



Національний університет
водного господарства та природокористування

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВОДНОГО
ГОСПОДАРСТВА ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

КАФЕДРА ВОДОПОСТАЧАННЯ, ВОДОВІДВЕДЕННЯ
ТА БУРОВОЇ СПРАВИ

01-04-33

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних робіт з дисциплін
„Водовідвідні системи промислових підприємств” та
“Технології систем водовідведення промислових підприємств”
для студентів спеціальностей 7.06010108, 8.06010108
"Водопостачання і водовідведення"
денної і заочної форм навчання.



Рекомендовано
методичною комісією
зі спеціальності
„Водопостачання і водовідведення”.
Протокол № 1 від __23.12._2013р.

Рівне, 2014



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисциплін „Водовідвідні системи промислових підприємств” та “Технології систем водовідведення промислових підприємств” для студентів спеціальностей 7.06010108, 8.06010108 "Водопостачання і водовідведення" денної і заочної форм навчання/ Т. В. Вижевська, О.С. Новицька – Рівне: НУВГП, 2014 – 24 с.

Упорядники: Т.В. Вижевська, канд. техн. наук, доцент,
О.С. Новицька, канд. техн. наук, доцент.

Відповідальний за випуск: В.О.Орлов, доктор техн. наук, проф.,
завідувач кафедри, водопостачання,
водовідведення та бурової справи.

© Т.В.Вижевська, 2014

© О.С.Новицька, 2014

© НУВГП, 2014



ВСТУП

Лабораторні роботи проводяться із метою закріплення теоретичних знань студентів із дисциплін “Водовідвідні системи промислових підприємств” та “Технології систем водовідведення промислових підприємств”. Для підготовки до їх виконання студентів необхідно вивчити відповідні розділи рекомендованої навчальної літератури та методичні вказівки.

Лабораторні роботи проходять на базі лабораторії кафедри водовідведення, теплогазопостачання та вентиляції.

За результатами виконаних лабораторних робіт студенти складають звіт, в якому коротко описують хід роботи, виконують усі необхідні розрахунки, замальовують установки, роблять власні висновки. Звіт є основним документом, який дає можливість перевірити отримані результати, тому звіти мають бути чіткими і лаконічними.

Лабораторна робота №1.

НАПІРНА ФЛОТАЦІЯ

Мета лабораторної роботи: визначення та аналіз основних параметрів процесу напірної флотації: ефективності процесу очищення, питомої витрати повітря, характеру ущільнення шламу, вологості шламу.

Матеріальне забезпечення:

- компресор;
- напірний резервуар ємністю 1000см^3 ;
- апарат для струшування;
- сушильна шафа;
- фарфорові чашки;
- сифонна трубка;
- секундомір;
- терези лабораторні з похибкою зважування $0,0002\text{г}$;
- посуд мірний лабораторний скляний: циліндри місткістю 50см^3 , 100см^3 , 500см^3 ;
- колби конічні скляні лабораторні місткістю 250см^3 ;
- лійки скляні для фільтрування;



- скляна палка для перемішування;
- паперові фільтри (синя стрічка);
- скляні бюкси.

Реактиви:

- **активний мул** споруд біологічного очищення стічних вод використовують для дослідження.

Методичні вказівки

Напірна флотація застосовується для вилучення із стічних вод грубодисперсних (завислі речовини), емульгованих (нафтопродукти, жири, смоли) та розчинених (молекули органічних сполук, іони металів тощо) забруднень у шламовий шар.

Спосіб ґрунтується на утворенні флотаційно активних комплексів часток забруднень із мікробульбашками повітря. Дрібні (20...100 мкм) бульбашки виділяються з розчину завдяки зменшенню розчинності газів повітря у воді при зменшенні тиску. Вода насичується повітрям при підвищеному тиску. При зменшенні тиску до атмосферного розчин повітря у стічній воді перетворюється у перенасичений і наднормово розчинене повітря виділяється з розчину у молекулярному вигляді. Молекули утворюють мікробульбашки, які мають велику сумарну поверхню, що до неї можуть прилипати забруднення, та відносно невисоку швидкість спливання, яка забезпечує необхідну тривалість контакту між часткою та бульбашкою. Кількість розчиненого повітря і розмір бульбашок можна регулювати шляхом зміни тиску і тривалості насичення. Практично напірну флотацію здійснюють подаючи стічні води у флотаційну камеру насосом через резервуар, у якому відбувається розчинення повітря під тиском.

Принцип та хід визначення

1. **Активний мул відбирають** на вході в регенератор аеротенка очисних споруд та привозять у лабораторію.

2. Перед початком досліджень **визначають концентрацію сухої речовини у мулі C_{en}** (завислі речовини). Враховуючи, що вміст сухої речовини у мулі має величину порядку кількох грамів на літр, об'єм проби для визначення завислих речовин може бути зменшений до 100 мл. Визначення проводять за стандартною методикою: фільтрування через попередньо зважений у бюксі після



висушування фільтр, висушування фільтра при температурі $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ до сталої маси, зважування фільтра з осадом у бюксі.

3. Відбирають $V=250$ мл активного мулу до циліндра. Враховуючи, що концентрація завислих речовин, зазвичай, перевищує $3,0$ г/л, застосовують схему напірної флотації з рециркуляцією (робочою рідиною). Коефіцієнт рециркуляції приймають рівним $1,0-2,0$ залежно від концентрації мулу.

4. Для рециркуляції використовують водопровідну воду, попередньо насичену повітрям. Для цього заливають приблизно 500 мл води до напірного резервуара, приєднують компресорну установку та подають повітря. Для інтенсифікації розчинення повітря перемішують вміст напірного резервуара шляхом струшування протягом не менше, ніж 2 хв.

5. Замірюють тиск повітря P_n , МПа, і тривалість насичення t_n , хв.

6. Додають до активного мулу в циліндр насичену повітрям воду V_r , мл.

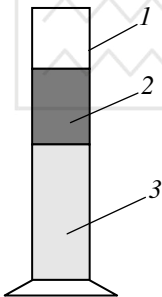


Рис. 1.1. Схема розділення суміші активного мулу з водою, насиченою повітрям:
1 – циліндр;
2 – шлам;
3 – освітлена вода.

7. Швидко перемішують вміст циліндра, стежать за часом і проводять спостереження. Фіксують момент, коли суміш почне розділюватись (рис. 1.1) з утворенням шару шламу та освітленої води. Записують інтервали часу від початку розділення та об'єм шламу $V_{шл}$ протягом 30 хв.

Рекомендовано виконувати вимірювання по мірі зменшення об'єму шламу на $5-10$ мл. Описують хід процесу флотаційного розділення (зміна прозорості освітленої води, швидкості підйому шламу тощо). Будують графік у координатах $V_{шл}$, мл, (ордината), t , хв. (абсциса).

8. Відбирають освітлену воду за допомогою сифонної трубки та визначають вміст у ній завислих речовин C_{ex} . Об'єм проби для аналізу – не менше 250 мл.

9. Відбирають пробу шламу для аналізу вологості у попередньо зважену чашку. Методика визначення вологості – стандартна



шляхом висушування проби шламу при 105 °С та зважування чашки з вологою та висушеною пробою.

Обробка результатів

Визначення ефективності очищення напірною флотацією

1. Визначення концентрації завислих речовин у активному мулі C_{en} та в освітленій рідині C_{ex} проводять за формулою

$$C_{зр} = \frac{m_{вф} - m_{чф}}{V_{пр}} \cdot 1000, \text{ г/л} \quad (1.1)$$

де $m_{вф}$, $m_{чф}$, – маса висушеного фільтра у бюксі, відповідно, з осадом та чистого, г; $V_{пр}$ – об'єм проби, мл.

2. Концентрація завислих речовин суміші активного мулу та насиченої повітрям води при величині коефіцієнта рециркуляції $R = V_r/V$:

$$C_{\phi} = \frac{C_{en} + R \cdot C_r}{1 + R}, \text{ г/л} \quad (1.2)$$

де C_{en} , C_r – концентрація завислих речовин, відповідно, у активному мулі та рециркуляційній воді (вважаємо, що $C_r = 0$ г/л).

3. Ефективність освітлення при концентрації завислих речовин у освітленій воді C_{ex} :

$$E = \frac{C_{\phi} - C_{ex}}{C_{\phi}}. \quad (1.3)$$

Визначення питомої витрати повітря

1. Загальна маса сухої речовини активного мулу, яка надійшла на флотацію, г:

$$M_{en} = C_{en} \cdot V. \quad (1.4)$$

2. Маса сухої речовини активного мулу у освітленій рідині, г:

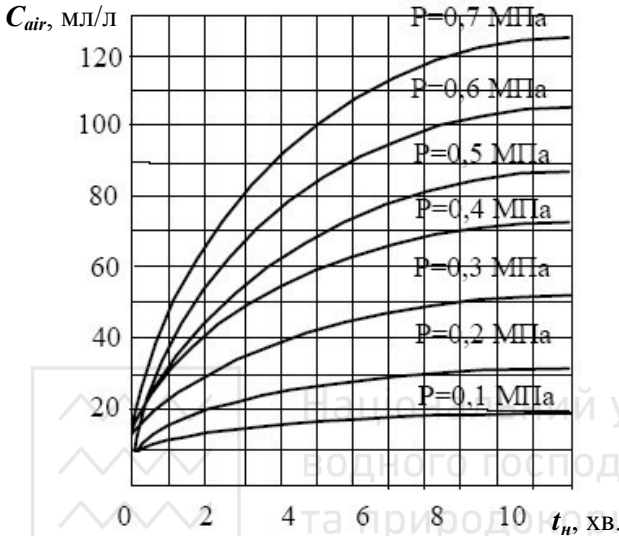
$$M_{ex} = C_{ex} (V \cdot (1+R) - V_{шл}). \quad (1.5)$$

3. Маса сухої речовини активного мулу у шламі (розрахункова):



$$M_{\text{вил}} = M_{\text{ен}} - M_{\text{ex}}, \text{ Г.} \quad (1.6)$$

4. Концентрацію повітря у воді, C_{air} , мл/л, відповідно до параметрів P_n , t_n насичення, визначають за графіком (рис.1.2, [1]).



5. Витрата повітря на процес, мл: $Q_{\text{air}} = C_{\text{air}} \cdot V_r$, (1.7)
 V_r – витрата води на рециркуляцію, л.

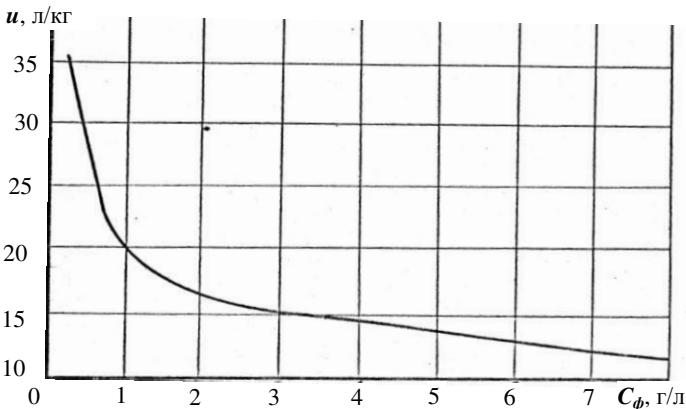


Рис. 1.3. Залежність між концентрацією нерозчинених домішок і питомою витратою повітря



6. Питома витрата повітря на 1 г вилученої сухої речовини

мулу, мл/г:

$$u = \frac{Q_{air}}{M_{шл}}. \quad (1.8)$$

7. Порівнюють отримане значення з рекомендованим (рис.1.3, [1]) при C_{ϕ} .

**Визначення вологості шלאму та ефективності
ущільнення мулу**

1. Вологість шלאму після 30-хвилинного накопичення, розрахункова (в долях одиниці):

$$W_{шл} = \frac{V_{шл} \cdot \rho - M_{шл}}{V_{шл} \cdot \rho}, \quad (1.9)$$

де $\rho = 1,0$ г/мл – густина шלאму.

2. Вологість шלאму після 30-хвилинного накопичення, експериментальна (в долях одиниці):

$$W_{шл} = \frac{m_{шл} - m_{сух}}{m_{шл} - m_{чч}}, \quad (1.10)$$

де $m_{чч}$, $m_{шл}$, $m_{сух}$ – маси чашок, відповідно, чистої, з вологим шלאмом і висушеним до постійної маси шלאмом, г.

3. Вологість шלאму за емпіричною формулою (в долях одиниці):

$$W_{шл} = 0,985 - 0,005 C_{\phi}. \quad (1.11)$$

4. Порівнюють отримані значення вологості розрахункової, визначеної лабораторним аналізом та за емпіричною формулою.

5. Ефективність ущільнення мулу $E_{ущ}$ за формулою:

$$E_{ущ} = \frac{V + V_r}{V_{шл}}. \quad (1.12)$$

Висновки по роботі

Записують основні результати роботи: параметри процесу напірної флотажії, його ефективність, порівняння результатів, отриманих за різними методиками.



ЕЛЕКТРОФЛОТАЦІЯ, ЕЛЕКТРОКОАГУЛЯЦІЯ-ФЛОТАЦІЯ

Мета лабораторної роботи: визначення та аналіз основних параметрів процесу електрокоагуляції: ефективності процесу, сили і щільності струму, напруги, питомої витрати металу електродів, питомої витрати електроенергії. Дослідження проводиться на модельних розчинах стічної води.

Матеріальне забезпечення:

- модель камери електрокоагуляції-флотації із пластику (рис.2.1);
- катодно-анодна система з алюмінієвих пластин;
- випрямляч струму;
- амперметр та вольтметр;
- фотоелектроколориметр;
- секундомір;
- посуд мірний лабораторний скляний: циліндри місткістю 100см³, 500см³;
- колби конічні скляні лабораторні місткістю 250см³;
- скляна палка для перемішування;
- скляні бюкси;
- фарфорові чашки;
- сушильна шафа;
- терези лабораторні з похибкою зважування 0,0002г.

Реактиви:

- модельний розчин (розчин барвника коричневого кольору кислого).

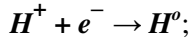
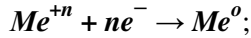
Методичні вказівки

Метод електрокоагуляції-флотації застосовують для очищення стічних вод від дисперсних (суспензії, емульсії), колоїдних та розчинних (іони) забруднень. Видалення забруднень відбувається при дії електричного струму, завдяки чому при електролізі утворюються іони коагулюючого металу та бульбашки газів. В окремих випадках (емульсовані забруднення стічних вод нафтопереробних заводів, стоки паперових фабрик) можливий процес електрофлотації з нерозчинними електродами.

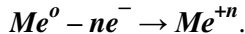
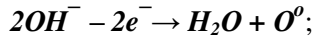


В процесі електролізу неупорядкований рух іонів перетворюється на спрямований: катіони рухаються до катоду, аніони – до аноду.

Внаслідок відновлення іонів *на катоді* відбувається виділення з розчину металів і атомів водню:



на аноді – виділення атомів кисню, розчинення металу аноду:



Витрата електроенергії для очищення стічних вод електрокоагуляцією-флотацією залежить від напруги електролізу, яка зменшується при зниженні потенціалу розкладання та збільшенні електропровідності електроліту. Електричні параметри процесу (значення еквівалентної витрати струму D , сили струму I , питомої витрати електроенергії D_e , густини струму i , напруги електролізу U) залежать від матеріалу електродів, виду, кількості і властивостей забруднень і визначаються експериментально.

Описання лабораторної установки та принцип визначення

Схема установки наведена на рис.2.1. Основним елементом установки є двокамерний блок електрокоагуляції-флотації, який складається з камер електролізу та флотаційного розділення. У камері електролізу встановлений пакет з 8 алюмінієвих пластин, які приєднані до джерела постійного струму. Відстань між пластинами фіксована. Величина струму вимірюється амперметром, напруга – вольтметром. Витрату води, яка проходить через камеру флотації, вимірюють об'ємним способом мірним циліндром, час – секундоміром. Якісні показники модельної рідини визначають через оптичну проникність та щільність світлового потоку на фотоелектроколориметрі.

В якості забруднювача модельної стічної води використовують розчин барвника прямого коричневого кислого, який широко застосовують у текстильній промисловості.

Барвник сорбується на пластівцях коагулянту, які утворюються при електролітичному розчиненні алюмінієвих електродів. Бульбашки газів, які утворюються біля обох електродів (водень,



кисень тощо), сприяють спливанню (флотації) пластивців разом із забруднювачем.

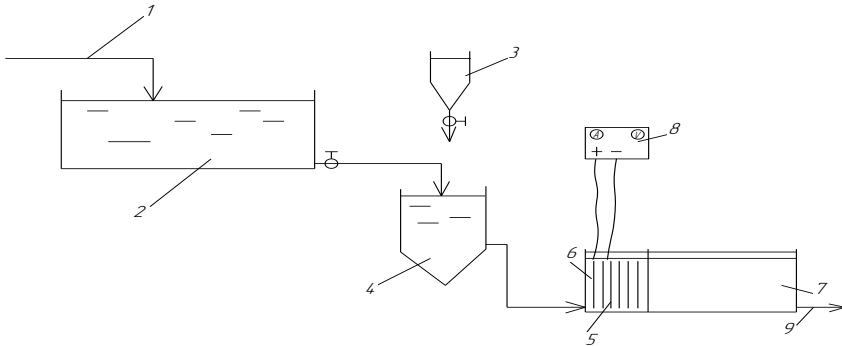


Рис. 2.1. Схема лабораторної установки електрокоагуляції-флотації:

1 – подача водопровідної води; **2** – регулююча місткість; **3** – місткість із концентрованим розчином; **4** – змішувач для приготування модельної стічної води; **5** – пакет електродів; **6** – камера електрокоагуляції; **7** – камера флотації; **8** – випрямляч; **9** – відведення очищеної води.

Хід визначення

1. Перед увімкненням установки вимірюють розміри камер електролізу та флотації, розміри та товщину алюмінієвих пластин. Розраховують об'єми камер, площу поверхні та об'єм електродної системи. Результати вимірювань і розрахунків заносять у табл.2.1.

2. Готують концентрований розчин барвника, регулюють постійну подачу його до водопровідної води, щоб концентрація барвника у модельному розчині була постійною.

Таблиця 2.1

Розміри камер електролізу, флотації, пакету електродів

Параметри	Камера електролізу	Камера флотації	Пакет електродів
Розміри $b \times l$, см	у плані	у плані	1 електроду
Висота (товщина), см	до рівня води	до рівня води	p , 1 електроду
Площа поверхні, см ²	водної поверхні		f , 1 електроду
Об'єм, см ³	V_e , води	V_f , води	пакету



3. Встановлюють електродну систему, заповнюють модельним розчином камери електролізу та флотації, закривають кран подачі води. Установка готова до роботи.

4. Вмикають випрямляч струму, встановлюють потрібну величину I струму (2...5 А), відкривають запірний кран подачі води, регулюючи ним величину витрати, яка надходить в установку.

5. Проводять спостереження процесу: появу пластівців гідроксиду алюмінію, бульбашок газів у камері електролізу, переливання води до камери флотації, підйом флоатоагрегатів, утворення шламового шару, його забарвлення, освітлення води під шаром шламу.

6. Визначають витрату води, яку очищають. Для цього замірюють час t , протягом якого у циліндрі набереться $V=500\text{мл}=0,5\text{л}$ очищеної води з відповідного патрубка. Вимірювання повторюють тричі та визначають середнє значення t_{mid} , с. Витрату визначають за формулою

$$q = \frac{V}{t_{mid}} \cdot 60, \text{ л/хв.} \quad (2.1)$$

7. Вимірюють величини сили струму I та напруги U електролізу.

8. Вимірюють оптичну проникність T розчину, %, до і після очищення (відповідно T_{en} та T_{ex}) фотоелектроколориметром. Кількість паралельних вимірювань – не менше трьох. Визначають їх середні значення, відповідно T_{en}^{mid} та T_{ex}^{mid} .

9. Вимірюють висоту шару шламу $h_{шл}$, дм, та відбирають пробу шламу для визначення його вологості $W_{шл}$ після завершення процесу електрокоагуляції-флотації (тривалість до 60 хв).

Обробка результатів

Визначення параметрів роботи установки електрокоагуляції-флотації

За результатами вимірювань визначають такі параметри роботи установки електрокоагуляції-флотації:

1. Тривалість перебування рідини в камері електролізу (рекомендовано до 15 хв.):



$$t_e = \frac{V_e}{q} 10^{-3}, \text{ хв.} \quad (2.2)$$

2. Тривалість перебування рідини в камері флотації (рекомендовано 20...45 хв.):

$$t_\delta = \frac{V_\delta}{q} 10^{-3}, \text{ хв.} \quad (2.3)$$

3. Горизонтальна швидкість руху води в камері флотації (рекомендовано до 5 мм/с), розміри камери B_δ, H_δ - м:

$$v_\delta = \frac{q}{B_\delta \cdot H_\delta \cdot 60}, \text{ мм/с.} \quad (2.4)$$

4. Швидкість руху води v_e в міжелектродному просторі (має бути в межах 2...5 мм/с), розміри B_e, L_e, p - м:

$$v_e = \frac{q}{60 L_e (B_e - N \cdot p)}, \text{ мм/с.} \quad (2.5)$$

5. Активна поверхня S електродної системи, яка складається з N пластин, поверхня кожної з яких f :

$$S = f \cdot (N - 1), \text{ см}^2. \quad (2.6)$$

Тут врахована поляризація обох поверхонь пластин електродів, за винятком крайніх, тобто кількість поверхонь одного знаку заряду.

6. Густина струму на електродах:

$$i = \frac{I}{S} 10^4, \text{ А/м}^2. \quad (2.7)$$

7. Питома витрата струму на обробку води:

$$D = \frac{I}{3,6q}, \text{ А-год/м}^3. \quad (2.8)$$

8. Питома витрата електроенергії

$$D_e = \frac{D \cdot U}{1000}, \text{ кВт-год/м}^3. \quad (2.9)$$



9. Добова витрата електроенергії на здійснення процесу:

$$Q_{\text{доб}}^e = \frac{24 \cdot I \cdot U}{1000}, \text{ кВт-год/добу.} \quad (2.10)$$

10. Питома витрата металу електродів, які розчиняються

$$m_e = \frac{K_I \cdot A \cdot I}{q} = K_I \cdot A \cdot D, \text{ г/м}^3. \quad (2.11)$$

де K_I – коефіцієнт виходу за струмом, який залежить від складу електроліту, матеріалу електроду і визначається експериментально (можна приймати значення $K_I=0,5 \dots 0,95$);

A – електрохімічний еквівалент металу електроду, становить для заліза (Fe^{2+}) $A = 1,042$ г/А·год, заліза (Fe^{3+}) $A = 0,695$ г/А·год, алюмінію (Al^{3+}) $A = 0,336$ г/А·год.

11. Маса металу електродної системи установки, яка може бути використана при електрокоагуляції (розміри електродної системи: f – м², p – м):

$$M_e = (f \cdot p \cdot N) \gamma \cdot K_b, \text{ кг,} \quad (2.12)$$

де γ – об'ємна маса металу електродної системи (заліза – 7860 кг/м³, алюмінію – 2580 кг/м³);

K_b – коефіцієнт використання матеріалу електроду, 0,8...0,9;

12. Тривалість роботи електродної системи при робочій витраті води:

$$T_e = \frac{M_e \cdot 10^6}{q \cdot m_e}, \text{ год.} \quad (2.13)$$

Визначення ефективності знебарвлення модельного розчину

Ступінь зростання оптичної проникності еквівалентний ефективності знебарвлення розчину:

$$E = \frac{T_{\text{ex}}^{\text{mid}} - T_{\text{en}}^{\text{mid}}}{T_{\text{en}}^{\text{mid}}}. \quad (2.14)$$



**Визначення навантаження шламу на одиницю водної
поверхні камери флотації**

1. Вологість $W_{\text{шл}}$ шламу визначають за стандартною методикою (див. лабораторну роботу № 1).

2. Визначають навантаження $q_{\text{сух}}$ за сухою речовиною $m_{\text{сух}}$ шламу на одиницю водної поверхні камери флотації, кг/дм²:

$$q_{\text{сух}} = \frac{m_{\text{сух}}}{V_{\text{ф}} \cdot L_{\text{ф}}} = \frac{h_{\text{шл}} \cdot V_{\text{ф}} \cdot L_{\text{ф}} (1 - W_{\text{шл}})}{V_{\text{ф}} \cdot L_{\text{ф}}} \cdot \gamma_{\text{шл}} = h_{\text{шл}} \cdot (1 - W_{\text{шл}}) \cdot \gamma_{\text{шл}}, \quad (2.15)$$

де $\gamma_{\text{шл}}$ – об'ємна маса сухої речовини шламу, 1,1 кг/л.

Висновки по роботі

Записують основні результати роботи: параметри роботи установки електрокоагуляції-флотації та ефективність очищення.



Лабораторна робота №3.

АДСОРБЦІЯ

Мета лабораторної роботи: визначення та аналіз основних параметрів процесу адсорбції: ефективності процесу при різних способах його організації, питомої витрати (дозы) адсорбенту.

Матеріальне забезпечення:

- фотоелектроколориметр;
- терези лабораторні з похибкою зважування 0,0002г;
- посуд мірний лабораторний скляний: циліндри місткістю 100см³, 1000см³;
- колби конічні скляні лабораторні місткістю 250см³;
- лійки скляні для фільтрування;
- скляні палки для перемішування;
- паперові фільтри (синя стрічка);
- вагові скляні бюкси.

Реактиви:

- модельний розчин (розчин барвника коричневого кольору кислого);



- адсорбент (активоване вугілля марки АК-3).

Методичні вказівки

Адсорбцію використовують для глибокого очищення води від молекул розчинених органічних та неорганічних сполук, газів тощо. Найбільш розповсюдженими серед промислових адсорбентів є активоване вугілля, силікагелі, використовують також каолін, тирсу, торф.

Найпростішим способом реалізації адсорбції є одноступеневий статичний процес, який реалізується змішуванням води з адсорбентом із наступним відокремленням (відстоюванням, фільтруванням) відпрацьованого адсорбенту. Більш ефективно використання адсорбенту досягається багатоступеневою статичною сорбцією, яка втілюється за кількома схемами. У схемі з послідовним введенням адсорбенту очищувана вода рухається від першого до наступних ступенів, а свіжий сорбент вводиться на кожний ступінь як частка від загальної його витрати. У схемі з протитечією адсорбенту свіжий адсорбент вводять лише на останній ступінь, куди надходить найбільш очищена вода. Відпрацьований сорбент із наступного ступеня перекачується на попередній. Інший спосіб - динамічна адсорбція, - це процес фільтрування через нерухомий або рухомий шар адсорбенту.

Хід визначення

1. Готують концентрований розчин барвника, регулюють постійну подачу його до водопровідної води, щоб концентрація барвника у модельному розчині була постійною.

2. Попереднє визначення дози адсорбенту:

- відбирають пробу $V = 100$ мл у три циліндри. Виходячи із звичайних доз адсорбенту в межах $10 \dots 100$ мг/л, вносять до циліндрів $m = 1,0$ мг, $5,0$ мг, $10,0$ мг, що відповідає дозі адсорбенту, відповідно, $d = 10, 50, 100$ мг/л;

- вміст кожного циліндра ретельно перемішують протягом не менш, як двох хвилин, після чого залишають у спокої на $15 \dots 20$ хвилин для візуального спостереження;

- за результатами попереднього дослідження визначають ту дозу адсорбенту, при якій візуально отримано найкращий результат: знебарвлення, відділення сорбенту.



3. Визначають оптичну проникність T_0 та щільність світлового потоку D_0 для фільтрату забрудненої забарвленої води перед початком основного дослідження за допомогою фотоелектроколориметра. Оптична щільність – це десятковий логарифм величини, оберненої до оптичної проникності (прозорості).

4. Дослідження процесу адсорбції барвника:

- приймають орієнтовну основну дозу, а також по три дози, менші від основної на 25-50 мг/л та більші, тобто разом сім дослідів;
- до проби води 100 мл в кожний з семи циліндрів додають відповідну дозу адсорбенту, ретельно перемішують, відстоюють протягом 30 хвилин, спостерігаючи та описуючи явища, які відбуваються, та порівнюють їх;
- після відстоювання відфільтровують вміст кожного циліндра через паперовий фільтр та колориметрують, записуючи в таблицю результати (див. табл.3.1).

Таблиця 3.1

№№ циліндра	Маса сорбенту, m , мг	Питома витрата сорбенту d , мг/л	Оптична проникність T , %	Оптична щільність D	Ефективність знебарвлення E
1	2	3	4	5	6

5. Дослідження 3-ступеневої послідовної адсорбції:

- ділимо основну дозу на три однакові частини;
- додають до 1-го циліндра першу дозу сорбенту та перемішують із модельним розчином;
- після відстоювання та очищення додають у другий циліндр попередньо очищену воду з першого циліндра та перемішують із другою дозою сорбенту і т.д.;
- після відстоювання у третьому циліндрі, відфільтровують його вміст через паперовий фільтр та колориметрують і визначають оптичну проникність T''' та щільність D''' .

Обробка результатів

1. Питома витрата (дозу) адсорбенту d визначають за формулою:



$$d = \frac{m \cdot 1000}{V}, \text{ мг/л.} \quad (3.1)$$

2. Будують графіки залежності оптичної проникності T та оптичної щільності D від дози d адсорбенту.

3. Визначають ефективність E_i знебарвлення модельного розчину за інтенсивністю зростання оптичної проникності T_i i -го досліду порівняно з початковим значенням T_o для неочищеного розчину:

$$E_i = \frac{T_i - T_o}{T_o}. \quad (3.2)$$

Записують результати в табл. 3.1.

4. Будують графіки залежності ефективності E_i знебарвлення від дози d адсорбенту.

5. На підставі аналізу отриманих результатів роблять висновок про оптимальне значення дози адсорбенту для знебарвлення модельного розчину стічних вод.

6. Визначають ефективність E_i знебарвлення модельного розчину при переході від **I**-ступеневої до **З**-ступеневої послідовної адсорбції шляхом порівняння величин оптичних проникностей, відповідно T^I та T^{III} :

$$E_i = \frac{T^{III} - T^I}{T^I}. \quad (3.3)$$

Висновки по роботі

Записують основні результати роботи: оптимальну дозу адсорбенту; порівняння результатів, отриманих при знебарвленні розчину різними дозами адсорбенту та застосуванні трьох-ступеневої послідовної адсорбції.

Лабораторна робота №4.

ЗНЕВОДНЕННЯ ОСАДУ ФІЛЬТР-ПРЕСУВАННЯМ

Мета лабораторної роботи: визначення та аналіз основних параметрів зневоднення осаду на фільтр-пресах: питомого опору



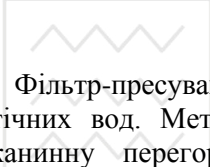
осаду та фільтрувальної перегородки, питомого навантаження на одиницю поверхні фільтрування, ефективності зневоднення.

Матеріальне забезпечення:

- модель фільтр-пресу;
- стенд для закріплення фільтр-пресу;
- компресор;
- сушильна шафа;
- секундомір;
- фарфорові чашки;
- терези лабораторні з похибкою зважування 0,0002 г;
- посуд мірний лабораторний скляний: циліндри місткістю 50см³, 100см³, 500см³;
- скляна палка для перемішування.

Реактиви:

- для дослідження використовують глиняну суспензію.



Методичні вказівки

університет

Фільтр-пресування застосовується в практиці зневоднення осадів стічних вод. Метод полягає у фільтруванні осаду через тонку тканинну перегородку при підвищеному тиску, який може створюватись шляхом нагнітання у герметичну камеру води або повітря. Фільтр-пресування дозволяє знизити вологість осаду до 65...70% та отримати фільтрат із невисоким ступенем забруднення грубодисперсними домішками (до 100...200 мг/л). Конструктивно процес реалізується у рамних та камерних фільтр-пресах.

Описання лабораторної установки

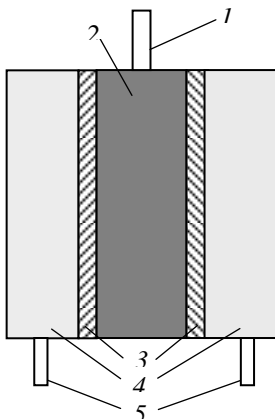


Рис.4.1. Модель фільтр-преса:
1- під'єднання компресора;
2- центральна камера;
3- фільтрувальні перегородки;
4- крайні камери;
5- відведення фільтрату.

Лабораторна установка складається з модельного фільтр-преса та компресора. Модель фільтр-преса складається з трьох камер (рис.4.1). Центральна камера 2 через фільтрувальні перегородки 3 сполучена з крайніми камерами 4, в яких збирається фільтрат.



Перегородки оснащені фільтруючим матеріалом – корд шільного плетіння. Осад розміщують в центральній камері, куди під'єднують трубопровід стисненого повітря від компресора. Рідина витискується з осаду і через фільтрувальні перегородки потрапляє до крайніх камер, звідки і відводиться.

Хід визначення

1. Перед початком дослідження визначають густину осаду, який зневоднюють. Для цього відбирають у попередньо зважену градуйовану хімічну склянку V_1 мл осаду та визначають його масу m_1 , г, (як різницю між масою склянки з осадом та порожньої склянки).
2. Визначають вологість осаду перед зневодненням. Методика визначення вологості описана у лабораторній роботі 1.
3. Заміряють розміри фільтрувальних перегородок та визначаємо їхню сумарну площу, S , см^2 .
4. Відбирають m_o , г, осаду та розміщують його в центральній камері фільтр-преса.
5. Під'єднують компресор, занотовують величину тиску ΔP , Па, який створюється в камері.
6. Вимірюють об'єм фільтрату, який відводиться з крайніх камер: $V_{\phi 1}$ через $t_{\phi 1}=30$ с, та $V_{\phi 2}$ у кінці експерименту.
7. Заміряють тривалість процесу $t_{\phi 2}$, с, до моменту припинення утворення фільтрату.
8. Зупиняють компресор, розбирають установку та вилучають з неї зневоднений осад.
9. Зважують осад у попередньо висушеній та зваженій чашці (маса зневодненого осаду m_{oc}) і ставлять його до сушильної шафи для визначення вологості.

Обробка результатів

1. Густина осаду до зневоднення ρ , г/мл:

$$\rho = \frac{m_1}{V_1}. \quad (4.1)$$



2. Вологість осаду до, W_{en} , та після, W_{ex} , зневоднення.

3. Об'єм осаду, мл, який помістили в камеру фільтр-преса:

$$V_o = \frac{m_o}{\rho}. \quad (4.2)$$

4. Об'єм зневодненого осаду, мл, за результатами вимірювань:

$$V_{oc} = V_o - V_{\phi 2}. \quad (4.3)$$

5. Густина зневодненого осаду, г/мл:

$$\rho = \frac{m_{oc}}{V_{oc}}. \quad (4.4)$$

6. Кількість фільтрату, яка повинна утворитись при зміні вологості осаду від W_{en} до W_{ex} за умови, що густина фільтрату 1,0 г/мл:

$$V_{\phi}^p = m_o \cdot W_{en} - m_{oc} \cdot W_{ex}, \quad (4.5)$$

Порівнюють V_{ϕ}^p з отриманою експериментально шляхом вимірювання $V_{\phi 2}$.

7. Питомий об'єм осаду, який відповідає 1 мл фільтрату:

$$x_{oc} = \frac{V_{oc}}{V_{\phi 2}}. \quad (4.6)$$

8. Питоме навантаження (питома витрата фільтрату), л/м²,

$$q = \frac{10 \cdot V_{\phi 2}}{S}, \quad (4.7)$$

$$q_1 = \frac{10 \cdot V_{\phi 1}}{S}. \quad (4.8)$$

9. Питомий опір фільтруванню осаду r_{oc} та фільтрувальної перетинки $R_{\phi.n}$ (на підставі даних експериментального фільтрування). Використовують рівняння фільтрування через фільтрувальну перегородку з шаром осаду у такому вигляді:

$$\frac{t}{q} = \frac{r_{oc} \cdot x_{oc} \cdot \mu}{2 \Delta P} \cdot q + \frac{R_{\phi.n} \cdot \mu}{\Delta P}, \quad (4.9)$$

де $\mu = 0,001 \text{ Па} \cdot \text{с}$ – в'язкість води.

Після математичних перетворень, подають рівняння як



$$\frac{t}{q} = a \cdot q + b,$$

де $a = \frac{r_{oc} \cdot x_{oc} \cdot \mu}{2 \Delta P}$; $b = \frac{R_{\phi n} \cdot \mu}{\Delta P}$;

• Визначають a за двома експериментальними значеннями фільтрування:

$$a = \frac{\frac{t_{\phi 2}}{q} - \frac{t_{\phi 1}}{q_1}}{10^4 \cdot (q - q_1)}, \quad (4.10)$$

Відповідно, питомий опір фільтруванню осаду, Па·с/м²

$$r_{oc} = \frac{2a \cdot \Delta P}{x_{oc} \cdot \mu}. \quad (4.11)$$

• Визначають b :

$$b = \frac{t_{\phi 2}}{q} - a \cdot q. \quad (4.12)$$

Опір фільтрувальної перегородки становить:

$$R_{\phi n} = \frac{b \cdot \Delta P}{\mu}, \text{ Па} \cdot \text{с} / \text{м}^2. \quad (4.13)$$

10. Ефективність зневоднення визначають через інтенсивність зменшення вологості осаду за час фільтрування:

$$E = \frac{W_{en} - W_{ex}}{W_{en}}. \quad (4.14)$$

Висновки по роботі

Записують основні результати роботи: величину тиску та тривалості фільтрування, питомого опору фільтрування осаду та фільтрувальної перегородки, ефективність зневоднення.



ЛІТЕРАТУРА

1. Водовідведення на промислових підприємствах. Навчальний посібник / А.І. Мацнев, Л.А. Саблій. – Рівне: Українська державна академія водного господарства, 1998. – 219 с.
2. Мацнев А.И. Водоотведение на промышленных предприятиях. - Львов: Вища школа, 1986.
3. ДБН В.2.5-75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. / Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та комунального господарства України, 2013.-209 с.
4. А.К. Запольський, Н.А. Мішкова-Клименко, І.М. Астрелін та інш. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод. Підручник. – Київ: вид-во «Лібра» – 2000. – 552с.





З М І С Т

Вступ	3
Лабораторна робота №1. Напірна флотажія	3
Лабораторна робота №2. Електрофлотажія, електрокоагуляція-флотажія	9
Лабораторна робота №3. Адсорбція	15
Лабораторна робота №4. Зневоднення осаду фільтр- пресуванням	19
Література	23

