

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ЩОДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ
З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«ОСНОВИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БІОТЕХНОЛОГІЇ»
ДЛЯ СТУДЕНТІВ ДЕННОЇ ФОРМИ НАВЧАННЯ
ЗА НАПРЯМОМ 6.051401 – «БІОТЕХНОЛОГІЯ»

КРЕМЕНЧУК 2017

Методичні вказівки щодо практичних занять з навчальної дисципліни «Основи екологічної біотехнології» для студентів денної форми навчання за напрямом 6.051401 – «Біотехнологія»

Укладачі к. т. н., ст. викл. О.А. Сакун

к. т. н., доц. А.В. Пасенко

Рецензент д. б. н., проф. В. В. Никифоров

Кафедра біотехнологій і біоінженерії

Затверджено методичною радою Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського

Протокол №__ від_____2017.

Голова методичної ради

проф. В. В.Костін

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Перелік практичних занять.....	6
Практичне заняття № 1 Визначення розрахункових витрат стічних вод....	6
Практичне заняття № 2 Розрахунок краплинного біофільтра	7
Практичне заняття № 3 Розрахунок високонавантаженого біофільтра	13
Практичні заняття № 4, 5 Розрахунок аеротенків.....	21
Практичне заняття № 6 Розрахунок метантенків.....	25
Практичне заняття № 7 Розрахунок мулоуцілювачів.....	28
2 Критерії оцінювання знань студентів.....	31
Список літератури.....	33

ВСТУП

Навчальна дисципліна «Основи екологічної біотехнології» є однією з важливих в системі освітньої підготовки фахівців-біотехнологів, оскільки значна кількість природоохоронних технологій з переробки відходів, моніторингу стану довкілля та ліквідації забруднень навколишнього середовища базуються на життєдіяльності живих організмів.

Метою дисципліни є ознайомлення студентів з основними біологічними технологіями, біопроцесами й обладнанням, що використовують для вирішення екологічних проблем виробництв різних галузей, для моніторингу стану навколишнього середовища.

Завдання курсу: отримання знань щодо основних видів існуючих біотехнологічних виробництв; ознайомлення з технологічними процесами й обладнанням різних біотехнологічних виробництв; ознайомлення студентів з принципами і технічними рішеннями біологічних технологій, які застосовуються у системі захисту навколишнього середовища від антропогенного навантаження і забруднень; формування у студентів теоретичної бази професійної підготовки щодо вільного орієнтування у вирішенні практичних задач із застосування біологічних технологій; формування у студентів наукового практичного світогляду, аналітичного мислення, які сприятимуть вирішенню глобальних проблем сьогодення: екологічних, енергетичних, продовольчих і охорони здоров'я людини шляхом впровадження новітніх біотехнологічних процесів.

Перелік знань і умінь студентів

Студент повинен знати: основні схеми і способи біологічного очищення стічних вод; способи біотехнологічної переробки відходів і побічних продуктів сільського господарства та промисловості; біотехнологічні методи захисту навколишнього середовища від забруднень, рекультивації земель; перспективи розвитку біоенергетики; елементи генної інженерії і їх

використання у вирішенні екологічних проблем навколишнього середовища; застосування біотехнологічних методів екологічному моніторингу; біологічні напрями вирішення агроекологічних задач.

Студент повинен уміти: використовувати теоретичні знання при проведенні аналізів з використанням біотехнологічних методів контролю забруднень повітря, води, ґрунту і продуктів харчування; проводити аналіз і прогнозувати роботу споруд біологічного очищення стічних вод за біологічними показниками; моделювати біотехнологічні процеси; приймати рішення по впровадженню біотехнологічних способів вирішення екологічних задач.

Міждисциплінарні зв'язки: сучасна дисципліна «Основи екологічної біотехнології» має зв'язки з багатьма науками, які відрізняються об'єктами та методологією досліджень. Базується на знаннях, які отримані студентами при вивченні біології клітини, загальної та неорганічної хімії, органічної хімії, аналітичної хімії, фізичної та колоїдної хімії, фізики, генетики, загальної мікробіології і вірусології, біохімії, загальної токсикології, загальної біотехнології, біоінженерії, процесів і апаратів біотехнологічних виробництв. Дисципліна «Основи екологічної біотехнології» є важливою базовою теоретичною складовою освітньої програми й забезпечує вивчення фахових дисциплін та практичної підготовки фахівця з галузі знань 0514 «Біотехнологія».

Формами контролю за процесом і результатами засвоєння матеріалу під час вивчення дисципліни є поточний модульний контроль успішності.

1 ПЕРЕЛІК ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Практичне заняття № 1

Тема. Визначення розрахункових витрат стічних вод

Мета: навчитися визначати розрахункові витрати стічних вод.

Навчальні елементи: середньодобові витрати, максимальні і мінімальні секундні витрати.

Короткі теоретичні відомості

Середньодобові витрати побутових стічних вод від населеного пункту визначають як суму витрат побутових стічних вод від населення та розрахункових добових витрат стічних вод, що скидаються в міську каналізаційну мережу промисловими підприємствами згідно з сумарним графіком припливу.

Середньодобові витрати побутових стічних вод від населення м³/добу:

$$Q_{\text{сер.доб.поб}} = \frac{1,05 \cdot N \cdot q_{\text{мешк}}}{1000}, \quad (1.1)$$

де 1,05 – коефіцієнт, що враховує витрати стічних вод від підприємства місцевої промисловості й невраховані витрати;

N – кількість мешканців на розрахунковий період;

q_{мешк} – норма водовідведення на одного мешканця, л /доб.

До неврахованих стічних вод міста належить приплив поверхневих та ґрунтових вод, до системи водовідведення рекомендується враховувати продукцію, що вироблена та завезена в місто: мінеральна вода, молочні продукти – 0,2-5 % проектної потужності, сніготанення.

Таким чином добові витрати стічних вод міста, м³/доб.

$$Q_{\text{сер.доб}} = Q_{\text{сер.доб.поб}} + \sum Q_{nn}, \quad (1.2)$$

де $\sum Q_{nn}$ сума середньодобових витрат стічних вод від промислових підприємств, м³/добу.

Розрахункові добові витрати стічних вод, м³/добу

$$Q_{\text{роз.доб}} = Q_{\text{сер.доб}} \cdot K_{\text{доб}}, \quad (1.3)$$

де $K_{\text{доб}}$ – коефіцієнт добової нерівномірності, приймаємо 1,1 – 1,3.

Розрахунок максимальних і мінімальних секундних витрат стічних вод. Розрахункові максимальні і мінімальні секундні витрати стічних вод, л/с треба визначити як добуток середньосекундних витрат стічних вод за добу найбільшого водовідведення на коефіцієнти нерівномірності $K_{\text{gen.max}}$ та $K_{\text{gen.min}}$ (наведено в табл. 2 [1]) $K_{\text{gen.max}} = 1,56$ та $K_{\text{gen.min}} = 0,64$.

$$q_{\text{max c}} = \frac{Q_{\text{роз.доб}} \cdot K_{\text{gen max}} \cdot 1000}{24 \cdot 3600}, \quad (1.4)$$

$$q_{\text{min c}} = \frac{Q_{\text{роз.доб}} \cdot K_{\text{gen min}} \cdot 1000}{24 \cdot 3600}, \quad (1.5)$$

Завдання до теми

Визначити розрахункові витрати стічних вод для міста:

1. Кількість мешканців міста 88000 чоловік.
2. Норма водовідведення на одного мешканця 250 л / доб.
3. Дані по промислових підприємствах :

№ підприємства	Кількість стічних вод підприємства, м ³ /добу	Забруднення стічних вод	
		Вміст завислих речовин, мг/л	БСК _{повн} , мг О ₂ /л
1	900	160	85
2	990	220	560

Контрольні питання

1. Як розрахувати середньодобові витрати стічних вод??
2. Які основні параметри включає розрахунок мінімальних секундних витрат?

Література: [1, с. 54; 2, с. 63–72; 3, с. 5–10; 4, с. 16–20; 5, с. 16–18; 6, с. 7–10; 7, с. 20–25, 39–50; 8, с. 41; 9, с. 7–130].

Практичне заняття № 2

Тема. Розрахунок краплинного біофільтра

Мета: здобути навички розрахунків краплинних біофільтрів.

Навчальні елементи: краплинні біофільтри, дренаж, висота завантаження, об'єм фільтруючого завантаження, окислювальна потужність.

Короткі теоретичні відомості

У краплинному біофільтрі стічна вода подається у вигляді крапель або струменів. Природна вентиляція повітря здійснюється через відкриту поверхню біофільтра і дренаж. Ці біофільтри рекомендується застосовувати для повного біологічного очищення стічних вод при їх витраті не більше 1000м³/добу. Гідравлічне навантаження на краплинних біофільтрах становить 1,5–3 м на 1 м² поверхні завантаження на добу.

Краплинні біофільтри застосовують для повного біологічного очищення на станціях потужністю до 1000 м³/доб. Біофільтри потужністю до 500 м³/добу розташовують у приміщеннях з опаленням при середньорічній температурі повітря +3...+6°C. Біофільтри більшої потужності розташовують у неопалюваних приміщеннях з легких конструкцій.

Краплинні біофільтри складаються з фільтруючого завантаження, дренажу й розподільних пристроїв. Повітря надходить природним шляхом: зверху – крізь відкриту поверхню, знизу – крізь дренаж. Процеси окислення, що відбуваються в крапельному біофільтрі, такі самі, як процеси окислення, що відбуваються на спорудах природного біологічного очищення. Але інтенсивність перебігу цих процесів на крапельних біофільтрах значно вища

Ефективність очищення стічних вод при нормальній роботі крапельних біофільтрів дуже велика і може досягати за БСК_{повн} 90 % і більше. На краплинні біофільтри допускається подавати стічні води з БСК_{повн} не більше 220 мг/л. При більшій концентрації передбачають рециркуляцію.

Очищена стічна вода може мати БСК_{повн} до 15 мг/л. Краплинні біофільтри проектують зазвичай прямокутними чи круглими в плані. Їх влаштовують у вигляді 2–8 окремих секцій (усі секції біофільтра – робочі). Розміри кожної

секції приймають залежно від способу розподілу води по поверхні, умов експлуатації й інших чинників.

Висота завантаження біофільтра – 1,5–2 м, Найчастіше як завантаження краплинних біофільтрів використовують щебінь, гальку й гравій міцних гірських порід, а також керамзит. Особливістю краплинних біофільтрів є невеликий діаметр фракцій завантаження (20–40 мм), невелика висота завантаження, низьке питоме гідравлічне навантаження (1–3 м³/м² на добу). Переваги – нескладна конструкція, що не потребує великих витрат електроенергії, простота в експлуатації.

Розрахунок біофільтрів полягає у визначенні необхідного об'єму завантажувального матеріалу для очищення стічної води і розмірів елементів водорозподільних пристроїв, дренажу, лотків для збору й відведення води.

На краплинні біофільтри допускається подавати стічні води з БПК_{повн} не більше 220 мг/л. При більшій концентрації передбачається рециркуляція.

Об'єм фільтруючого завантаження визначають за окислювальною потужністю. Підокислювальною потужністю розуміється кількість забруднень по БСК_{повн} чи БСК₅, що може бути видалена зі стічних вод протягом доби з 1 м³ завантажувального матеріалу біофільтра.

Окислювальна потужність біофільтрів знаходиться у широких межах і залежить від складу стічних вод, температури T_w, гідравлічного навантаження (g_{bf} = 1- 3 м³ / (м² *доб)), робочої висоти біофільтра (H_{bf}=1,5-2 м) і способу подачі повітря. Параметри краплинних біофільтрів визначаються за табл. 37 СНіП.

Відповідно до заданої розрахункової температури стічних вод T_w і визначеним значенням коефіцієнта біофільтра K_{bf} :

$$K_{bf} = \frac{L_{en}}{L_{ex}}, \quad (2.1)$$

де L_{en} і L_{ex} – відповідно БПК_{повн} неочищених і очищених стічних вод, мг/л.

Загальну площу біофільтрів визначають залежно від добової витрати стічних вод і прийнятого гідравлічного навантаження q_{bf} , m^2 :

$$F_{bf} = \frac{Q}{q_{bf}}, \quad (2.2)$$

де Q – добова витрата стічних вод, m^3 /доб.

Висоту шару завантаження краплинного біофільтра приймають в межах 1,5–2 м. Залежно від прийнятої висоти завантаження фільтруючого матеріалу H_{bf} і отриманої площі біофільтру визначають об'єм фільтруючого матеріалу.

Розроблені типові проекти біофільтрів різних розмірів. Кількість надлишкової біоплівки, що утворюється на станціях очищення із краплинними біофільтрами, визначають залежно від норми на 1 людину, що складає 8 г за сухим залишком на добу, і вологості плівки $P_{bf} = 96\%$.

При розрахунку краплинних біологічних фільтрів значення гідравлічного навантаження q_{bf} , $m^3/(m^2 \cdot \text{добу})$, при заданих значеннях БСК_{повн} стічних вод, що надходять у біофільтр, та БСК_{повн} очищеної води відповідно L_{en} і L_{ex} мг/дм³, середньозимовій температурі стічних вод $T_w, ^\circ C$, можна визначити за таблицею 2.1, де $K_{bf} = \frac{L_{en}}{L_{ex}}$.

Таблиця 2.1 – Розрахункові дані для краплинних біологічних фільтрів

Гідравлічне навантаження q_{bf} , $m^3/(m^2 \cdot \text{добу})$	Коефіцієнт K_{bf} за температури $T_w, ^\circ C$, висоті H_{bf}							
	$T_w = 8$		$T_w = 10$		$T_w = 12$		$T_w = 14$	
	$H_{bf}=1,5$	$H_{bf}=2$	$H_{bf}=1,5$	$H_{bf}=2$	$H_{bf}=1,5$	$H_{bf}=2$	$H_{bf}=1,5$	$H_{bf}=2$
1,0	8,0	11,6	9,8	12,6	10,7	13,8	11,4	15,1
1,5	5,9	10,2	7,0	10,9	8,2	11,7	10,0	12,8
2,0	4,9	8,2	5,7	10,0	6,6	10,7	8,0	11,5
2,5	4,3	6,9	4,9	8,3	5,6	10,1	6,7	10,7
3,0	3,8	6,0	4,4	7,1	5,0	8,6	5,9	10,2

Якщо значення K_{bf} перевищує табличні значення, проводять рециркуляцію.

Задача 1 Провести розрахунок краплинного біофільтру. Розхід стічних вод $Q = 860 \text{ м}^3 / \text{доб}$, $L_{en} = 190 \text{ мг /л}$, $L_{ex} = 18 \text{ мг / л}$. Середньозимова температура стічних вод $T_w = 12 \text{ }^\circ\text{C}$.

Розв'язок .

Обчислюємо

$$K_{bf} = \frac{L_{en}}{L_{ex}} = \frac{190}{18} = 10.5$$

По табл. 2.1 в залежності від середньозимової температури стічних вод $T_w = 12 \text{ }^\circ\text{C}$ і висоти біофільтру H_{bf} , що дорівнює 2 м, знаходимо найближче більше значення K_{bf} , рівне 10,7. Гідравлічне навантаження $q_{bf} = 2 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{доб})$.

Площа біофільтру

$$F_{bf} = \frac{Q}{q_{bf}} = \frac{860}{2} = 430 \text{ м}^2$$

Приймають типові біофільтри прямокутної форми, які складаються з 4-х секцій розміром 9x12 і висотою 2 м. Площа однієї секції $F_{bf} = 103 \text{ м}^2$, а об'єм $V_{bf} = 216 \text{ м}^3$. Дійсне навантаження на біофільтр

$$q_{bf} = \frac{Q}{F_{bf}} = \frac{860}{432} = 1.99 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{доб})$$

Задача 2 . (Розрахунок аерофільтрів).

На аерофільтри стічні води надходять із БСК_{повне} $L_{en} = 340 \text{ мг/л}$. Їх можна випускати у водойми з БСК після очищення $L_{ex} = 15 \text{ мг/л}$. Середньозимова температура стічних вод 14°C . Середньодобовий розхід стічних вод $18000 \text{ м}^3/\text{добу}$.

Розв'язок: БСК_{повне} = 340 мг/л , що більше 300 мг / л. Тому необхідно передбачати рециркуляцію прийнявши $L_{mix} = 300 \text{ мг/л}$. Визначаємо

$$K_{bf} = \frac{L_{mix}}{L_{ex}} = \frac{300}{15} = 20$$

По табл. 2 для температури стічних вод 14°C вибираємо найближче до обчисленого значення K_{af} , що дорівнює 23,1 при $H_{af} = 4 \text{ м}$, $q_{af} = 10 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{доб})$.

Коефіцієнт рециркуляції

$$K_{rc} = \frac{L_{en} - L_{mix}}{L_{mix} - L_{ex}} = \frac{340 - 300}{300 - 15} = 0.14$$

Загальна площа аерофільтрів

$$F_{af} = \frac{Q(K_{rc} + 1)}{q_{af}} = \frac{18000(0.14 + 1)}{10} = 2052 \text{ м}^2$$

Для подачі повітря в аерофільтри в приміщенні між аерофільтрами передбачається пристрій вентиляційної камери з вентиляторами. Приймається три типових аерофільтра діаметром 30 м, висотою 4 м, а загальною площею 2120 м². Уточнюємо коефіцієнт рециркуляції

$$K_{rc} = \frac{q_{af} F_{af}}{Q} - 1 = \frac{10 * 2120}{18000} - 1 = 0.18$$

Загальний об'єм фільтруючого матеріалу

$$V_{af} = 4 * 2120 = 8480 \text{ м}^3$$

де $V_{af} = 4 \text{ м}$.

Питомий розхід повітря, згідно табл. 2, приймається рівним 12 м³.

Необхідна кількість повітря

$$Q_{air} = q_a Q (1 + K_{rc}) = 12 * 18000 * 1.18 = 254880 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Завдання до теми

Розрахувати краплинний біофільтр при наступних основних даних: середньо добовий розхід стічних вод 950 м³/добу, БСК_{повн} вод, які надходять на очисні споруди 230 мг/л, БСК_{повн} очищених вод 18 мг/л. Середня зимова температура стічних вод 12°C.

Контрольні питання

1. Перерахувати особливості краплинних біофільтрів.
2. Яка перевага краплинного біофільтра?

Література: [1, с. 96; 2, с. 93-219; 3, с. 141-160, 187-190; 4, с. 28-70; 5, с. 7-42; 8, с. 90-100; 9, с. 265-270; 10, с. 160-173; 11, с. 35-40].

Практичне заняття № 3

Тема. Розрахунок високонавантаженого біофільтра

Мета: ознайомитися з особливостями розрахунку високонавантажених біофільтрів.

Навчальні елементи: аерофільтр, крупність матеріалу завантаження, тривалість аерації, період аерації, ступінь рециркуляції активного мулу.

Короткі теоретичні відомості

Аерофільтри відрізняються від краплинних висотою завантаження фільтруючого матеріалу й застосуванням штучної вентиляції.

Конструктивними відмінностями високонавантажуваних біофільтрів є більша, ніж у звичайних краплинних біофільтрах, висота шару завантаження, більша крупність його фракцій й особлива конструкція днища й дренажу, що забезпечує можливість штучної продувки матеріалу завантаження повітрям.

Завантаження має робочу висоту 2–4 м, крупність матеріалу завантаження становить від 40 до 70 мм. Високонавантажувані біофільтри (аерофільтри) використовують на станціях потужністю до 50000 м³/добу для повного або часткового очищення стічних вод і розміщують на відкритому повітрі. Допустиме значення БСК_{повн} стічних вод без рециркуляції становить 300 мг/л. Гідравлічне навантаження становить 10–30 м³/(м² на добу).

Розрізняють аерофільтри і біофільтри з площинним завантаженням. Аерофільтри відрізняються від краплинних висотою завантаження фільтруючого матеріалу і застосуванням штучної вентиляції. Такі фільтри розраховують відповідно до вимог СНіП [5].

При БСК_{повн} очищуваних стічних вод менше 300 мг/л високонавантажувані біофільтри влаштовуються без рециркуляції, а при БСК_{повн} більше 300 мг/л – з рециркуляцією.

Розрахунок високонавантажуваних біофільтрів здійснюють у наступній послідовності:

1) Визначаємо коефіцієнт аерофільтрів K_{af} за формулою (2.1)

2) За отриманим значенням K_{af} за табл. 38 СНіП для даної середньо зимової температури знаходять значення висоти завантаження аерофільтрів H_{af} (2–4 м), гідравлічне навантаження q_{af} , m^3/m^2 добу, і питому витрату повітря q_a , що становить 8–14 m^3/m^3 ;

Якщо отримане значення K_{af} відрізняється від значень, що наведені в табл. 10,2, то для очистки без рециркуляції необхідно приймати H_{af} , q_{af} і q_a за найближчим більшим значенням K_{af} , а для очистки з рециркуляцією – за меншим (встановлювати за техніко-економічним розрахунком). БПК_{повн} суміші стічних вод, яка допустима для подачі на аерофільтри визначають за формулою:

$$L_{mix} = K_{af} * L_{ex}, \quad (3.1)$$

При БСК_{повн} вихідних стічних вод, що перевищують 300 мг/л, необхідно приймати $K_{af} = 300 / L_{ex}$.

Розрахункову площу поверхні біофільтрів визначають за формулою.

У випадку розрахунку біофільтрів з рециркуляцією після визначення БСК_{повн} суміші стічних вод, яка допустима для подачі на аерофільтри L_{mix} визначають коефіцієнт рециркуляції:

$$K_{rc} = \frac{L_{en} - L_{mix}}{L_{mix} - L_{en}}, \quad (3.2)$$

Тоді загальна площа біофільтрів:

$$F_{af} = \frac{Q(K_{rc} + 1)}{q_{af}}, \quad (3.3)$$

де Q – середньодобова витрата стічних вод, m^3 / добу.

q_{af} – навантаження, m^3 стічних вод, на $1m^2$ площі аерофільтра на добу.

Залежно від прийнятої висоти навантаження фільтруючого матеріалу H_{af} і отриманої площі біофільтра визначають об'єм фільтруючого матеріалу:

$$V_{af} = H_{af} * F_{af}, \quad (3.4)$$

Необхідну питому витрату повітря q_a приймають в межах 8-12 м³/ м² з урахування рециркуляції витрати.

Кількість біоплівки, що виноситься із біофільтрів, приймають 28 г за ухую речовиною на людину, за добу вологістю – 96 %.

Тривалість аерації t_{atm} год, в аеротенках, що працюють як змішувачі, можна визначити за формулою:

$$t_{atm} = \frac{L_{en} - L_{ex}}{a_j (1-S)p}, \quad (3.5)$$

де L_{en} – БСК _{повне} стічних вод, що надходить у аеротенк (з урахування зниження БСК _{повне} на спорудах механічного очищення), мг/дм³.

L_{ex} – БСК _{повне} очищення стічних вод мг/дм³.

a_j – доза мулу, г/дм³, яка визначається техніко-економічним розрахунку з урахуванням роботи вторинних відстійників;

S – зольність мулу, яку можна приймати згідно з табл. 3.1

P – питома швидкість окиснення, мг БСК _{повне} на 1г беззольної речовини мулу за 1 год, яку можна визначити за формулою:

$$p = p_{max} = \frac{L_{ex} \cdot C_0}{L_{ex} \cdot C_0 + k_j \cdot C_0 + k_o \cdot L_{ex}} \times \frac{1}{1 + \varphi a}, \quad (3.6)$$

де p_{max} – максимальна швидкість окиснення, мг/ (г* год), яку допускається приймати згідно з табл. 3.1.

C_0 – концентрація кисню, що розчинився мг/дм³.

k_j – константа, яка залежить від властивостей органічних забруднювальних речовин і яку допускається приймати за табл. 3.1

k_o – константа, що характеризує вплив кисню, мг О₂ /дм³, і яку допускається приймати згідно з табл. 3.1.

φ – коефіцієнт, що залежить від процесу інгібування продуктами розпаду активного мулу, дм³/г, який допускається приймати згідно з табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Коефіцієнти стічних вод господарсько-побутової каналізації населеного пункту

ρ_{max}	85
K_i	33
K_0	0,625
φ	0,07
S	0,3

Період аерації t_{atv} , год, в аеротенках-витиснювачах можна визначати за формулою:

$$t_{atv} = \frac{1+\varphi a_i}{\rho_{max} \cdot C_0 \cdot a_i (1-S)} \left[(C_0 + K_0)(L_{mix} - L_{ex}) + K_I C_0 \ln \frac{L_{mix}}{L_{ex}} \right] K_p, \quad (3.7)$$

де K_p – коефіцієнт, що враховує вплив повздовжнього перемішування: $K_p=1,5$ при біологічному очищенні до $L_{ex}=15$ мг/дм³; $K_p=1,25$ при $L_{ex}>30$ мг/дм³;

L_{mix} – БСК_{повн}, що визначають з урахуванням розбавлення рекурційною витратою

$$L_{mix} = \frac{L_{en} + L_{ex} \cdot R_i}{1 + R_i}, \quad (3.8)$$

де R_j – ступінь рециркуляції активного мулу.

Режим витиснення забезпечується при співвідношенні довжини коридорів L до ширини b понад 30. При $L/b < 30$ слід передбачати секціювання коридорів з числом секцій п'ять-шість .

Ступінь рециркуляції активного мулу R_j в аеротенках можна визначити за формулою :

$$R_i = \frac{a_i}{\frac{1000}{j_i} - a_i}, \quad (3.9)$$

де a_j – доза мулу в аеротенках, г/дм³ .

j_i – муловий індекс , см³/ г.

Формула застосовується при $j_i < 175$ см³/ г до 5 г/дм³ .Значення R_j приймається не менше ніж 0,3 для відстійників з мулососами , 0,4 – з мулоскребами , 0,6 – при самопливному видаленні мулу з ерліфтами.

Величину мулового індексу необхідно визначити експериментально при розбавленні.

Таблиця 3.2 – Мулові індекси

Навантаження на мул q_p , мг/(г · добу)	100	200	300	400	500	600
Муловий індекс j_p , см ³ /г	130	100	70	80	95	130
Примітка. Для окситенків величину j_p знижують у 1,3 - 1,5 раза.						

Навантаження на мул q_r мг БСК_{повне} на 1г беззольної речовини мулу на добу, можна визначити за формулою :

$$q_i = \frac{24(Len - Lex)}{ai(1-S)t_a}, \quad (3.10)$$

де t_a – період аерації, год, для усіх типів аеротенків.

При проектуванні аеротенків з регенераторами тривалість окиснення органічних забруднювальних речовин t_o год, можна визначити за формулою :

$$t_o = \frac{Len - Lex}{R_i a_r (1-S)p}, \quad (3.11)$$

де a_r – доза мулу у регенераторі, г/дм³, яку можна визначити за формулою :

$$a_r = a_i \left(\frac{1}{2R_i} + 1 \right), \quad (3.12)$$

Тривалість обробки води у аеротенку t_{at} , год можна визначити за формулою :

$$t_{at} = \frac{2.5}{\sqrt{ai}} \lg \frac{L_{mix}}{Lex}, \quad (3.13)$$

Тривалість регенерації t_r , год, можна визначити за формулою :

$$t_r = t_o - t_{at}, \quad (3.14)$$

Ємність аеротенка W_{at} , м³ можна визначити за формулою :

$$W_{at} = t_{at} (1 + R_i) q_w, \quad (3.15)$$

де q_w – розрахункова витрата стічних вод, м³/год.

Ємність регенераторів W_r , м³, можна визначити за формулою

$$W_r = t_r \cdot R_i \cdot q_w, \quad (3.16)$$

Приріст активного мулу P_i , мг/дм³, в аеротенках визначають за формулою:

$$P_i = 0.8 C_{cdp} + K_g L_{en}, \quad (3.17)$$

де C_{cdp} – концентрація завислих речовин в стічній воді, що надходить в аеротенк, мг/дм³;

K_g – коефіцієнт приросту; для міських господарсько-побутових стічних вод та близьких до них за складом виробничих стічних вод $K_g = 0,3$; при очищенні стічних вод в оксигенках значення K_g знижується до 0,25.

Питому витрату повітря q_{air} м³/м³ води, яка очищається, при пневматичній системі аерації можна визначати за формулою:

$$q_{air} = \frac{q_0(Len - lex)}{K_1 K_2 K_T K_3 (C_a - C_0)}, \quad (3.18)$$

де q_0 – питома витрата кисню повітря, мг на 1 мг знятого БСК_{повн}, що приймається при очищенні до БСК_{повн} 15-20 мг/дм³ – 1,1, при очищенні до БСК_{повн} понад 20 мг/дм³ – 0,9; при проектуванні аеротенків з подовженою аерацією – 1.25;

K_1 – коефіцієнт, що враховує тип аератора і приймається для дрібнобульбашкової аерації в залежності від співвідношення площі аерованої зони та аеротенка f_{az} / f_{at} за таблицею 3.3; для середнобульбашкової та низьконапірної $K_1 = 0,75$.

K_2 – коефіцієнт, що залежить від глибини занурення аераторів h_a і який приймається за таблицею 3.4;

$$K_T = 1 + 0,02 (T_w - 20), \quad (3.19)$$

де T_w – середньомісячна температура води за літній період, °С;

K_3 – коефіцієнт якості води, який приймається для стічних вод господарсько-побутової каналізації населеного пункту – 0.85; за наявності СПАР K_3 приймається залежно від співвідношення f_{az} / f_{at} згідно з таблицею 3.5; для виробничих стічних вод – за дослідними даними (за їх відсутності допускається приймати $K_3 = 0,7$);

C_a – розчинність кисню повітря у воді, мг/ дм³, яку можна розрахувати за формулою:

$$C_a = \left(1 + \frac{h_a}{20.6}\right) C_T, \quad (3.20)$$

де C_T – розчинність кисню повітря у воді в залежності від температури і атмосферного тиску (приймається за довідниковими даними);

h_a – глибина занурення аератора, м;

C_0 – середня концентрація кисню в аеротенку, мг/ дм³, попередньо C_0 допускається приймати 2 мг/дм³ (з подальшим уточненням на основі техніко-економічних розрахунків.

Площа аерованої зони для пневматичних аераторів включає просвіти між ними до 0,3 м. Інтенсивність аерації J_a м³/ (м² · год.) визначають за формулою:

$$J_a = \frac{q_{air} \cdot H_{at}}{t_a}, \quad (3.21)$$

де t_a – період аерації, год.

Якщо обчислена інтенсивність аерації перевищує $J_{a, \max}$ для прийнятого значення K_1 необхідно збільшити площу керованої зони; якщо менше ніж $J_{a, \min}$ для прийнятого значення K_2 – потрібно збільшити втрату повітря, прийнявши $J_{a, \min}$ згідно з таблицею 3.4.

Таблиця 3.3 – Значення коефіцієнта K_1

f_{az} / f_{at}	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,75	1
K_1	1,34	1,47	1,68	1,89	1,94	2,00	2,13	2,3
$J_{a, \max}$ м ³ / (м ² · год.)	5	10	20	30	40	50	75	100

Таблиця 3.4 – Значення коефіцієнта K_2

f_{az} / f_{at}	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	3	4	5	6
K_2	0,4	0,46	0,6	0,8	0,9	1,0	2,08	2,52	2,92	3,3
$J_{a, \max}$ м ³ / (м ² · год.)	48	42	38	32	28	24	4	3,5	3	2,5

Таблиця 3.5 – Значення коефіцієнта K_3

f_{az} / f_{at}	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,75	1
K_3	0,59	0,59	0,64	0,66	0,72	0,77	0,88	0,99

При розрахунку аерофільтрів допустиму величину гідравлічного навантаження q_{af} м³/ (м² · добу), при заданій витраті повітря q_a м³/м³, і робочій висоті H_{af} , м, можна визначити за таблицею 3.6, де

$$K_{af} = \frac{Len}{Lex}$$

Площу аерофільтрів, m^2 , при очищенні стічних вод без рециркуляції можна розрахувати за прийнятим гідравлічним навантаженням q_{af} $m^3/(m^2 \cdot \text{добу})$, і добовою витратою стічних вод Q , $m^3/\text{добу}$.

При очищенні стічних вод з рециркуляцією площу аерофільтра m^2 , можна визначити за формулою:

$$F_{af} = \frac{Q(K_{rc} + 1)}{q_{af}}, \quad (3.22)$$

де K_{rc} – коефіцієнт рециркуляції.

Розрахунок біофільтрів для очищення виробничих стічних вод допускається виконувати за таблицями 3.5 і 3.6 або за окислювальною потужністю, що визначається експериментально.

Таблиця 3.6 – Розрахункові дані аерофільтрів

q_a m^3/m^3	Н af , м	Коефіцієнт K_{af} при $T_w, ^\circ C, H_{af}, q_{af}$											
		$T_w=8$			$T_w=10$			$T_w=12$			$T_w=14$		
		$q_{af}=10$	$q_{af}=20$	$q_{af}=30$	$q_{af}=10$	$q_{af}=20$	$q_{af}=30$	$q_{af}=10$	$q_{af}=20$	$q_{af}=30$	$q_{af}=10$	$q_{af}=20$	$q_{af}=30$
8	2	3,02	2,32	2,04	3,38	2,50	2,18	3,76	2,74	2,36	4,30	3,02	2,56
	3	5,25	3,53	2,89	6,20	3,96	3,22	7,32	4,64	3,62	8,95	5,25	4,09
	4	9,05	5,37	4,14	10,40	6,25	4,73	11,20	7,54	5,56	12,10	9,05	6,54
10	2	3,69	2,89	2,58	4,08	3,11	2,76	4,50	3,36	2,93	5,09	3,67	3,16
	3	6,10	4,24	3,56	7,08	4,74	3,94	8,23	5,31	4,36	9,90	6,04	4,84
	4	10,10	6,23	4,90	12,30	7,18	5,68	15,10	8,45	6,88	16,40	10,00	7,42
12	2	4,32	3,38	3,01	4,76	3,72	3,28	5,31	3,98	3,44	5,97	4,31	3,70
	3	7,25	5,01	4,18	8,35	5,55	4,78	9,90	6,35	5,14	11,70	7,20	5,72
	4	12,00	7,35	5,83	14,80	8,50	6,92	18,40	10,70	7,69	23,10	12,00	8,83

Завдання до теми

Запроектувати аеротенк при умовах: $Q_d = 6000 m^3/\text{добу}$; $Q_{\text{maxгод}} = 412 m^3/\text{годину}$; $L_{en} = 188.28 \text{ мг/л}$; $L_{ex} = 15 \text{ мг/л}$; $T_w = 11 ^\circ C$.

Контрольні питання

1. Перелічіть конструктивні відмінності аерофільтрів.

2. Можливості використання різних типів бактеріальних векторів у генетичній інженерії.

Література:[1, с. 96-97; 2, с. 476-474; 3, с. 25-41, 203; 4, с. 14-15; 6, с. 10-12; 7, с. 18-19; 8, с. 50; 9, с. 62-75].

Практичні заняття № 4, 5

Тема. Розрахунок аеротенків

Мета: отримати практичні навички з виконання розрахунків очисних споруд біологічного призначення – аеротенків.

Навчальні елементи: тривалість аерації, регенерація активного мулу, час очищення води, доза мулу.

Короткі теоретичні відомості

Розрахунок аеротенків включає визначення ємності та габаритів спорудження, обсягу необхідного повітря та надлишкового активного мулу, а також тривалість аерації, у тому числі необхідний для очищення води в процесі регенерації активного мулу і необхідний час очищення води.

Тривалість аерації в аеротенках визначається за формулою:

$$t = \frac{L_a - L_t}{a \cdot (1 - S_L) \rho}, \quad (4.1)$$

де L_a – БПК_{повн} (біологічна потреба кисню) стічної води, що надходить до аеротенку, мг/л;

L_t – БПК_{повн} очищеної води. мг/л:

a – доза мулу (г/л). для аеротенків. розрахованих на повне очищення міських стічних вод необхідно 1 - 3 г/л кількості мулу:

при L_t БПК_{повн} стічної води. що надходить до аеротенку до 100 $\rightarrow a=1,2$;

при $L_t = 101 - 150 \rightarrow a= 1,5$;

при $L_t = 151 - 200 \rightarrow a = 1,8$;

при L_t понад 201 $\rightarrow 1.8 < a < 3$;

для аеротенків розрахованих на повну мінералізацію мулу $a=5$ г/л.

S_L – зольність мулу в частках одиниць. приймається для аеротенків з повною мінералізацією мулу 0,35;

p – середні розрахункові швидкості окислювання в мг БПК_{повн} на 1г беззольної речовини мулу за 1 год. приймається для міських стічних вод за СНіП 2.04.03-85. для аеротенків з повною мінералізацією мулу $p = 4$ мг БПК_{повн} на 1г беззольної речовини за 1год.

Значення t справедливе, якщо середньорічна температура стічної води складає $T = 15$ °С . при інших значеннях температури обчислена величина t збільшуються на відношення

$$t = \frac{15}{T}, \quad (4.2)$$

Тривалість аерації приймається не менше ніж 2 год. Робочий обсяг аеротенку:

$$V = t \frac{Q}{24} \text{ м}^3, \quad (4.3)$$

де Q – розрахункова витрата стічної води. м³ /добу.

При проектуванні аеротенків з регенераторами підраховують роздільно час і параметри споруджень. необхідні для очищення води t_a загальний час окислення забруднень t_0 і по різниці цих величин – час перебування мулу в регенераторі для закінчення окисних процесів переробки забруднень $t_{\text{пер}}$.

$$t_a = \frac{2.5}{a^{0.5}} * \log \frac{L_a}{L_t}, \quad (4.4)$$

$$t_0 = \frac{L_a - L_t}{\alpha * a_{\text{пер}} * (1 - S_L) \rho}, \quad (4.5)$$

$$t_{\text{пер}} = t_0 - t_a, \quad (4.6)$$

де α – частка витрати циркулюючого мулу від розрахункової витрати стічної води

$$\alpha = \frac{a}{a_{\text{пер}} - a}, \quad (4.7)$$

де a – доза мулу в аеротенку, г/л;

$a_{\text{рег}}$ – доза мулу в регенераторі, г/л. Чисельні значення доз мулу при розрахунку аеротенків з регенераторами рекомендується приймати за СніПом 2.04.03-85, для умовних розрахунків $a_{\text{рег}} = 4$ г/л.

Обсяги споруджень аеротенків з регенераторами розраховуються подібним чином – різниця між загальним обсягом споруди та обсягом регенератора:

$$V_a = t_a(1 + \alpha), \quad (4.8)$$

$$V_{\text{рег}} = t_{\text{рег}} \cdot \alpha \cdot Q, \quad (4.9)$$

$$V = V_a + V_{\text{рег}}, \quad (4.10)$$

де $Q - L_t$ – розрахункова витрата стічних вод, м³/год;

$V_a, V_{\text{рег}}$ – обсяг аеротенку та регенератора відповідно, м³;

V – загальний обсяг системи очищення стічної води, м³.

Ступінь регенерації активного мулу розраховують за формулою:

$$P_{\text{рег}} = \frac{t_0 - t_f}{t_0} * 100 \% \text{ або } P_{\text{рег}} = \frac{V_a}{V} * 100 \% , \quad (4.11)$$

Приріст мулу в аеротенках, мг/л, усіх систем при очищенні міських стічних вод визначається за формулою

$$\Pi_p = 0,8B + 0,3L_a, \quad (4.12)$$

де B – вміст зважених речовин у воді, що надходить до аеротенку, мг/л.

Питома витрата повітря D (м³/м³) при очищенні в аеротенках визначають відношенням витрати кисню, що необхідний для обробки 1 м³ води, до витрати кисню, що використовується з 1 м³ повітря:

$$D = \frac{z(L_a - L_t)}{k_1 k_2 n_1 n_2 (C_p - C)}, \quad (4.13)$$

де z – питома витрата кисню у мг/мг БПК_{повн} (для повного очищення $z = 1.1$ мг/мг: для часткового очищення стічної води: $= 0.9$ мг/мг: для повної мінералізації: $= 2.2$ мг/мг);

k_1 , – коефіцієнт, що враховує тип аератора. $k_1 = 1.47$:

k_2 – коефіцієнт, що залежить від глибини занурення аератора. $k_2 = 2.68$:

n_1 – коефіцієнт, що враховує температуру стічної води. $n_1 = 1.02$:

n_2 – коефіцієнт, що враховує відношення швидкості переносу кисню у муловій суміші до швидкості переносу його у чистій воді (для побутових стічних вод $n_2=0.85$, для промислових стічних вод $n_2 = 0.7$).

C_p – розчинність кисню повітря у воді (набуває $C_p = 10.7$ мг/л):

C – середня концентрація кисню в аеротенку (приймається $C = 2$ мг/л).

Загальна витрата повітря

$$D_{\text{заг}} = D * Q \text{ (мг}^3/\text{ м}^3\text{)}$$

Робочу глибину аеротенків приймають від 3 до 6 м, відношення ширини коридору до робочої глибини аеротенків набуває 1:1 або 2:1.

Для аеротенків і регенераторів кількість секцій повинна бути не менше двох. Для системи з очищення стічних вод в обсязі до 50 000 м³/добу кількість секцій призначається від 4 до 6. При більшій продуктивності – від 8 до 10 секцій. Кожна секція складається з 2 до 4 коридорів.

У практиці проектування і будівництва аеротенків використовують типові проекти інженерного устаткування: робоча глибина типових аеротенків 3,2; 4,4; 5 м; ширина коридорів 4,5; 6; 9 м; довжина коридорів від 36 до 114 м з кроком у 6 м; число коридорів у секціях 2; 3; 4.

Задача 1. (Розрахунок аеротенка-змішувача без регенератора)

Розрахувати аеротенк-змішувач для очищення міських стічних вод $Q_w = 30000$ м³/добу, при рівномірному їх надходженні $q_w = 1250$ м³/ год, $L_{ex} = 150$ мг/л, $L_{ex}=15$ мг/л, середньорічна температура стічних вод $T_w = 15$ °С, літня $T_w = 20$ °С. Проектується аеротенк-змішувач без регенератора.

Розв'язок

Визначимо типову швидкість окислювання по формулі, прийнявши за СНіП наступні значення констант $\rho_{\text{max}} = 85$ мг БСК_{повн} (г*год). $K_t = 33$ мг/л, $K_0 = 0,625$ мг/л, $\phi = 0,07$ л/г, $s = 0,3$

Прийmemo дозу мулу $a_i = 2$ г/д і $z = 2$ мг/л. Тоді

$$\rho = 85 * \frac{15 * 2}{15 * 2 + 33 * 2 + 0,625 * 15} * \frac{1}{1 + 0,07 * 2} = 21,3 \text{ мг}/(\text{г} * \text{год})$$

Період аерації по формулі

$$t_{\text{atm}} = \frac{150-15}{2(1-0.3)*21.3} = \frac{135}{29.72} = 4.54 \text{ год.}$$

Місткість аеротенка

$$W_{\text{atm}} = 1250 * 4.54 = 5675 \text{ м}^3$$

Завдання до теми

2.1 Розрахувати аеротенк при наступних вихідних даних: витрата побутових стічних вод дорівнює 50000 м³/добу; БСК_{повн} стічної води, що надходить до системи очищення, L_a= 145 мг/л; БСК_{повн} очищеної стічної води L_t= 15 мг/л; середньорічна температура стічної води T=14 °С; середня швидкість окислення ρ=20,8 мг/г*год; концентрація зважених речовин при надходженні у систему В=150 мг/л.

2.2 Розрахувати аеротенк з регенератором при наступних вихідних даних: витрата промислових стічних вод дорівнює 50000 м³/добу; БСК_{повн} очищених стічних вод 15 мг/л; БСК_{повн} стічних вод, що надходять до системи очищення - 155 мг/л; середньорічна температура стічних вод 14 °С; середня швидкість окислення 20,8 мг/ г*год; концентрація зважених речовин 160 мг/л.

Контрольні питання

1. Як розрахувати питому витрату повітря?

Література:[1, с. 98-117; 2, с. 223-241; 3, с. 193-197; 4, с. 72-82; 5, с. 72-79; 6, с. 21-23; 7, с. 10-17; 9, с. 133-260].

Практичне заняття № 6

Тема. Розрахунок метантенків

Мета: отримати практичні навички з виконання розрахунків очисних споруд знешкодження осадів стічних вод – метантенків.

Навчальні елементи: кількість сухої речовини, витрата сирого осаду, зольність.

Короткі теоретичні відомості

Розрахунок метантенків полягає в підрахунку кількості осаду, що утворюється на станції очищення стічних вод, обґрунтованому виборі режиму зброджування, визначенні необхідного обсягу споруджень і ступеня розпаду беззольної речовини осаду.

Кількість сухої речовини осаду $O_{\text{сух}}$ і активного мулу $M_{\text{сух}}$ в т/добу, розраховують за наступними формулами;

$$O_{\text{сух}} = \frac{C * E * K}{10^3 * 10^3} * Q, \quad (6.1)$$

$$M_{\text{сух}} = \frac{0,8 * C * (1 - E) + 0,3 * L_a - b}{10^3 * 10^3} * Q, \quad (6.2)$$

де C – концентрація зважених речовин у воді, що надходить на первинні відстійники, мг/л

E – ефективність затримки зважених речовин у первинних відстійниках, у частках одиниці

K – коефіцієнт, що враховує збільшення обсягу осад за рахунок великих фракцій зважених, речовин, що не уловлюється не при доборі проб для аналізу ($K=1,1/1,2$)

L_a – БПК_{повн} (біологічна потреба кисню) стічної води, що надходить до аеротенку, мг/л:

b – винос активного мулу з вторинних відстійників, мг/л:

Q – середня витрата стічних вод, м³/добу.

Кількість беззольної речовини осаду $O_{\text{без}}$ і активного мулу $M_{\text{без}}$ обчислюють у т/добу за формулами:

$$O_{\text{без}} = \frac{O_{\text{сух}} * (100 - V^0) * (100 - 3_0)}{100 * 100}, \quad (6.3)$$

$$M_{\text{без}} = \frac{M_{\text{сух}} * (100 - V^M) * (100 - 3_M)}{100 * 100}, \quad (6.4)$$

де V_0 ; V_M – гігроскопічна вологість відповідно сирого осаду й активного мулу приймається рівною 5 %:

Z_0 ; Z_M – зольність сухої речовини осаду і мулу відповідно. зольність осаду приймається 30 %, зольність активного мулу – 25%.

Витрата сирого осаду і надлишкового активного мулу розраховується в м³/добу за формулами:

$$V_0 = \frac{100 * O_{сух}}{(100 - W_0) * \rho_0}, \quad (6.5)$$

$$V_M = \frac{100 * M_{сух}}{(100 - W_M) * \rho_M}, \quad (6.6)$$

де W_0 ; W_M – вологість сирого осаду та надлишкового активного мулу відповідно.%. При видаленні осаду р відстійників насосами його вологість можна прийняти рівною 94 %. вологість ущільненого активного мулу – 97 %.

ρ_0 ; ρ_M – Щільність відповідно осаду й активного мулу. При вологості сирого осаду та надлишкового активного мулу близькій до 100 % щільність осаду й активного мулу можна вважати рівною 1т/м³.

Загальна витрата осадів на станції очищення стічних вод:

$$\text{за сухою речовиною } M_{сух} = O_{сух} + M_{сух}$$

$$\text{за беззольною речовиною } M_{без} = O_{без} + M_{без}$$

$$\text{за обсягом суміші фактичної вологості } M_{заг} = V_0 + V_M$$

Середні значення вологості суміші і зольності у % розраховують за формулами:

$$B_c = 100 * \left(1 - \frac{M_{сух}}{M_{заг}}\right), \quad (6.7)$$

$$Z = 100 * \left(1 - \frac{M_{без} * 100}{O_{сух} * (100 - B^0) + M_{сух} * (100 - B^M)}\right), \quad (6.8)$$

Знаючи фактичну вологість суміші, можна підрахувати необхідний об'єм метантенка у м³ згідно з формулою:

$$V = \frac{M_{заг} * 100}{D}, \quad (6.9)$$

де D – добова доза завантаження осаду в метантенк у %, прийнята за СНП 2.04.03-85 залежно від обраного режиму зброджування.

Завдання до теми

1. Виконати розрахунок метантенків для станції повного біологічного очищення продуктивністю 50 000 м³/добу, якщо у воді, що надходить на станцію концентрація зважених речовин 200 мг/л, БПКповн - 180 мг/л, ефективність освітлення в первинних відстійниках – 50%. Видалення осаду з відстійників відбувається насосами. Винос активного мулу з вторинних відстійників $v=15$ мг/л.

Контрольні питання

1. Як визначається загальна витрата осадів?

Література:[1, с. 96-97; 2, с. 476-474; 3, с. 25-41, 203; 4, с. 14-15; 6, с. 10-12; 7, с. 18-19; 8, с. 50; 9, с. 62-75].

Практичне заняття № 7

Тема. Розрахунок мулоущільнювачів

Мета:отримати практичні навички з виконання розрахунків очисних споруд призначених для видалення надлишкової вологи та ущільнення мулу - мулоущільнювачі.

Навчальні елементи:концентрація надлишкового активного мулу, висота проточної частини, обсяг мулової частини.

Короткі теоретичні відомості

Розрахунок мулоущільнювача виконують на максимальний часовий приплив надлишкового активного мулу. При розрахунку мулоущільнювача концентрація надлишкового активного мулу, тривалість відстоювання, швидкість руху рідини в зоні відстоювання приймаються за СНІП 2.04.03- 85.

$$Q_{\max} = \frac{P_{\max} * Q}{24 * C} \text{ м}^3/\text{ГОД}, \quad (7.1)$$

де Q_{\max} – розрахункова витрата стічних вод. м³/добу:

C – концентрація активного мулу. що ущільнюється, г/м³

P_{\max} – вміст надлишкового активного мулу. $\text{г}/\text{м}^3$ що розраховується за формулою

$$P_{\max} = K_m \cdot P, \quad (7.2)$$

де P – приріст мулу. береться у залежності від ступеня очищення стічної води:

K_m – коефіцієнт місячної нерівномірності приросту мулу, дорівнює 1.15/1.2.

Висоту проточної частини мулоушільнювача, м , розраховують за формулою

$$H = 3.6v \cdot t, \quad (7.3)$$

де v° – швидкість руху рідини. за СНІП 2.04.03-85 $v \approx 0.07$ $\text{м}/\text{год}$:

t – тривалість ущільнення. зі СНІП 2.04.03-85 доцільно приймати рівним 10 годин.

Корисна площа поперечного перетину вертикального мулоушільнювача:

$$F_{\text{кор}}^B = \frac{q_p}{3.6 \cdot v}, \quad (7.4)$$

де q_p – максимальна кількість рідини. $\text{м}^3/\text{год}$., що відокремлюється в процесі ущільнення мулу:

$$q_p = q_{\text{max}} \frac{W_1 - W_2}{100 - W_2}, \quad (7.5)$$

де W_1 – вологість мулу. що надходить, %

W_2 – вологість ущільненого мулу, %

Площа поперечного перетину центральної труби:

$$f_{mp} = \frac{q_{\text{max}}}{3600 \cdot v_{\text{тр}}}, \quad (7.6)$$

де $v_{\text{тр}}$ – швидкість руху рідини у вертикальній трубі. що дорівнює 0,1 $\text{м}/\text{с}$.

Загальну площу мулоушільнювача, м^2 , розраховують за формулою 7.7, а діаметр одного мулоушільнювача – за формулою 7.8:

$$F = F_{\text{кор}} + f_{mp}, \quad (7.7)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot n}}, \quad (7.8)$$

де n – число мулоущільнювачів. Мінімальне число мулоущільнювачів приймають $n=2$ згідно СНП 2.04.03-85

Обсяг мулової частини мулоущільнювача встановлюють з урахуванням вологості ущільненого мулу та того, що надходить до мулоущільнювача:

$$V_m = q_{\max} \frac{100 - W_1}{100 - W_2} * \frac{t_m}{n}, \quad (7.9)$$

де t_m – тривалість перебування мулу в муловій частини при ввантаженні його один раз у зміну. приймається рівною 8 год.

Якщо, відповідно до розрахунків, необхідне застосування більше чотирьох вертикальних мулоущільнювачів діаметром 9 м, то більш доцільним є застосування мулоущільнювачів радіального типу.

Корисна площа поперечного перетину радіального мулоущільнювача:

$$F_{\text{кор}}^p = \frac{q_{\max}}{q_0}, \quad (7.10)$$

де q_0 – розрахункове навантаження на площу дзеркала ущільнювача. $\text{м}^3/\text{м}^2$ год, приймається залежно від концентрації активного мулу, що надходить на ущільнення: при $C = 2/3$ г/л $q_0=0,5$, а при $C = 5/8$ г/л $q_0=0,3$

Висота робочої зони мулоущільнювача:

$$H = g_0 \cdot t, \quad (7.11)$$

де t – тривалість ущільнення. приймається рівною: при $C = 2/3$ г/л $t = 5/8$ год; при $C = 5/7$ г/л $t = 10$ год.

Загальна висота мулоущільнювача:

$$H_{\text{заг}} = H + h + h_6, \quad (7.12)$$

де H – висота робочої зони. М;

h – висота зони залягання мулу. дорівнює 0.3 / 0.7 м;

h_6 – висота бортів над рівнем води. дорівнює ≈ 0.1 м.

Завдання до теми

1. Розрахункова витрата очисних споруджень повного біологічного очищення $Q = 2\ 000$ м /добу; очищена вода має БПК₂₀ = 20 мг/л. Вологість

вихідного мулу $W_1 = 99,2 \%$, ущільненого $W_2 = 98 \%$. Розрахувати мулоущільнювач для ущільнення надлишкового активного мулу.

2. Розрахувати параметри радіальних мулоущільнювачів для ущільнення надлишкового активного мулу, якщо розрахункова витрата очисних споруджень повного біологічного очищення $Q = 2500$ м³/добу. Приріст активного мулу $P = 220$ г/м³, концентрація активного мулу 2,5 г/л.

Контрольні питання

1. Коли використовують мулоущільнювачі радіального типу?

Література:[1, с. 96-97; 2, с. 476-474; 3, с. 25-41, 203; 4, с. 14-15; 6, с. 10-12; 7, с. 18-19; 8, с. 50; 9, с. 62-75].

2 КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАТЬ СТУДЕНТІВ

A 5 (відмінно) 90–100

Студент має глибокі, міцні та системні знання з усього теоретичного курсу, може чітко сформулювати та використовує у своїх відповідях спеціальну термінологію з генетики, володіє латинськими назвами, володіє понятійним апаратом; уміє застосувати здобуті теоретичні знання під час розв'язання практичних завдань, що стосуються нових технологій дослідження структури людського організму; самостійно може підготувати змістовний реферат і захистити основні його положення.

B 4,5 (добре) 85–89

Студент має глибокі, міцні та системні знання з усього теоретичного курсу, може чітко сформулювати та використовує у своїх відповідях спеціальну термінологію з дисципліни, володіє понятійним апаратом, латинськими назвами, але у своїх відповідях може допустити неточності, зустрічаються незначні помилки під час виконання завдань; самостійно може підготувати змістовний реферат і захистити основні його положення.

С 4 (добре) 75–84

Студент знає програмний матеріал, має практичні вміння, але не вміє самостійно логічно мислити, підготувати реферат і захищати його положення. Відповідь повна, змістовна, але з певними неточностями.

D 3,5 (задовільно) 65–74

Студент відтворює значну частину теоретичного матеріалу із закономірностей спадковості чи мінливості, виявляє знання і розуміння основних положень, з допомогою викладача може аналізувати матеріал, виправляти помилки, серед яких є значна кількість суттєвих. За допомогою викладача може підготувати реферативну роботу.

E3 (задовільно) 60–64

Студент має початковий рівень знань, володіє необхідними вміннями та навичками для вирішення стандартних завдань; виявляє розуміння основних положень навчального матеріалу на репродуктивному (відтворюючому) рівні; здатний з помилками дати визначення понять та термінів, що вивчаються; може самостійно оволодівати частиною навчального матеріалу, але висновки робить нелогічні, непослідовні.

FX 2 (незадовільно) 35–59

Студент мало усвідомлює мету навчально-пізнавальної діяльності; слабо орієнтується в поняттях, визначеннях; самостійне опрацювання навчального матеріалу викликає значні труднощі; робить спробу розповісти суть заданого, але відповідає лише за допомогою викладача на рівні «так» чи «ні»; однак може самостійно знайти в підручнику відповідь.

X1 (незадовільно) 1–34

Студент зовсім не володіє необхідними знаннями, вміннями, навичками та науковими термінами з дисципліни, що вивчається, зовсім не здатний до самостійного вивчення дисципліни.

Підсумковий контроль з дисципліни здійснюється у вигляді екзамену, що проводиться після закінчення другого семестру (закінчення курсу). Отриману

кількість балів переводять у національну шкалу відповідно до таблиці та виставляють у екзаменаційну відомість:

Оцінка за 100-бальною шкалою	Оцінка за національною шкалою
90–100	відмінно
82–89	добре
74–81	
64–73	задовільно
60–63	
35–59	незадовільно з можливістю повторного складання
0–34	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

Основна

1. Екологічна біотехнологія : навч. посібник / [О. В. Швед, О. Б. Миколів, О. З. Комаровська-Порохнявець, В. П. Новіков]. – Кн. 1. – Львів : Львівська політехніка, 2010. – 424 с.
2. Екологічна біотехнологія : навч. посібник / [О. В. Швед, О. Б. Миколів, О. З. Комаровська-Порохнявець, В. П. Новіков]. – Кн. 2. – Львів : Львівська політехніка, 2010. – 368 с.
3. Экологическая биотехнология ; [пер. с англ.] ; под ред. К. Ф. Форстера, Д. А. Дж. Вейза. – Л. : Химия, 1990. – 384 с.
4. Сассон А. Биотехнология: свершения и надежды : [пер. с англ.] ; под ред., с предисл. и дополн. В. Г. Дебабова. – М. : Мир, 1987. – 422 с.
5. Герасименко В. Г. Биотехнология : учеб. пособие / В. Г. Герасименко. – К. : Выща шк. Головноеизд-во, 1989. – 343 с.

6. Терещук А. И. Исследование и переработка осадков сточных вод / А. И. Терещук. – Львов : Вища шк., Изд-во при Львов. ун-те, 1988. – 148 с.
7. Микроорганизмы и охрана почв ; под ред. Д. Г. Звягинцева. – М. : Изд-во МГУ, 1989. – 206 с.
8. Фауна аэротенков (Атлас). – Л. : Наука, 1984. – 264 с.
9. Чурбанова И. Н. Микробиология : [учеб. для вузов по спец. «Рациональное использ. водныхресурсов и обезвреживание пром. стоков»] / И. Н. Чурбанова. – М. : Высш. шк., 1987. – 239 с.
10. Бірюков В. В. Основи промислової біотехнології / В. В. Бірюков. – М. : КолосС, 2004. – 296 с.
11. Бекер М. Е. Биотехнология / М. Е. Бекер, Г. К. Лиепиньш, Е. П. Райпулис. – М. : Агропромиздат, 1990. – 334 с.
12. Мельничук М. Д. Основи біотехнології рослин : підручник / [М. Д. Мельничук, Т. В. Новак, Б. О. Левенко]. – К. : Вища шк., 2000. – 248 с.
13. Никитин Г. А. Метановое брожение в биотехнологии / Г. А. Никитин. – К. : Выща шк., 1990. – 207 с.
14. Шевелуха В. С. Сельскохозяйственная биотехнология : учебник / [В. С. Шевелуха, Е. А. Калашникова, Е. С. Воронин и др.]. – М. : Высш. шк., 2003. – 469 с.
15. Бейли Дж. Основы биохимической инженерии / Дж. Бейли, Д. Оллис. – Ч. 2. – М. : Мир, 1989. – 590 с.
16. Варфоломеев С. Д. Биотехнология : Кинетические основы микробиологических процессов / С. Д. Варфоломеев, С. В. Калужный. – М. : Высш. шк., 1990. – 296 с.
17. Голубовская Э. К. Биологические основы очистки воды / Э. К. Голубовская. – М. : Высш. шк., 1978. – 271 с.
18. Яковлев С. В. Канализация / С. В. Яковлев, Ю. М. Ласков. – М. : Стройиздат, 1987. – 319 с.

19. Родионов А.И. Техника защиты окружающей среды / А. И. Родионов, В. Н. Клушин, Н. С. Торошечников : учебник для вузов ; 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Химия, 1989. – 512 с.
20. Луканин В. Н. Промышленно-транспортная экология : учебник / В. Н. Луканин, Ю. В. Трофименко ; под ред. В. Н. Луканина. – М. : Высш. шк., 2001. – 273 с.
21. Вронский В. А. Прикладная экология : учебное пособие / В. А. Вронский. – Ростов н/Д. : Изд-во «Феникс», 1996. – 512 с.
22. Мазур И. И. Курс инженерной экологии : учеб. для вузов / И. И. Мазур, О. И. Молдаванов ; под ред. И. И. Мазура. – М. : Высш. шк., 1999. – 447 с.
23. Бакка М. Г. Основи ведення сільського господарства та охорона земель : навчальний посібник / М. Г. Бакка, В. П. Стрельченко, П. Т. Боток. – Житомир : ЖІТІ, 2000. – 366 с.
24. Мацнев А. И. Водоотведение на промышленных предприятиях / А. И. Мацнев. – Львов : Вища шк., 1986. – 200 с.
25. Степановских А. С. Охрана окружающей среды : учебник для вузов / А. С. Степановских. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 559 с.
26. Карюхина Т. А. Химия воды и микробиология : учебник / Т. А. Карюхина, И. Н. Чурбанова. – М. : Стройиздат. 1974. – 224 с.
27. Корте Ф. Экологическая химия : пер. с нем. / Ф. Корте, М. Бахадир, В. Клайн, Я. П. Лай, Г. Парлар, И. Шайнерт ; под ред. Ф. Корте. – М. : Мир, 1997. – 396 с.
28. Запольський А. К. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод : підручник / А. К. Запольський, Н. А. Мішкова-Клименко, І. М. Астрелін, М. Т. Брик, П. І. Гвоздяк, Т. В. Князькова. – К. : Лібра, 2000. – 552 с.
29. Яковлев С. В. Очистка производственных сточных вод : учеб. пособие для вузов / С. В. Яковлев, Я. А. Карелин, Ю. М. Ласков, Ю. В. Воронов ; под ред. С. В. Яковлева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1985. – 335 с.

30. Ковалева Н. Г. Биохимическая очистка сточных вод предприятий химической промышленности / Н. Г. Ковалева, В. Г. Ковалев. – М. : Химия, 1987. – 160 с.
31. Ильинич В. В. Технология спирта и спиртпродуктов / В. В. Ильинич, Б. А. Устинников, И. И. Бурачевский, С. И. Громов ; подред В. В. Ильинича. – М. : ВО «Агропромиздат», 1987. – 383 с.
32. Василенко А. А. Водоотведение. Курсовое проектирование / А. А. Василенко. – Киев : Вища школа, 1988 – 255 с.
33. Кедров В.С. Водоснабжение и канализация : учебник для вузов / В. С. Кедров, П. П. Пальгунов, М. А. Сомов. – М. : Стройиздат. 1984. – 288 с.
34. Гвоздев В. Д. Очистка производственных сточных вод и утилизация осадков / В. Д. Гвоздев, Б. С. Ксенофонтов. – М. : Химия, 1988, 112 с.
35. Веселов Ю. С. Водоочистное оборудование / Ю. С. Веселов, И. С. Лавров, Н. И. Рукобратский. – Л. : «Машиностроение», 1985. – 230 с.
36. Евилевич А. З. Утилизация осадков сточных вод / А. З. Евилевич, М. А. Евилевич. – Л. : Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1988. – 248 с.
37. Туровский И. С. Обработка осадков сточных вод / И. С. Туровский. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1988. – 256 с.
38. Старинский В. П. Водозаборные и очистные сооружения коммунальных водопроводов / В. П. Старинский, Л. Г. Михайлик. – Минск : Вышейш. шк., 1989. – 270 с.
39. Проскуряков В. А. Очистка сточных вод в химической промышленности / В. А. Проскуряков, Л. И. Шмидт. – Л. : Химия, 1977. – 464 с.
40. Гомеля М. Д. Очисні споруди. Основи проектування : навч. посіб. / М. Д. Гомеля, Т. В. Крисенко, І. М. Дейкун. – К. : НТУУ «КПІ», 2007. – 170 с.
41. Гомеля М. Д. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з курсу «Очисні споруди. Основи проектування» / М. Д. Гомеля, О. В. Глушко, В. С. Камаев. – К. : ТОВ «Інфодрук», 2012. – 173 с.

42. Запольський А. К. Водопостачання, водовідведення та якість води / А. К. Запольський. – К. : Вища школа, 2005. – 671 с.

43. Воронов Ю. В. Водоотведение и очистка сточных вод / Ю. В. Воронов, С. В. Яковлев. – М. : Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2006. – 704 с.

44. Кульский Л. А. Технология очистки природных вод / Л. А. Кульский, П. П. Строкач. – К. : Вища школа, 1986. – 352 с.

45. Ковальчук В. А. Очистка стічних вод / В. А. Ковальчук. – Рівне : ВАТ «Рівненська друкарня», 2003. – 622 с.

Додаткова

46. Глазко В. И. Русско-англо-украинский толковый словарь по прикладной генетике, ДНК-технологии и биоинформатике / В. И. Глазко, Г. В. Глазко. – К. : Нора-принт, 2000. – 464 с.

47. Екологічний словник : навч. посібник / [В. В. Преждо, Г. А. Ткач, І. С. Кратенко, Ф. В. Ківва, В. В. Шило]. – Х. : ХДАМГ Міносвіти України, 1999. – 416 с.

48. Преждо В. В. Екологічний словник : навч. посібник / В. В. Преждо, Г. А. Ткач, І. С. Кратенко, Ф. В. Ківва, В. В. Шило. – Харків : ХДАМГ Міносвіти України, 1999. – 416 с.

49. Сытник К. М. Словарь-справочник по экологии / К. М. Сытник и др. ; под ред. К. М. Сытника. – Киев. : Наукова думка. 1994. – 665 с.

50. Пааль Л. Л. справочник по очистке природных и сточных вод / Л. Л. Пааль, Я. Я. Кару, Х. А. Мельдер, Б. Н. Репин. – М. : Высш. шк., 1994. – 336 с.

51. Проектирование сооружений для очистки сточных вод : справочное пособие к СНиП. – М. : Стройиздат, 1990. – 190 с.

52. Методическое руководство по биотестированию воды. РФ 118-02-90. М.: 1991.

53. Жуков А. И. Методы очистки производственных сточных вод : справ. пособие / А. И. Жуков, И. Л. Монгайт, И. Д. Родзиллер ; под ред. А. И. Жукова. – М. : Стройиздат, 1977. – 204 с.

Методичні вказівки щодо практичних занять з навчальної дисципліни «Основи екологічної біотехнології» для студентів денної форми навчання за напрямом 6.051401 – «Біотехнологія»

Укладачі : к. т. н., ст. викл. О. А. Сакун

к. т. н., доц. А. В. Пасенко

Відповідальний за випуск доц. кафедри біотехнологій та біонженерії
А. В. Пасенко

Підп. до др.2017. Формат 60x84 1/16. Папір тип. Друк ризографія.

Ум. друк. арк. _____. Наклад прим. Зам. № _____. Безкоштовно.

Видавничий відділ
Кременчуцького національного університету
імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева 20, м. Кременчук, 39600