{\Gamma/\Pi}$  – витрата господарсько-побутових стічних вод, м<sup>3</sup>/доб.;

$Q_{\text{mid}}^{\text{ПП}}$  – витрата виробничих стічних вод, м<sup>3</sup>/доб.

Концентрація забруднень суміші стічних вод складає

$$C_i = \frac{(C_i^{\Gamma/\Pi} \cdot Q_{\text{mid}}^{\Gamma/\Pi} + C_i^{\text{ПП}} \cdot Q_{\text{mid}}^{\text{ПП}})}{Q_{\text{mid}}}, \text{ мг/дм}^3;$$

де  $C_i^{\text{ПП}}$  – кількість забруднюючих речовин у виробничих стічних водах, мг/дм<sup>3</sup>;

тобто за завислими речовинами

$$C_{\text{en}} = \frac{(C_{\text{en}}^{\Gamma/\Pi} \cdot Q_{\text{mid}}^{\Gamma/\Pi} + C_{\text{en}}^{\text{ПП}} \cdot Q_{\text{mid}}^{\text{ПП}})}{Q_{\text{mid}}}, \text{ мг/дм}^3;$$

а за БСКповн

$$L_{\text{en}} = \frac{(L_{\text{en}}^{\Gamma/\Pi} \cdot Q_{\text{mid}}^{\Gamma/\Pi} + L_{\text{en}}^{\text{ПП}} \cdot Q_{\text{mid}}^{\text{ПП}})}{Q_{\text{mid}}}, \text{ мг/дм}^3.$$

Після первинного відстоювання концентрація забруднень суміші стічних вод складе:

за завислими речовинами

$$C_{\text{сдр}} = E_{\text{відст}} \cdot C_{\text{en}}, \text{ мг/дм}^3;$$

де  $E_{\text{відст}}$  – ефект освітлення в первинних відстійниках;

за БСКповн

$$L_a = (1 - E_{\text{БПК}}) \cdot L_{\text{en}} \text{ мг/дм}^3.$$

де  $E_{\text{БПК}}$  – зниження БСКповн стічних вод при первинному відстоюванні.

Визначається витрата осадів у первинних відстійниках (за сухою речовиною):

$$Q_{\text{сух}} = \frac{C_{\text{en}} \cdot E_{\text{відст}} \cdot K}{10^6} \cdot Q_{\text{mid}}, \text{ т/доб.},$$

де  $K$  – коефіцієнт, що враховує збільшення об'єму осаду за рахунок крупних фракцій суспензії, не вловлюваних при відборі проб;  $K=1,1-1,2$ .

Витрата надлишкового активного мулу (за сухою речовиною) дорівнює

$$M_{\text{сух}} = \left[ \frac{0,8 \cdot C_{\text{en}} \cdot (1 - E) + \alpha \cdot (L_a - b)}{10^6} \right] \cdot Q_{\text{mid}}, \text{ т/доб.},$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт приросту активного мулу;  $\alpha=0,3-0,5$ ;

$L_a$  – БСКповн стічних вод після освітлення.

Витрата осаду й надлишкового активного мулу за беззольною речовиною дорівнює

$$Q_{\text{без}} = \frac{Q_{\text{сух}} \cdot (100 - P_g) \cdot (100 - S_{\text{mud}})}{100 \cdot 100}, \text{ т/доб.};$$
$$M_{\text{без}} = \frac{M_{\text{сух}} \cdot (100 - P'_g) \cdot (100 - S_{\text{a mud}})}{100 \cdot 100}, \text{ т/доб.},$$

де  $P_g, P'_g$  – гігроскопічна вологість сирого осаду та надлишкового активного мулу; приймають рівною 5-6%;

$S_{\text{mud}}, S_{\text{a mud}}$  – зольність сухої речовини осаду та мулу;  $S_{\text{mud}} = 27\%$ ,  $S_{\text{a mud}} = 25\%$ .

Об'єм сирого осаду й надлишкового активного мулу визначають за формулами

$$V_{\text{ос}} = \frac{100 \cdot Q_{\text{сух}}}{(100 - W_{\text{ос}}) \cdot \rho_{\text{ос}}}, \text{ м}^3/\text{доб.};$$
$$V_{\text{мул}} = \frac{100 \cdot M_{\text{сух}}}{(100 - W_{\text{мул}}) \cdot \rho_{\text{a mud}}}, \text{ м}^3/\text{доб.},$$

де  $W_{\text{ос}}$  – вологість сирого осаду;  $W_{\text{ос}} = 93-95\%$ ;

$W_{\text{мул}}$  – вологість ущільненого активного мулу;  $W_{\text{мул}} = 97-98\%$ ;

$\rho_{\text{ос}}, \rho_{\text{a mud}}$  – щільність осаду та активного мулу,  $\text{т/м}^3$ ; для практичних розрахунків може бути прийнята рівною  $1 \text{ т/м}^3$ .

Загальна витрата сирого осаду й надлишкового активного мулу на станції дорівнює:

за сухою речовиною

$$m_{\text{сух}} = Q_{\text{сух}} + M_{\text{сух}}, \text{ т/доб.};$$

за сухою беззольною речовиною

$$m_{\text{без}} = Q_{\text{без}} + M_{\text{без}} \text{ т/доб.};$$

за витратою суміші фактичної вологості

$$m = V_{\text{ос}} + V_{\text{мул}}, \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Середня вологість суміші складе

$$W_{\text{ср}} = 100 \cdot \left( 1 - \frac{m_{\text{сух}}}{m} \right), \%$$

Середня зольність суміші

$$Z_{\text{сум}} = 100 \cdot \left[ 1 - \frac{m_{\text{без}}}{Q_{\text{сух}} \cdot (100 - P_g) / 100 + M_{\text{сух}} \cdot (100 - P'_g) / 100} \right], \%$$

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ковальчук В.А. Очистка стічних вод. – Рівне: ВАТ «Рівненська друкарня», 2003. – 622 с.
2. Воронов Ю.В., Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2006. – 704 с.
3. Лихачев Н.И., Ларин И.И., Ласкин С.А. и др. Канализация населенных мест и промышленных предприятий / Под общ. ред. В.Н.Самохина (Справочник проектировщика). – М.: Стройиздат, 1981. – 639 с.
4. Аюкаев Р.И., Мельцер В.З. Производство и применение фильтрующих материалов для очистки воды. – Л.: Стройиздат, 1985. – 117 с.
5. Унифицированные методы анализа вод / Под ред. Ю.Ю.Лурье. – М.: Химия, 1973.- 363 с.
6. Туровский И.С. Обработка осадков сточных вод. – 2-е изд. – М.: Стройиздат, 1988.
7. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. – М.: ЦИТП, 1986. – 72 с.
8. Справочное пособие к СНиП 2.04.03-85. – М: Стройиздат, 1990. – 158 с.

## Додаток 1

### Вихідні дані для визначення кількості затриманих осадів і розрахунку фільтрів

$$\frac{\text{добова витрата очищеної води}}{\text{добова норма водоспоживання}}, \frac{\text{тис. м}^3}{\text{л/чол.}}$$

		<i>Остання цифра номеру залікової книжки</i>									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
<b>Передостання цифра номеру залікової книжки</b>	<b>1</b>	$\frac{2800}{310}$	$\frac{2600}{310}$	$\frac{2400}{310}$	$\frac{2200}{310}$	$\frac{2000}{310}$	$\frac{1800}{310}$	$\frac{1600}{310}$	$\frac{1400}{310}$	$\frac{1200}{310}$	$\frac{1000}{310}$
	<b>2</b>	$\frac{2800}{300}$	$\frac{2800}{290}$	$\frac{2800}{280}$	$\frac{2800}{270}$	$\frac{2800}{260}$	$\frac{2800}{250}$	$\frac{2800}{240}$	$\frac{2800}{230}$	$\frac{2800}{220}$	$\frac{2800}{210}$
	<b>3</b>	$\frac{800}{210}$	$\frac{900}{210}$	$\frac{1000}{210}$	$\frac{1100}{210}$	$\frac{1200}{210}$	$\frac{1300}{210}$	$\frac{1400}{210}$	$\frac{1500}{210}$	$\frac{1600}{210}$	$\frac{1700}{210}$
	<b>4</b>	$\frac{1200}{210}$	$\frac{1200}{215}$	$\frac{1200}{220}$	$\frac{1200}{225}$	$\frac{1200}{230}$	$\frac{1200}{235}$	$\frac{1200}{240}$	$\frac{1200}{245}$	$\frac{1200}{250}$	$\frac{1200}{255}$
	<b>5</b>	$\frac{2200}{290}$	$\frac{2200}{285}$	$\frac{2200}{280}$	$\frac{2200}{275}$	$\frac{2200}{270}$	$\frac{2200}{265}$	$\frac{2200}{260}$	$\frac{2200}{255}$	$\frac{2200}{250}$	$\frac{2200}{245}$
	<b>6</b>	$\frac{1600}{210}$	$\frac{1650}{210}$	$\frac{1700}{210}$	$\frac{1750}{210}$	$\frac{1800}{210}$	$\frac{1850}{210}$	$\frac{1900}{210}$	$\frac{1950}{210}$	$\frac{2000}{210}$	$\frac{2100}{210}$
	<b>7</b>	$\frac{1800}{310}$	$\frac{1800}{305}$	$\frac{1800}{300}$	$\frac{1800}{295}$	$\frac{1800}{290}$	$\frac{1800}{285}$	$\frac{1800}{280}$	$\frac{1800}{275}$	$\frac{1800}{270}$	$\frac{1800}{265}$
	<b>8</b>	$\frac{2500}{260}$	$\frac{2450}{260}$	$\frac{2400}{260}$	$\frac{2350}{260}$	$\frac{2300}{260}$	$\frac{2250}{260}$	$\frac{2200}{260}$	$\frac{2150}{260}$	$\frac{2100}{260}$	$\frac{2000}{260}$
	<b>9</b>	$\frac{2500}{200}$	$\frac{2500}{205}$	$\frac{2500}{215}$	$\frac{2500}{225}$	$\frac{2500}{235}$	$\frac{2500}{245}$	$\frac{2500}{255}$	$\frac{2500}{265}$	$\frac{2500}{275}$	$\frac{2500}{285}$
	<b>0</b>	$\frac{1500}{290}$	$\frac{1700}{290}$	$\frac{1900}{290}$	$\frac{2100}{290}$	$\frac{2300}{290}$	$\frac{2500}{290}$	$\frac{2700}{290}$	$\frac{2600}{290}$	$\frac{2400}{290}$	$\frac{2200}{290}$

**Примітка:** Вихідні дані для виконання розрахунків дає викладач або за його вказівкою студент обирає дані згідно з передостанньою та останньою цифрами номеру залікової книжки.

## Додаток 2

### Дані для побудови графіка щодо визначення питомого опору осаду

Тривалість фільтрації, $\tau$ , с	Об'єм фільтрату, $V$ , $\text{см}^3$	$V = V' - V_0$	$\tau/V$	Тривалість фільтрації, $\tau$ , с	Об'єм фільтрату, $V$ , $\text{см}^3$	$V = V' - V_0$	$\tau/V$
0	14	-	-	150	61	47	3,2
30	35	21	1,43	180	66	52	3,51
60	42	28	2,14	210	71	57	3,7
90	50	36	2,5	240	75	61	3,92
120	56	42	2,86	300	82	68	4,41
				360	85	71	3,93

### Додаток 3

#### Вихідні дані (за варіантами) для розрахунку кількості осадів, утворюваних на очисних спорудах каналізації

<i>Варіант</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
<i>Параметр</i>										
Витрата побутових стічних вод, тис. м <sup>3</sup> /доб.	50	55	57	60	62	65	67	70	75	77
Норма водоспоживання в населеному пункті, л/сут. чол.	280	285	290	295	300	305	310	315	320	325
Витрата виробничих стічних вод, тис. м <sup>3</sup> /доб.	9	10	11	12	13	14	15	16	17	12
Концентрація завислих речовин у виробничих стічних водах до відстоювання, мг/дм <sup>3</sup>	450	460	470	480	490	500	510	520	530	500
БСКповн виробничих стічних вод, мг/л	390	395	400	405	410	415	420	425	430	420
Ефект освітлення в первинних відстійниках	45	50	55	45	50	55	45	50	55	50
Зниження БСКповн стічних вод при первинному відстоюванні	12	13	14	15	16	12	13	15	14	15
БСКповн очищеної стічної рідини, мг/л	10	15	10	15	10	15	10	15	10	15
Винесення активного мулу з вторинних відстійників, мг/л	14	15	16	12	13	12	13	14	15	15

**Примітка:** Вихідні дані для виконання розрахунку задаються викладачем або вибираються за його вказівкою відповідно до останньої цифри номера залікової книжки

Навчальне видання

**Козловська Світлана Борисівна,  
Сорокіна Катерина Борисівна**

Методичні вказівки  
до проведення практичних занять та виконання лабораторних робіт з  
дисципліни **“Спецкурс з очистки стічних вод”**  
(для студентів 5 курсу денної і заочної форм навчання напряму  
підготовки 0926 «Водні ресурси»  
спеціальностей 7.092601, 8.092601 «Водопостачання і водовідведення»)

Редактор *М.З.Аляб'єв*  
Комп'ютерне верстання *К.Б.Сорокіна*

План 2009, поз. 150 М

Підп. до друку 26.11.09

Друк на ризографі

Тираж 50 пр.

Формат 60x84 /1/16

Умовн.-друк. арк. 1,5

Зам. № \_\_\_\_\_

Видавець і виготовлювач:

Харківська національна академія міського господарства,  
вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: [rectorat@ksame.kharkov.ua](mailto:rectorat@ksame.kharkov.ua)

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи: ДК №731 від 19.12.2001