

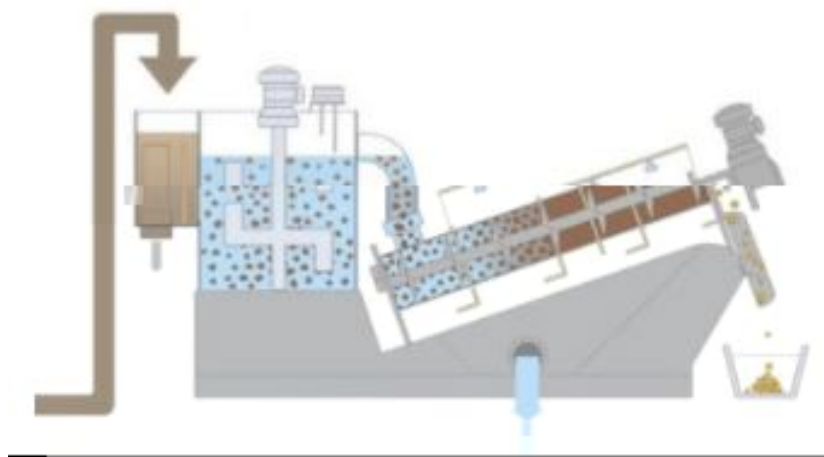
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до виконання розрахунково-графічної роботи
з навчальної дисципліни

«ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕРОБКИ ТА УТИЛІЗАЦІЇ ОСАДІВ»

*(для здобувачів вищої освіти всіх форм навчання
другого (магістерського) рівня
за спеціальністю 194 – Гідротехнічне будівництво,
водна інженерія та водні технології)*



Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2021

Методичні рекомендації до виконання розрахунково-графічної роботи з навчальної дисципліни «Технологія переробки та утилізації осадів» (для здобувачів вищої освіти всіх форм навчання другого (магістерського) рівня за спеціальністю 194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. К. Б. Сорокіна. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 42 с.

Укладач канд. техн. наук, доц. К. Б. Сорокіна

Рецензент

Т. С. Айрапетян, кандидат технічних наук, доцент кафедри водопостачання, водовідведення і очищення вод Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

Рекомендовано кафедрою водопостачання, водовідведення та очищення вод, протокол № 1 від 01.09.2021.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ЗАГАЛЬНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ.....	5
2 МЕТОДИКА РОЗРАХУВАННЯ ОСНОВНИХ СПОРУД ДЛЯ ОБРОБКИ ОСАДУ СТИЧНИХ ВОД.....	8
2.1 Обробка відходів, затриманих решітками.....	8
2.2 Обробка важких мінеральних осадів, затриманих пісковловлювачами.....	9
2.3 Обробка органічних осадів, що утворюються на очисних каналізаційних спорудах.....	10
СПИСОК ДЖЕРЕЛ.....	32
ДОДАТКИ.....	33

ВСТУП

Однією з найскладніших проблем, пов'язаних із функціонуванням каналізаційних очисних споруд, є управління осадами, які є одним з видів великотоннажних відходів.

Стратегія обробки і кінцевого використання осаду стічних вод на конкретних очисних спорудах формується залежно:

- від потужності очисних споруд та місця їх розташування;
- доступності транспортної інфраструктури;
- застосовуваної технології очищення і складу стічних вод;
- законодавчо-нормативних обмежень щодо кінцевого використання осаду;
- доступності реагентів (коагулянтів, флокулянтів)
- можливості передачі осаду іншим підприємствам та ін.

Основні напрямки обробки осадів стічних вод:

– максимальне зменшення обсягів осаду за рахунок зменшення вологості та стабілізація органічних речовин, що містяться в ньому, з подальшим складуванням або захороненням;

– використання органічної речовини осадів для отримання нових товарних продуктів і енергії;

– ліквідація осадів стічних вод з отриманням енергії та відносно невеликих об'ємів кінцевих відходів.

Для реалізації такої стратегії управління осадом очисних споруд використовують певні способи його обробки: ущільнення, стабілізація, знезараження, кондиціонування, зневоднення, сушіння, термічне розкладання органічних речовин осаду, спалювання та ін. Зазначені способи обробки застосовують в різних комбінаціях з урахуванням мети обробки та обсягів оброблюваного осаду.

У цих методичних рекомендаціях наведені основні положення методик проектування і приклади розрахунків споруд з обробки осадів для використання під час виконання розрахунково-графічної роботи з навчальної дисципліни «Технологія переробки та утилізації осадів».

1 ЗАГАЛЬНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

Навчальним планом з дисципліни «Технологія переробки та утилізації осадів» передбачено виконання розрахунково-графічної роботи (далі – РГР). Виконання РГР необхідне для систематизації, закріплення і розширення теоретичних і практичних знань з навчальної дисципліни, що вивчається.

Мета РГР – вивчення конструктивних особливостей споруд, які використовують для обробки осадів, що утворюються під час обробки стічних вод, і методик визначення розрахункових параметрів технологічних схем.

Основні завдання під час виконання РГР:

1. Розрахування кількості осадів, затриманих решітками.
2. Розрахування кількості важких мінеральних осадів.
3. Визначення загальної кількості утворюваних органічних осадів.
4. Розрахування споруд з обробки органічних осадів.

Для розрахунку споруд з обробки органічних осадів можуть бути прийняті (за вказівкою викладача) такі *розрахункові схеми*:

- I – вертикальні мулоущільнювачі – анаеробне мезофільне зброджування;
- II – вертикальні мулоущільнювачі – анаеробне термофільне зброджування;
- III – радіальні мулоущільнювачі – анаеробне мезофільне зброджування;
- IV – радіальні мулоущільнювачі – анаеробне термофільне зброджування;
- V – аеробна стабілізація.

5. Розрахунок зневоднення осадів.
6. Складання технологічної схеми.

Структура РГР має бути такою:

- 1) титульний аркуш – виконується за відповідною формою (дод. А);
- 2) вихідні дані;
- 3) зміст, що включає:

- послідовно перелічені назви всіх розділів, підрозділів, пунктів і підпунктів;
- висновки;
- список джерел;
- додатки.

Допускається найменування пунктів і підпунктів у зміст не включати;

- 4) елементи основної частини РГР відповідно до основного завдання;
- 5) висновки – мають містити оцінку отриманих результатів розрахунків, особливості та переваги прийнятих в проєкті технічних рішень;
- 6) список джерел, використаних під час виконання РГР;
- 7) додатки (за необхідності) – матеріал, який є необхідним, але не може бути розміщений в основній частині пояснювальної записки через великий обсяг або з інших міркувань.

Загальні правила оформлення *розрахунково-пояснювальної записки* (далі – РПЗ) розрахунково-графічної роботи:

– сторінки РПЗ виконують без рамки з полями: верхнє і нижнє – 20, лівє – не менше 25, правє – не менше 10 мм;

– текст РПЗ виконують шрифтом 14 пт (Times New Roman, Arial, Arial Narrow, GOST type A, B) з полуторним міжрядковим інтервалом, вирівнюванням «за шириною»; заголовки можуть бути виділені шрифтом 16 пт, вирівнювання «по центру». Абзаци в тексті відступають від його кордонів на 1,0–1,27 см;

– нумерацію сторінок РПЗ проставляють у правому верхньому куті арабськими цифрами без крапки. Нумерація сторінок – наскрізна, включає ілюстрації (рисунки) та таблиці, які розміщуються на окремих сторінках, а також додатки;

– усі розділи РГР починають з нового аркуша;

– структурні елементи РГР – ВСТУП, ВИСНОВКИ, СПИСОК ДЖЕРЕЛ – не нумерують;

– заголовки структурних елементів і розділів РГР пишуть прописними літерами без крапки в кінці, не підкреслюють. Заголовки підрозділів, пунктів і підпунктів пишуть малими літерами, починаючи з великої, розміщують номер підрозділу (пункту, підпункту) з абзацного відступу, без крапки в кінці;

– формули і рівняння розташовують після тексту, в якому вони згадуються, посередині рядка. Формули нумерують в межах розділу. Номер формули складається з номера розділу і порядкового номера формули в цьому розділі, між якими ставлять крапку. Номер формули вказують на рівні формули в круглих дужках в крайньому правому положенні на рядку.

Пояснення значень символів і числових коефіцієнтів, що входять в формулу, приводять безпосередньо під формулою в тій послідовності, у якій вони наведені у формулі. Пояснення значень кожного символу необхідно починати з нового рядка;

– таблиці розташовують після тексту, у якому їх згадують, або на наступному аркуші. На всі таблиці мають бути посилання в тексті, при цьому слово «таблиця» пишуть скорочено. Розміщують таблиці так, щоб їх було зручно бачити без повороту записки або з поворотом за годинниковою стрілкою.

Таблиці нумерують в межах кожного розділу, за винятком таблиць, наведених в додатках. Номер таблиці складається з номера розділу і порядкового номера таблиці в цьому розділі, між якими ставлять крапку. Слово «Таблиця __» вказують зліва над таблицею. Номер таблиці відокремлюють від назви дефісом. Назву пишуть з великої літери, в кінці назви крапку не ставлять. Назва має бути короткою і відображати зміст таблиці;

– ілюстрації (рисунки) розташовують після тексту, у якому їх згадують вперше, або на наступному аркуші. На всі ілюстрації мають бути посилання в тексті. Розміщують ілюстрації так, щоб їх було зручно бачити без повороту записки або з поворотом за годинниковою стрілкою.

Ілюстрації нумерують в межах кожного розділу. Номер ілюстрації складається з номера розділу і порядкового номера ілюстрації в цьому розділі,

між якими ставлять крапку. Номер ілюстрації відокремлюють від назви дефісом. Назву пишуть з великої літери, в кінці назви крапку не ставлять. Якщо після назви розташовується пояснювальний текст, в кінці назви ставлять двокрапку, пояснення починають з нового рядка, в кінці останнього рядка пояснювального тексту крапку не ставлять.

Графічний матеріал.

Під час виконання РГР необхідно виконати на аркуші формату А3 або А4 технологічну схему споруд, параметри яких були визначені. На цій схемі можуть бути вказані не тільки споруди для обробки осадів, а й умовно споруди схеми очищення стічних вод.

На схемі необхідно вказати розрахункові параметри, визначені під час виконання РГР (витрати, концентрації, кількості споруд, зольність та ін.).

Оформлення графічного матеріалу має відповідати прийнятим вимогам (позначення трубопроводів, умовні позначення, специфікації, експлікації (можливо на окремих аркушах або на звороті), товщини ліній та ін.).

Орієнтовно схема може мати вигляд, показаний в *додатку Б*.

Далі приведені основні положення методик проектування і приклади розрахунків споруд з обробки осадів. Розрахунки проведені для таких *вихідних даних*:

- витрата господарсько-побутових стічних вод – $Q_{\text{mid}}^{\text{г/п}} = 72\,000 \text{ м}^3/\text{добу}$;
- норма водоспоживання в населеному пункті – $q_{\text{макс}}^{\text{доб}} = 300 \text{ л/добу} \cdot \text{особу}$;
- витрата виробничих стічних вод – $Q_{\text{mid}}^{\text{вир}} = 11\,000 \text{ м}^3/\text{добу}$;
- концентрація завислих речовин у виробничих стічних водах до відстоювання – $C_{\text{еп}}^{\text{вир}} = 500 \text{ мг/дм}^3$;
- БСК_{повн} виробничих стічних вод – $L_{\text{еп}}^{\text{вир}} = 400 \text{ мг/л}$;
- ефект прояснення (затримання завислих речовин) в первинних відстійниках – $E_{\text{зав}} = 50 \%$;
- зниження БСК_{повн} стічних вод під час первинного відстоювання – $E_{\text{БСК}} = 15 \%$;
- БСК_{повн} очищеної стічної рідини – $L_{\text{ex}} = 15 \text{ мг/л}$;
- винесення активного мулу з вторинних відстійників – $b = 15 \text{ мг/л}$;
- застосовувані пісковловлювачі – такі, що аеруються;
- середньомісячна температура стічних вод за літній період – $T_w = 25 \text{ }^\circ\text{C}$;
- температура стічних вод в аеротенках – $T_a = 18 \text{ }^\circ\text{C}$;
- температура активного мулу в стабілізаторі – $T_c = 15 \text{ }^\circ\text{C}$;
- час обробки води в аеротенках – $t_a = 5,4 \text{ год.}$;
- доза мулу – $a_a = 2 \text{ г/л}$.

2 МЕТОДИКА РОЗРАХУВАННЯ ОСНОВНИХ СПОРУД ДЛЯ ОБРОБКИ ОСАДУ СТИЧНИХ ВОД

2.1 Обробка відходів, затриманих решітками

Решітки застосовують для затримання із стічних вод великих забруднень (відходів). Це обладнання для підготовки стічних вод до подальшого, більш повного очищення.

Кількість відходів, затриманих решітками, становить

$$W_{\text{доб}}^p = \frac{N_{\text{нав}} \cdot q_{\text{забр}}}{365 \cdot 1000}, \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (2.1)$$

де $q_{\text{забр}}$ – питома кількість відходів, яка залежить від ширини прозорів решітки, л/(рік·особу), приймають за таблицею 18 [1] (дод. В);

$N_{\text{нав}}$ – наведена кількість мешканців, осіб.

Щільність і вологість відходів слід визначати за паспортними даними виробників обладнання, що застосовується. За умови відсутності даних допускається приймати (п. 10.2.1.6 [1]):

– щільність відходів до зневоднення – 870 кг/м³, після зневоднення – 690 кг/м³;

– вологість відходів до зневоднення – 90 %, після зневоднення – 70 % (до 50 %);

– зольність відходів – 7–8 %.

Маса затриманих відходів дорівнює

$$M_{\text{відх.}} = \frac{\rho_{\text{відх.}} \cdot W_{\text{доб}}^p}{1000}, \text{ т/добу}; \quad (2.2)$$

де $\rho_{\text{відх.}}$ – щільність відходів, кг/м³;

$$M'_{\text{відх.}} = \frac{1000 \cdot M_{\text{відх.}} \cdot K}{24}, \text{ кг/год}, \quad (2.3)$$

де K – коефіцієнт нерівномірності надходження відходів, який дорівнює 2.

Для ущільнення, пресування та передачі до накопичувальної ємкості або на транспортер забруднень, що знімають з каналізаційних сміттєзатримувальних пристроїв, можуть бути використані преси гвинтові віджимні.

Прес може працювати як в безперервному режимі, так і періодично в складі технологічної лінії очисних споруд, забезпечуючи поліпшення санітарно-гігієнічних умов і зменшення в 4–5 разів обсягів вивезених відходів до місць складування.

Приклад розрахунку

Наведена кількість мешканців

$$N_{\text{нав}} = \frac{Q_{\text{mid}} \cdot C_{\text{en}}}{65} = \frac{83\,000 \cdot 254,5}{65} = 324\,977 \text{ осіб.}$$

Кількість забруднень, затриманих решітками,

$$W_{\text{доб.}}^p = \frac{324\,977 \cdot 16}{365 \cdot 1000} = 14,2 \text{ м}^3/\text{добу.}$$

Маса затриманих відходів дорівнює:

до зневоднення

$$M_{\text{відх.}} = \frac{870 \cdot 14,2}{1000} = 12,4 \text{ т/добу};$$

$$M'_{\text{відх.}} = \frac{1\,000 \cdot 12,4 \cdot 2}{24} = 1\,033,3 \text{ кг/год.};$$

після зневоднення

$$M_{\text{відх.}}^{\text{зн.}} = \frac{690 \cdot 14,2}{1\,000} = 9,8 \text{ т/добу};$$

$$M'_{\text{відх.}}^{\text{зн.}} = \frac{1\,000 \cdot 9,8 \cdot 2}{24} = 816,7 \text{ кг/год.};$$

Для ущільнення, пресування і передачі відходів у накопичувальну ємність передбачаємо преси гвинтові віджимні ПВОЕ 2000 2 виробництва НПФ «Екотон» (1 робочий і 1 резервний).

2.2 Обробка важких мінеральних осадів, затриманих пісковловлювачами

Пісковловлювачі призначені для виділення зі стічних вод важких мінеральних домішок; їх проєктують перед відстійниками.

Добовий обсяг осаду, що накопичується у пісковловлювачах, дорівнює

$$W_{\text{доб}}^n = \frac{N_{\text{нав}} \cdot q_{\text{ос}}}{1\,000}, \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (2.4)$$

де $q_{\text{ос}}$ – питома кількість піску, що накопичується у пісковловлювачах, л/добу·особу, приймають за таблицею 20 [1] (дод. Г) залежно від типу пісковловлювачів.

Річний обсяг піску, що затримується у пісковловлювачах, дорівнює

$$W_{\text{рік}}^n = \frac{365 \cdot N_{\text{нав}} \cdot q_{\text{ос}}}{1\,000}, \text{ м}^3/\text{год.} \quad (2.5)$$

Питома вага осаду, що затримується пісковловлювачами, становить $\rho_{\text{п}} = 1500 \text{ кг/м}^3$.

Маса осаду, який затримують пісковловлювачі, може бути визначена за формулою

$$M_n = \frac{\rho_n \cdot W_{\text{доб}}^n}{1\,000}, \text{ т/добу}. \quad (2.6)$$

Для зневоднення і підсушування осаду на великих станціях очищення стічних вод передбачають *піскові площадки*, що становлять карти з огорожувальними валиками висотою 1–2 м, обладнані шахтними водоскидами для відводу відстояної води. Виділена дренажна вода прямує в голову споруд.

Робоча площа піскових площадок залежить від навантаження на них і дорівнює

$$S_p = \frac{W_{\text{рік}}^n}{h_{\text{рік}}^n}, \text{ м}^2, \quad (2.7)$$

де $h_{\text{рік}}^n$ – річне навантаження на площадки, що дорівнює не більше $3 \text{ м}^3/\text{м}^2\text{·рік}$.

Загальна площа піскових площадок дорівнює

$$S_{\text{заг}} = (1,2 \dots 1,3) \cdot S_p, \text{ м}^2. \quad (2.8)$$

Приймають кількість площадок – не менше двох.

Більш раціональний метод обробки осаду з пісковловлювачів – відмивання, зневоднення і підсушування піску з подальшим використанням його в будівництві. Для цього можна використовувати спеціальні піскові бункери, пристосовані для наступного навантаження піску в автотранспорт.

Такі бункери розраховують на 1,5–5-добове зберігання піску. Для підвищення ефективності відмивання піску застосовують напірні гідроциклони діаметром 300 мм. Дренажна вода з бункерів і площадок повертається в канал перед пісковловлювачами.

Необхідний обсяг бункерів дорівнює

$$W_{\text{б}}^n = W_{\text{доб}}^n \cdot T, \text{ м}^3, \quad (2.9)$$

де T – тривалість зберігання піску в бункері, що дорівнює 1,5–5 діб.

Обсяг одного бункера дорівнює

$$w_{1\text{б}}^n = \frac{\pi}{4} \cdot \left[D^3 + \frac{D}{3} \cdot (D^2 + D + 1) \right], \text{ м}^3, \quad (2.10)$$

де D – діаметр бункера, що дорівнює 1,5–2 м.

Кількість бункерів

$$n_{\text{б}} = \frac{W_{\text{б}}^n}{w_{1\text{б}}^n}. \quad (2.11)$$

Кількість бункерів має бути не менше двох.

Приклад розрахунку

Добовий обсяг осаду, що накопичується у пісковловлювачах

$$W_{\text{доб}}^n = \frac{324\,977 \cdot 0,03}{1000} = 9,7 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Річний обсяг піску, що затримується в пісковловлювачах

$$W_{\text{рік}}^n = \frac{365 \cdot 324\,977 \cdot 0,03}{1\,000} = 3\,558,5 \text{ м}^3/\text{рік}.$$

Маса затримованого осаду

$$M_n = \frac{1500 \cdot 9,7}{1\,000} = 14,55 \text{ т/добу}.$$

Робоча площа піскових площадок

$$S_p = \frac{3\,558,5}{3} = 1\,186,2 \text{ м}^2.$$

Загальна площа піскових площадок

$$S_{\text{заг}} = 1,3 \cdot 1\,186,2 = 1\,542 \text{ м}^2.$$

Передбачаємо 2 піскові площадки розмірами 30 м × 30 м.

Необхідний обсяг бункерів

$$W_{\text{б}}^n = 9,7 \cdot 3 = 29,1 \text{ м}^3.$$

Обсяг одного бункера з діаметром 2 м

$$w_{1\text{б}}^n = \frac{3,14}{4} \cdot \left[2^3 + \frac{2}{3} \cdot (2^2 + 2 + 1) \right] \approx 10 \text{ м}^3.$$

Кількість бункерів

$$n_{\text{б}} = \frac{29,1}{10} = 3.$$

2.3 Обробка органічних осадів, що утворюються на очисних каналізаційних спорудах

2.3.1 Визначення кількості осадів

Концентрація забруднень у господарсько-побутових стічних водах визначають в такий спосіб:

$$C_i^{\Gamma/\Pi} = \frac{C_i \cdot 1000}{q_{\text{макс}}^{\text{доб}}}, \text{ мг/дм}^3, \quad (2.12)$$

де C_i – кількість забруднюючих речовин на одного мешканця, г/добу, визначають за таблицею 16 [1] (дод. Д);

$q_{\text{макс}}^{\text{доб}}$ – норма водоспоживання в населеному пункті, л/добу·особу.

Якщо на розглянуті очисні споруди надходить суміш побутових і виробничих стічних вод, загальна витрата стічних вод дорівнює

$$Q_{\text{mid}} = Q_{\text{mid}}^{\text{r/п}} + Q_{\text{mid}}^{\text{мп}}, \text{ м}^3/\text{добу}. \quad (2.13)$$

Концентрація забруднень суміші стічних вод складе

$$C_i = \frac{(C_i^{\text{r/п}} \cdot Q_{\text{mid}}^{\text{r/п}} + C_i^{\text{мп}} \cdot Q_{\text{mid}}^{\text{мп}})}{Q_{\text{mid}}}, \text{ мг/дм}^3. \quad (2.14)$$

Кількість осаду, що виділяється під час відстоювання за добу в первинних відстійниках, за сухою речовиною

$$Q_{\text{сух}} = \frac{C_{\text{ен}} \cdot E \cdot K}{10^6} \cdot Q_{\text{mid}}, \text{ т/добу}, \quad (2.15)$$

де K – коефіцієнт, що враховує збільшення обсягу осаду за рахунок великих фракцій суспензії, що не вловлюють при відборі проб; $K = 1,1-1,2$.

Витрата надлишкового активного мулу (за сухою речовиною) дорівнює

$$M_{\text{сух}} = \left[\frac{0,8 \cdot C_{\text{ен}} \cdot (1-E) + \alpha \cdot (L_a - b)}{10^6} \right] \cdot Q_{\text{mid}}, \text{ т/добу}, \quad (2.16)$$

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

b – винесення активного мулу з вторинних відстійників, мг/л;

L_a – БСК_{повн} стічних вод після прояснення мгО₂/л.

Витрата осаду і надлишкового активного мулу за беззольною речовиною дорівнює

$$Q_{\text{без}} = \frac{Q_{\text{сух}} \cdot (100 - P_g) \cdot (100 - S_{\text{mud}})}{100 \cdot 100}, \text{ т/добу}; \quad (2.17)$$

$$M_{\text{без}} = \frac{M_{\text{сух}} \cdot (100 - P'_g) \cdot (100 - S_{a \text{ mud}})}{100 \cdot 100}, \text{ т/добу}, \quad (2.18)$$

де P_g, P'_g – гігроскопічна вологість сирого осаду і надлишкового активного мулу; приймають 5–6 %;

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

Обсяг сирого осаду і надлишкового активного мулу визначають за формулами

$$V_{\text{ос}} = \frac{100 \cdot Q_{\text{сух}}}{(100 - P_{\text{ос}}) \cdot \rho_{\text{ос}}}, \text{ м}^3/\text{добу}; \quad (2.19)$$

$$V_{\text{мул}} = \frac{100 \cdot M_{\text{сух}}}{(100 - P_{\text{мул}}) \cdot \rho_{a \text{ mud}}}, \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (2.20)$$

де $P_{\text{ос}}$ – вологість сирого осаду, %; приймають 93–95 %;

$P_{\text{мул}}$ – вологість активного мулу, %; приймають для неущільненого мулу 99,2–99,7 %, для ущільненого – 97–98 %;

$\rho_{\text{ос}}, \rho_{a \text{ mud}}$ – щільність осаду і активного мулу, т/м³; для практичних розрахунків може бути прийнята такою, що дорівнює 1 т/м³.

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

– за сухою речовиною

$$B_{\text{сух}} = Q_{\text{сух}} + M_{\text{сух}}, \text{ т/добу}; \quad (2.21)$$

– за сухою беззольною речовиною

$$B_{\text{без}} = Q_{\text{без}} + M_{\text{без}}, \text{ т/добу}; \quad (2.22)$$

– за витратою суміші фактичної вологості

$$V_{\text{заг}} = V_{\text{ос}} + V_{\text{мул}}, \text{ м}^3/\text{добу}. \quad (2.23)$$

Середня вологість суміші дорівнює

$$P_{\text{сер}} = 100 \cdot \left(1 - \frac{B_{\text{сух}}}{V_{\text{заг}}}\right), \%. \quad (2.24)$$

Середня зольність

$$Z_{\text{сум}} = 100 \cdot \left[1 - \frac{B_{\text{без}}}{Q_{\text{сух}} \cdot (100 - P_g) / 100 + M_{\text{сух}} \cdot (100 - P'_g) / 100}\right], \%. \quad (2.25)$$

Приклад розрахунку

Концентрація завислих речовин у господарсько-побутових стічних водах

$$C_{\text{ен}}^{\text{г/п}} = \frac{65 \cdot 1000}{300} = 217 \text{ мг/дм}^3;$$

БСК_{повн} господарсько-побутових стічних вод

$$L_{\text{ен}}^{\text{г/п}} = \frac{75 \cdot 1000}{300} = 250 \text{ мг/дм}^3.$$

На очисні споруди, що розглядаються, надходить суміш господарсько-побутових і виробничих стічних вод. Загальна витрата стічних вод дорівнює

$$Q_{\text{mid}} = 72\,000 + 11\,000 = 83\,000 \text{ м}^3/\text{добу} = 3\,458,3 \text{ м}^3/\text{год.} = 960,65 \text{ л/с.}$$

Концентрація забруднень суміші стічних вод складе:

– за завислими речовинами

$$C_{\text{ен}} = \frac{(217 \cdot 72\,000 + 500 \cdot 11\,000)}{83\,000} = 254,5 \text{ мг/дм}^3;$$

– за БСК_{повн}

$$L_{\text{ен}} = \frac{(250 \cdot 72\,000 + 400 \cdot 11\,000)}{83\,000} = 270 \text{ мг/дм}^3.$$

За завданням ефект прояснення у первинних відстійниках ($E_{\text{зав}}$) становить 50 %, зниження БСК_{повн} суміші стічних вод ($E_{\text{БСК}}$) – 15 %. Тоді після первинного відстоювання концентрація забруднень суміші стічних вод складе

за завислими речовинами

$$C_{\text{cdr}} = (1 - E_{\text{зав}}) \cdot C_{\text{ен}} = (1 - 0,5) \cdot 254,5 = 127,25 \text{ мг/дм}^3;$$

за БСК_{повн}

$$L_a = (1 - E_{\text{БСК}}) \cdot L_{\text{ен}} = (1 - 0,15) \cdot 270 = 229,5 \text{ мг/дм}^3.$$

Витрата осадів у первинних відстійниках (за сухою речовиною)

$$Q_{\text{сух}} = \frac{254,5 \cdot 0,5 \cdot 1,1}{10^6} \cdot 83\,000 = 11,62 \text{ т/доб.}$$

Витрата надлишкового активного мулу (за сухою речовиною)

$$M_{\text{сух}} = \left[\frac{0,8 \cdot 254,5 \cdot (1 - 0,5) + 0,3 \cdot (229,5 - 15)}{10^6} \right] \cdot 83\,000 = 13,8 \text{ т/добу.}$$

Витрата осаду і надлишкового активного мулу за беззольною речовиною дорівнює

$$Q_{\text{без}} = \frac{11,62 \cdot (100 - 5) \cdot (100 - 27)}{100 \cdot 100} = 8,1 \text{ т/добу};$$

$$M_{\text{без}} = \frac{13,8 \cdot (100-5) \cdot (100-25)}{100 \cdot 100} = 9,8 \text{ т/добу.}$$

Обсяг сирого осаду

$$V_{\text{ос}} = \frac{100 \cdot 11,62}{(100-95) \cdot 1} = 232,4 \text{ м}^3/\text{добу.}$$

Обсяг надлишкового активного мулу:

неуцільненого

$$V_{\text{мул.н}} = \frac{100 \cdot 13,8}{(100-99,5) \cdot 1} = 2760 \text{ м}^3/\text{добу};$$

уцільненого в радіальних мулоуцільнювачах

$$V_{\text{мул.ущ.р}} = \frac{100 \cdot 13,8}{(100-97,3) \cdot 1} = 511,1 \text{ м}^3/\text{добу.};$$

уцільненого у вертикальних мулоуцільнювачах

$$V_{\text{мул.ущ.в}} = \frac{100 \cdot 13,8}{(100-98) \cdot 1} = 690,0 \text{ м}^3/\text{добу.}$$

Загальна витрата сирого осаду і надлишкового активного мулу на станції:
за сухою речовиною

$$B_{\text{сух}} = 11,62 + 13,8 = 25,42 \text{ т/добу};$$

за сухою беззольною речовиною

$$B_{\text{без}} = 8,1 + 9,8 = 17,9 \text{ т/добу};$$

за витратою суміші фактичної вологості

$$V_{\text{заг}} = V_{\text{ос}} + V_{\text{мул.н}} = 232,4 + 2760,0 = 2992,4 \text{ м}^3/\text{добу};$$

$$V_{\text{заг}}^1 = V_{\text{ос}} + V_{\text{мул.ущ.р}} = 232,4 + 511,1 = 743,5 \text{ м}^3/\text{добу};$$

$$V_{\text{заг}}^2 = V_{\text{ос}} + V_{\text{мул.ущ.в}} = 232,4 + 690,0 = 922,4 \text{ м}^3/\text{добу.}$$

Середня вологість суміші дорівнює:

сирого осаду і неуцільненого надлишкового активного мулу

$$P_{\text{сер}} = 100 \cdot \left(1 - \frac{25,42}{2992,4}\right) = 99,15 \%;$$

сирого осаду і активного мулу, уцільненого в радіальних мулоуцільнювачах

$$P_{\text{сер}}^1 = 100 \cdot \left(1 - \frac{25,42}{743,5}\right) = 96,6 \%;$$

сирого осаду і активного мулу, уцільненого у вертикальних мулоуцільнювачах

$$P_{\text{сер}}^2 = 100 \cdot \left(1 - \frac{25,42}{922,4}\right) = 97,2 \%.$$

Середня зольність суміші

$$Z_{\text{сум}} = 100 \cdot \left[1 - \frac{17,9}{11,62 \cdot \frac{(100-5)}{100} + 13,8 \cdot \frac{(100-5)}{100}}\right] = 25,9 \%.$$

2.3.2 Уцільнення осадів стічних вод

Уцільнення – найбільш простий метод зниження вологості та об'єму осадів, що підлягають подальшій обробці.

Як мулоуцільнювачі приймають вертикальні або радіальні відстійники, основні параметри яких наведені в *додатках Ж, И*.

Мулоуцільнювачі розраховують на максимальний годинний приплив надлишкового активного мулу, який може бути визначений за формулою

$$q_{\text{max}} = \frac{p_{\text{max}} \cdot Q_{\text{mid}}}{24 \cdot c}, \text{ м}^3/\text{Год}, \quad (2.26)$$

де p_{max} – максимальний приріст мулу з урахуванням сезонної нерівномірності, г/м³, який дорівнює

$$p_{max} = K_m \cdot P_i, \text{ г/м}^3, \quad (2.27)$$

де K_m – коефіцієнт сезонної нерівномірності приросту мулу, який дорівнює 1,3;

P_i – приріст мулу, який визначають залежно від ступеня очищення стічних вод

$$p_i = 0,8 \cdot C_{cdp} + K_g \cdot L_a, \text{ г/м}^3, \quad (2.28)$$

де C_{cdp} – концентрація завислих речовин в стічній воді, що надходить в аеротенк з первинного відстійника, мг/л;

K_g – коефіцієнт приросту; для міських і близьких до них за складом виробничих стічних вод $K_g = 0,3$; за умови очищення стічних вод в оксітенках величина K_g знижується до 0,25;

L_a – БСК_{повн} стічних вод, які надходять в аеротенки, мг/л;

C – концентрація надлишкового активного мулу, що надходить в мулоущільнювачі; за умови вологості $P_{en} = 99,6\%$ – $C = 4000$ г/м³.

Дані для розрахування гравітаційних мулоущільнювачів слід приймати відповідно до додатку Е.

Вертикальні мулоущільнювачі, що влаштовують на базі звичайних первинних вертикальних відстійників з центральною трубою, застосовують на станціях невеликої продуктивності (орієнтовно до 20 000 м³/добу).

Для вертикальних мулоущільнювачів висота проточної частини дорівнює

$$h = 3,6 \cdot V \cdot t, \text{ м}, \quad (2.29)$$

де V – швидкість руху рідини, мм/с; приймають за додатком Е;

t – тривалість ущільнення, год.; приймають за додатком Е.

Корисна площа поперечного перерізу мулоущільнювачів дорівнює

$$F_{кор} = \frac{q_p}{3,6 \cdot V_{o.z.}}, \text{ м}^2, \quad (2.30)$$

де q_p – максимальна витрата рідини, що відділяється в процесі ущільнення мулу за 1 годину, м³/год:

$$q_p = q_{max} \cdot \frac{P_{en} - P_{ex}}{100 - P_{ex}}, \text{ м}^3/\text{год.}, \quad (2.31)$$

де P_{en} – вологість мулу, який надходить, %;

P_{ex} – вологість ущільненого мулу, %; приймають за додатком Е;

$V_{o.z.}$ – швидкість руху рідини у зоні відстоювання вертикального мулоущільнювача, мм/с; приймають за додатком Е.

Площа поперечного перерізу центральної труби дорівнює

$$f_{тр} = \frac{q_{max}}{3600 \cdot V_{ц.тр.}}, \text{ м}^2, \quad (2.32)$$

де $V_{ц.тр.}$ – швидкість руху рідини у вертикальній трубі, м/с; $V_{ц.тр.}$ приймають 0,1 м/с.

Загальна площа мулоущільнювачів дорівнює

$$F_{заг} = F_{кор} + f_{тр}, \text{ м}^2. \quad (2.33)$$

Діаметр одного ущільнювача

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\text{заг}}}{\pi \cdot n}}, \text{ м}, \quad (2.34)$$

де n – кількість ущільнювачів.

Тривалість ущільнення надлишкового активного мулу визначають за формулою

$$T = \frac{h'}{3,6 \cdot V_{3,0}}, \text{ год.}, \quad (2.35)$$

де h' – розрахункова глибина проточної частини типового мулоущільнювача, м.

Час ущільнення мулу у вертикальних відстійниках складає 10–15 год (дод. Е).

Тривалість зберігання ущільненого мулу в муловій частини мулоущільнювача дорівнює

$$T_{\text{мул}} = \frac{W_{\text{мул}} \cdot n}{q_y}, \text{ год.}, \quad (2.36)$$

де $W_{\text{мул}}$ – обсяг мулової (конічної) частини типового відстійника, м³; (дод. Ж);
 q_y – годинна витрата ущільненого мулу, м³/год:

$$q_y = q_{\text{max}} \cdot \frac{100 - P_{\text{ен}}}{100 - P_{\text{ех}}}, \text{ м}^3/\text{год.} \quad (2.37)$$

Отримане значення $T_{\text{мул}}$ має відповідати рекомендованому часу ущільнення.

Для *радіальних мулоущільнювачів* необхідний обсяг мулоущільнювача дорівнює

$$W = q_{\text{max}} \cdot T, \text{ м}^3, \quad (2.38)$$

(тривалість ущільнення T приймають за *додатком Е*).

Кількість мулоущільнювачів дорівнює

$$n = \frac{W}{W_{3,0}}. \quad (2.39)$$

Навантаження на дзеркало мулоущільнювачів дорівнює

$$q_0 = \frac{q_{\text{max}}}{n \cdot \pi \cdot R^2}, \frac{\text{м}^3}{\text{м}^2 \cdot \text{год}}, \quad (2.40)$$

де R – радіус відстійника, м.

Навантаження має знаходитися в межах допустимого для радіальних мулоущільнювачів ($q_0 = 0,2-0,5 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$).

Визначають розрахункові витрати ущільненого мулу за його вологості 97,3 % за формулою (2.37) і максимальний обсяг рідини, що відділяється в процесі ущільнення за формулою (2.31).

Приклад розрахунку

Розрахунок вертикальних мулоущільнювачів

Так як вертикальні мулоущільнювачі, які влаштовують на базі звичайних первинних вертикальних відстійників з центральною трубою, застосовують на станціях невеликої продуктивності, то проведемо цей розрахунок на умовну витрату стічних вод, що дорівнює $Q_{\text{mid}} = 20\,000 \text{ м}^3/\text{добу}$.

Максимальний приріст мулу з урахуванням сезонної нерівномірності дорівнює

$$\rho_{max} = 1,3 \cdot (0,8 \cdot 127,25 + 0,3 \cdot 229,5) = 221,8 \text{ г/м}^3.$$

Максимальний годинний приплив надлишкового активного мулу дорівнює

$$q_{max} = \frac{221,8 \cdot 20\,000}{24 \cdot 4\,000} = 46,2 \text{ м}^3/\text{Год.}$$

Висота проточної частини мулоущільнювача

$$h = 3,6 \cdot 0,1 \cdot 10 = 3,6 \text{ м.}$$

Максимальна витрата рідини, що відділяється в процесі ущільнення мулу

$$q_p = 46,2 \cdot \frac{99,5 - 98,0}{100 - 98,0} = 34,65 \text{ м}^3/\text{Год.}$$

Корисна площа поперечного перерізу мулоущільнювача

$$F_{кор} = \frac{34,65}{3,6 \cdot 0,1} = 96,25 \text{ м}^2.$$

Площа поперечного перерізу центральної труби дорівнює

$$f_{тр} = \frac{46,2}{3600 \cdot 0,1} = 0,13 \text{ м}^2.$$

Загальна площа мулоущільнювача дорівнює

$$F_{зар} = 96,25 + 0,13 = 96,38 \text{ м}^2.$$

Діаметр одного ущільнювача

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 96,38}{3,14 \cdot 2}} = \sqrt{61,4} = 7,8 \text{ м.}$$

Приймаємо два вертикальних мулоущільнювачі діаметром 9 м, розрахункова глибина проточної частини мулоущільнювачів $h = 3,8$ м (дод. Ж).

Тривалість ущільнення надлишкового активного мулу

$$T = \frac{3,8}{3,6 \cdot 0,1} = 10,56 \text{ год.}$$

Отримане значення відповідає рекомендованому часу ущільнення мулу (для вертикальних мулоущільнювачів становить 10–15 год).

Годинна витрата ущільненого мулу

$$q_y = 46,2 \cdot \frac{100 - 99,5}{100 - 98,0} = 11,55 \text{ м}^3/\text{Год.}$$

Тривалість зберігання ущільненого мулу в мулової частини мулоущільнювача

$$T_{мул} = \frac{71,3 \cdot 2}{11,55} = 12,3 \text{ год.}$$

Отримане значення $T_{мул}$ відповідає рекомендованому часу ущільнення.

Перевірочний розрахунок показав, що обраний тип відстійників може бути використаний в якості мулоущільнювачів.

Розрахунок радіальних мулоущільнювачів

Максимальний приріст мулу з урахуванням сезонної нерівномірності дорівнює

$$\rho_{max} = 1,3 \cdot (0,8 \cdot 127,25 + 0,3 \cdot 229,5) = 221,8 \text{ г/м}^3.$$

Максимальний годинний приплив надлишкового активного мулу дорівнює

$$q_{max} = \frac{221,8 \cdot 83\,000}{24 \cdot 4\,000} = 191,8 \text{ м}^3/\text{Год.}$$

Необхідний обсяг мулоущільнювачів дорівнює

$$W = 191,8 \cdot 11 = 2109,8 \text{ м}^3.$$

Як мулоущільнювачі приймаємо вторинні радіальні відстійники діаметром 18 м з об'ємом зони відстоювання одного відстійника $W_{з.в.} = 788 \text{ м}^3$ і об'ємом

мулової зони $W_{\text{мул}} = 160 \text{ м}^3$ (дод. II).

Кількість мулоущільнювачів дорівнює

$$n = \frac{2109,8}{788} = 2,7.$$

Приймаємо три мулоущільнювачі.

Навантаження на дзеркало мулоущільнювача дорівнює

$$q_o = \frac{191,8}{3 \cdot 3,14 \cdot 9^2} = 0,25 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^2 \cdot \text{год}}.$$

Навантаження знаходиться в межах допустимого для радіальних мулоущільнювачів ($q_o = 0,2-0,5 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$).

Розрахункова витрата ущільненого мулу за його вологості 97,3 %

$$q_y = 191,8 \cdot \frac{100-99,5}{100-97,3} = 35,5 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Максимальний об'єм рідини, що відділяється в процесі ущільнення,

$$q_{жс} = 191,8 \cdot \frac{99,5-97,3}{100-97,3} = 156,3 \text{ м}^3/\text{год}.$$

2.3.3 Стабілізація осадів

Для анаеробного зброджування осадів міських стічних вод застосовують метантенки з метою стабілізації і отримання газу бродіння, який містить метан.

Для зброджування осадів у метантенках приймають мезофільний ($t = 33 \text{ }^\circ\text{C}$) або термофільний ($t = 53 \text{ }^\circ\text{C}$) режим. Вибір режиму зброджування слід проводити з урахуванням методів подальшої обробки та утилізації осадів, а також санітарних вимог.

Визначення ємності метантенків проводять залежно від фактичної вологості осаду за добовою дозою завантаження (дод. K); для осадів виробничих стічних вод – на підставі експериментальних даних.

За наявності в стічних водах ПАР прийняту добову дозу завантаження слід перевіряти за формулою:

$$D_{\text{mt}} = \frac{10 \cdot D_{\text{lim}}}{C_{\text{dt}} \cdot (100 - P_{\text{mud}})}, \quad \% \quad (2.41)$$

де D_{lim} – гранично допустиме завантаження робочого об'єму метантенка на добу, $\text{г}/\text{м}^3$, яку приймають:

40 – для алкілбензолсульфатів з прямим алкильним ланцюгом;

85 – для інших «м'яких» і проміжних аніонних ПАР;

65 – для аніонних ПАР в побутових стоках;

C_{dt} – вміст ПАР в осаді, $\text{мг}/\text{г}$ сухої речовини осаду, приймають за експериментальними даними;

P_{mud} – вологість завантаженого осаду, %.

Якщо розрахована добова доза D_{mt} виявиться меншою від зазначеної в додатку K, то обсяг метантенка слід визначати за отриманим значенням; якщо дорівнює або перевищує зазначену – за табличними даними.

Вологість осаду, що вивантажується з метантенка, слід приймати залежно від завантаження компонентів за сухою речовиною з урахуванням розпаду беззольної речовини.

Розпад беззольної речовини осаду, що завантажується, залежно від дози завантаження визначають за формулою

$$R_r = R_{lim} - K_r \cdot D_{mt}, \% \quad (2.42)$$

де R_{lim} – максимально можливе зброджування беззольної речовини осаду, що завантажується, %:

$$R_{lim} = (0,92 \cdot C_{fat} + 0,62 \cdot C_{gl} + 0,34 \cdot C_{prt}) \cdot 100, \% \quad (2.43)$$

де C_{fat}, C_{gl}, C_{prt} – відповідно вміст жирів, вуглеводів і білків в 1 г беззольної речовини осаду, який визначається шляхом аналізу;

K_r – коефіцієнт, що залежить від вологості осаду (дод. Л).

За відсутності даних про хімічний склад осаду величину R_{lim} допускається приймати

– для осади з первинних відстійників – $R_{lim.oc} = 53$ %;

– для надлишкового активного мулу – $R_{lim. мул} = 44$ %;

– для суміші осаду з активним мулом – за середньоарифметичним співвідношенням компонентів, які змішують, за беззольною речовиною:

$$R_{lim} = \frac{R_{lim.oc} \cdot Q_{без} + R_{lim. мул} \cdot M_{без}}{B_{без}}, \% \quad (2.44)$$

Розрахунковий обсяг метантенків дорівнює

$$V_{mt} = \frac{V_{заг} \cdot 100}{D_{mt}}, \text{ м}^3 \quad (2.45)$$

До установки слід приймати сталеві метантенки корисним об'ємом 1 100 – 2 500 – 5 000 – 9 000 м³ або залізобетонні, конструктивні розміри яких наведені в додатку М.

Фактичний обсяг метантенків як правило виявляється дещо більшим або меншим необхідного, у зв'язку з чим фактична доза завантаження відповідно знижується або підвищується до значення

$$D'_{mt} = \frac{V_{заг} \cdot 100}{V'_{факт.}}, \% \quad (2.46)$$

Кількість беззольної речовини, яка розпалася, дорівнює

$$B_{розп} = B_{без} \cdot R_r, \text{ т} \quad (2.47)$$

Розпад беззольних речовин призводить до зменшення маси сухої речовини і збільшення вологості осаду, до того ж сумарний об'єм суміші після зброджування практично не змінюється.

Масу беззольної речовини зброженого осаду розраховують за формулою

$$B'_{без} = \frac{B_{без} \cdot (100 - R_r)}{100}, \text{ т/добу} \quad (2.48)$$

Маса сухої речовини в зброженій суміші

$$B'_{сух} = (B_{сух} - B_{без}) + B'_{без}, \text{ т/добу} \quad (2.49)$$

Різниця ($B_{сух} - B_{без}$) є зольною частиною, яка не змінилася в процесі зброджування.

Вологість зброженої суміші визначають за формулою

$$P'_{сум} = 100 - \frac{B'_{сух}}{V_{заг}} \cdot 100, \% \quad (2.50)$$

Зольність збродженої суміші

$$Z'_{\text{сум}} = 100 - \frac{B'_{\text{без}} \cdot 10\,000}{B'_{\text{сух}} \cdot (100 - P_g'')}, \% \quad (2.51)$$

де P_g'' – гігроскопічна вологість збродженої суміші, що дорівнює 6 %.

Для прийому газу з метантенків використовують газгольдери. Відстань від газгольдера до котельні та інших приміщень має бути не менше 30 м і не менше висоти димової труби, до внутрішньомайданчикових доріг – не менше 20 м, відстань між газгольдерами – не менше $\frac{1}{2}$ суми їх діаметрів.

Вагову кількість газу, одержуваного під час зброджування, слід приймати 1 г на 1 г беззольної речовини, яка розпалася, завантаженого осаду. Питома вага газу $\rho_{\Gamma} = 1 \text{ кг/м}^3$, теплотворна здатність – $5\,000 \text{ ккал/м}^3$.

Питомий вихід газу

$$\Gamma_{\text{пит}} = \frac{R_r}{100 \cdot \rho_2}, \text{ м}^3/\text{кг}. \quad (2.52)$$

Сумарний вихід газу

$$\Gamma = \frac{R_r \cdot B'_{\text{без}} \cdot 1000}{100}, \text{ м}^3/\text{добу}. \quad (2.53)$$

Знімання газу з одного метантенка на добу

$$\Gamma_{\text{mt}} = \frac{\Gamma}{n_{\text{mt}}}, \text{ м}^3/\text{добу}. \quad (2.54)$$

Застосовують типові газгольдери, основні дані яких наведені в додатку Н.

Місткість газгольдерів розраховують на 2–4-годинний вихід газу (t_2); тиск газу під ковпаком 1,5–2,5 кПа (150–250 мм вод. ст.).

Місткість газгольдерів дорівнює

$$V_2 = \frac{\Gamma \cdot t_2}{24}, \text{ м}^3. \quad (2.55)$$

Газ, одержуваний в метантенках в результаті процесу зброджування осаду, використовують на енергетичні потреби каналізаційних станцій:

1) безпосередньо як пальне в котлах з газовими пальниками, для обігріву метантенків і опалення будівель очисних станцій і селищ при них. Цей спосіб використання газів є найпоширенішим;

2) в газових двигунах, що приводять у рух генератор, насоси і повітродувки.

Доцільно використовувати біогаз для створення необхідних умов зброджування в метантенках.

Витрату тепла на обігрів свіжого осаду в метантенках визначають за формулою

$$G_{\text{об}} = (1 + K) \cdot V_{\text{заг}} \cdot C_T \cdot (t_{36} - t_{\text{вк}}) \cdot 1\,000, \text{ ккал/добу}, \quad (2.56)$$

де K – коефіцієнт, що враховує втрати тепла через стінки, днище та перекриття метантенків; за ємності метантенка більш $1\,100 \text{ м}^3 \text{ К} = 0,1$;

C_T – теплоємність осаду, $4,19 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{К)}$;

t_{36} – температура в метантенку, яка залежить від обраного режиму зброджування, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{вк}}$ – температура осаду, який надходить, $^{\circ}\text{C}$.

Приймається охолодження осаду за добу на $1 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Компенсація тепловтрат всього обсягу дорівнює (за вирахуванням додавання свіжого осаду)

$$G_{\text{ок}} = (V_{\text{mt}}^{\text{факт}} - V_{\text{заг}}) \cdot 1\,000 \cdot 1, \text{ ккал/добу.} \quad (2.57)$$

Тоді загальна необхідна кількість тепла дорівнює

$$G_T = G_{\text{об}} + G_{\text{ок}}, \text{ ккал/добу.} \quad (2.58)$$

Необхідну розрахункову теплову потужність котельної установки з урахуванням ККД визначають за формулою

$$G_{\text{розр}} = \frac{G_T}{\eta}, \text{ ккал/добу,} \quad (2.59)$$

де η – ККД котельної установки, приймають рівним 0,7–0,8.

Необхідна розрахункова кількість пари за умови тепловіддачі 1 кг пара 550 ккал складе

$$G_n = \frac{G_{\text{розр}}}{550}, \text{ т/добу.} \quad (2.60)$$

Кількість тепла, що виділяється під час спалювання біогазу, за умови теплопровідної здатності газу 5000 ккал/м³ складе

$$G'_T = G \cdot 5\,000, \text{ ккал/добу.} \quad (2.61)$$

Під час порівняння значень $G_{\text{розр}}$ та G'_T можна зробити висновок про можливість в даному випадку компенсації витрат на підтримання необхідних умов збродження в метантенках за рахунок отримання тепла під час спалювання біогазу, що утворюється під час збродження осаду.

Метод *аеробної стабілізації осадів* полягає в тривалому аеруванні їх, в результаті якого відбувається розпад органічних беззольних речовин осаду, а органічні речовини, що залишилися, є стабільними, тобто нездатними до загнивання.

Для аеробної стабілізації слід передбачати споруди типу коридорних аеротенків.

Тривалість аерації при температурі 20 °С належить приймати:

- для неущільненого мулу – 2–5 діб;
- для суміші осаду первинних відстійників і неущільненого мулу – 6–7 діб;
- для суміші осаду і ущільненого активного мулу – 8–12 діб.

За більш високої температури осаду тривалість аеробної стабілізації належить зменшувати, а за меншої – збільшувати. За умови зміни температури на 10 °С тривалість стабілізації відповідно змінюється в 2,0–2,2 рази.

Ущільнення аеробно стабілізованого осаду слід передбачати або в окремо розташованих мулоущільнювачах, або в спеціально виділеній зоні всередині стабілізатора протягом не більше 5 год. Вологість ущільненого осаду має бути 96,5–98,5 %.

Вік мулу може бути підрахований за формулою

$$\tau = \frac{t_a \cdot a_a \cdot 1000}{C_{\text{сдп}} \cdot 24}, \text{ доба,} \quad (2.62)$$

де t_a – тривалість обробки стічної води в аеротенках, год;

a_a – доза мулу, г/л.

Час стабілізації *неущільненого активного мулу* в стабілізаторі

$$t_{\text{мул}} = \frac{[(8 \dots 10) + 0,02 \cdot (20 - T_a) \cdot (\tau + 5)]}{1,08^{20 - T_c}}, \text{ доба,} \quad (2.63)$$

де T_a – температура стічних вод в аеротенках, °С;
 T_c – температура активного мулу в аеробному стабілізаторі, °С.

Питома витрата кисню дорівнює

$$q_{\text{мул}} = \frac{0,96+0,016 \cdot \tau}{1+0,108 \cdot \tau} \text{ кг О}_2/\text{кг ОР.} \quad (2.64)$$

Необхідний об'єм аеробного стабілізатора дорівнює

$$V_{\text{ас}} = V_{\text{мул.н}} \cdot t_{\text{мул}}, \text{ м}^3, \quad (2.65)$$

($V_{\text{мул.н}}$ варто визначати за формулою (2.20)).

Далі визначають параметри типового стабілізатора [8] (дод. Р).

Необхідна кількість повітря дорівнює

$$D = \frac{q_{\text{мул}} \cdot S_o \cdot 1\,000}{K_1 \cdot K_2 \cdot K_T \cdot K_3 \cdot (C_p - C)}, \text{ м}^3/\text{м}^3 \text{ мулової суміші,} \quad (2.66)$$

де S_o – концентрація беззольної речовини у неущільненому мулі, який надходить на стабілізацію, кг/м³:

$$S_o = \frac{M_{\text{без}} \cdot 1\,000}{V_{\text{мул.н}}} \text{ кг/м}^3; \quad (2.67)$$

C – концентрація кисню в стабілізаторі, мг/л; $C = 1\text{--}2$ мг/л;

C_p – розчинність кисню повітря у воді, мг/л; залежить від температури, атмосферного тиску і глибини занурення аератора;

$C_p - C = 9,4$ мг/л;

K_1 – коефіцієнт, що враховує тип аератора; може бути визначений для дрібнопухирцевої аерації за [1, табл. В.6] залежно від співвідношення площ аерованої зони і стабілізатора; для середньопухирцевої і низьконапірної аерації $K_1 = 0,75$;

K_2 – коефіцієнт, що залежить від глибини занурення аераторів h_a , м; визначають за [1, табл. В.7]; за умови $h_a = 3$ м – $K_2 = 2,08$; за умови $h_a = 4$ м – $K_2 = 2,52$; за умови $h_a = 5$ м – $K_2 = 2,92$.

K_T – коефіцієнт, що враховує температуру стічних вод:

$$K_T = 1 + 0,02 \cdot (T_w - 20), \quad (2.68)$$

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

K_3 – коефіцієнт якості стічних вод; для стічних вод господарсько-побутової каналізації населеного пункту $K_3 = 0,85$; за наявності СПАР K_3 приймають залежно від співвідношення площ аерованої зони і стабілізатора за [1, таблиця В.8], для виробничих стічних вод – за дослідними даними (за їх відсутності допускається приймати $K_3 = 0,7$).

Під час розрахунку тривалості аеробної стабілізації суміші сирого осаду і неущільненого активного мулу необхідно визначити відношення беззольної речовини осаду до беззольної суміші за формулою

$$B = \frac{Q_{\text{без}}}{B_{\text{без}}}; \quad (2.69)$$

тоді період стабілізації активного мулу і сирого осаду дорівнює

$$t_c = t_{\text{мул}} + 2 \cdot B, \text{ доба.} \quad (2.70)$$

Питома кількість кисню для суміші осаду і мулу дорівнює

$$q_c = q_{\text{ил}} \cdot (1 + 0,4 \cdot B \cdot \sqrt{\tau}) \text{ кг О}_2/\text{кг БЗ.} \quad (2.71)$$

Необхідний обсяг стабілізатора дорівнює

$$V_c = V_{\text{сум}} \cdot t_c \text{ м}^3, \quad (2.72)$$

де $V_{\text{сум}}$ – обсяг осаду, що надходить в аеробний стабілізатор, тобто обсяг суміші сирого осаду і ущільненого активного мулу (формули (2.19) и (2.20)).

Концентрація беззольної речовини суміші сирого осаду і надлишкового ущільненого активного мулу дорівнює

$$S_o = \frac{B_{\text{без}}}{V_{\text{сум}}} \text{ кг/м}^3. \quad (2.73)$$

Далі визначають необхідну питому кількість повітря за формулою (2.66). Значення коефіцієнтів приймають відповідно до типу аерації, використовуваної в аеробному стабілізаторі.

Приклад розрахунку

Розрахунок метантенків

Приймаємо мезофільний режим зброджування при температурі 33 °С. Добову дозу завантаження осаду в метантенки при вологості осаду 97 % приймають $D_{mt} = 11 \%$ (дод. К).

Максимально можливе зброджування беззольної речовини осаду, що завантажуються, для суміші осаду з активним мулом

$$R_{\text{lim}} = \frac{53 \cdot 8,1 + 44 \cdot 9,8}{8,1 + 9,8} = 48,1 \%$$

Обсяг метантенків під час зброджування суміші сирого осаду і ущільненого в радіальних відстійниках активного мулу

$$V_{\text{mt}} = \frac{743,5 \cdot 100}{11} = 6\,759,1 \text{ м}^3.$$

Для обробки осаду приймаємо три З/Б метантенки; корисний об'єм одного резервуара 2 500 м³ (дод. М).

Сумарний обсяг метантенків при цьому виявиться трохи більшим необхідного, в зв'язку з чим фактична доза завантаження знизиться до значення

$$D'_{mt} = \frac{743,5 \cdot 100}{3 \cdot 2500} \approx 10 \%$$

Розпад беззольної речовини

$$R_r = 48,1 - 0,46 \cdot 10 = 44,46 \%$$

Кількість беззольної речовини, що розпалася, дорівнює

$$B_{\text{розп}} = B_{\text{без}} \cdot R_r = 17,9 \cdot 0,4446 = 7,96 \text{ т.}$$

Маса беззольної речовини зброженого осаду

$$B'_{\text{без}} = \frac{17,9 \cdot (100 - 44,46)}{100} = 9,94 \text{ т/добу.}$$

Маса сухої речовини в зброженій суміші

$$B'_{\text{сух}} = (25,42 - 17,9) + 9,94 = 17,46 \text{ т/добу.}$$

Вологість зброженої суміші

$$P'_{\text{сум}} = 100 - \frac{17,46}{743,5} \cdot 100 = 97,65\%$$

Зольність зброженої суміші

$$Z'_{\text{сум}} = 100 - \frac{9,94 \cdot 10\,000}{17,46 \cdot (100 - 6)} = 39,44\%$$

Розрахунок газгольдерів

Питомий вихід газу

$$\Gamma_{\text{пит}} = \frac{44,46}{100 \cdot 1} = 0,4446 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

Сумарний вихід газу

$$\Gamma = \frac{44,46 \cdot 17,9 \cdot 1000}{100} = 7958,34 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Знімання газу з одного метантенка на добу

$$\Gamma_{\text{mt}} = \frac{7958,34}{3} = 2652,8 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Місткість газгольдерів дорівнює

$$V_z = \frac{7958,34 \cdot 3}{24} = 994,8 \text{ м}^3.$$

Застосовуємо 3 типових газгольдера об'ємом по 300 м³ кожний (дод. Н), що забезпечить збір газу за 2,7 години.

Витрата тепла на обігрів свіжого осаду в метантенках визначається за формулою

$$G_{\text{об}} = (1 + 0,1) \cdot 743,5 \cdot 4,19 \cdot (33-15) \cdot 1000 = 61682,2 \text{ тис. ккал/добу}.$$

Компенсація тепловтрат всього обсягу (за вирахуванням додавання свіжого осаду)

$$G_{\text{ох}} = (7500 - 743,5) \cdot 1000 \cdot 1 = 6756,5 \text{ тис. ккал/добу}.$$

Загальна необхідна кількість тепла

$$G_T = 61682,2 + 6756,5 = 68438,7 \text{ тис. ккал/добу}.$$

Необхідну розрахункову теплову потужність котельної установки з урахуванням ККД визначають за формулою

$$G_{\text{розр}} = \frac{68438,7}{0,8} = 85548,4 \text{ тис. ккал/добу}.$$

Необхідна розрахункова кількість пари за тепловіддачі 1 кг пари 550 ккал складе

$$G_n = \frac{85548,4}{550} = 155,5 \text{ т/добу}.$$

Кількість тепла, що виділяється під час спалювання біогазу, за теплопровідної здатності газу 5000 ккал/м³ складе

$$G'_T = 2652,8 \cdot 5000 = 13264 \text{ тис. ккал/добу}.$$

За умови, що $G_{\text{расч}} > G'_T$ можна зробити висновок про те, що під час спалювання газу, що утворюється в метантенках, одержуваного тепла повною мірою недостатньо для підтримки мезофільних умов, але можна компенсувати близько 20 % витрат.

Розрахунок аеробних стабілізаторів

Розрахуємо такі варіанти:

- 1) аеробна стабілізація неущільненого активного мулу;
- 2) аеробна стабілізація суміші сирого осаду і неущільненого активного мулу.

Вік мулу

$$\tau = \frac{5,4 \cdot 2 \cdot 1000}{127,25 \cdot 24} = 3,5 \text{ діб}.$$

Час стабілізації *неуцільненого активного мулу* в стабілізаторі

$$t_{\text{мул}} = \frac{[8+0,02 \cdot (20-18) \cdot (3,5+5)]}{1,08^{20-15}} = 5,7 \text{ діб.}$$

Питома витрата кисню

$$q_{\text{мул}} = \frac{0,96+0,016 \cdot 3,5}{1+0,108 \cdot 3,5} = 0,74 \text{ кг O}_2/\text{кг ОР.}$$

Необхідний обсяг аеробного стабілізатора

$$V = 2760 \cdot 5,7 = 15732 \text{ м}^3.$$

Як стабілізатори приймаємо типові аеротенки-витиснювачі чотирьохкоридорні, 2 секції. Розміри одного коридору: ширина 6 м, робоча глибина 4,4 м, тоді довжина – 75 м (дод. Р).

Концентрація беззольної речовини у *неуцільненому мулі*, який надходить на стабілізацію

$$S_o = \frac{9,8 \cdot 1\,000}{2760} = 3,55 \text{ кг/м}^3.$$

Коефіцієнт, що враховує температуру стічних вод

$$n_1 = 1 + 0,02 \cdot (25 - 20) = 1,1.$$

Необхідна кількість повітря

$$D = \frac{0,74 \cdot 3,55 \cdot 1\,000}{0,75 \cdot 2,52 \cdot 1,1 \cdot 0,85 \cdot 9,4} = 158,2 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Під час розрахунку тривалості аеробної стабілізації *суміші сирого осаду і неуцільненого активного мулу* необхідно визначити відношення беззольної речовини осаду до беззольної суміші

$$B = \frac{8,1}{17,9} = 0,45.$$

Період стабілізації активного мулу і сирого осаду

$$t_c = 5,7 + 2 \cdot 0,45 = 6,6 \text{ доби.}$$

Питома кількість кисню для суміші осаду і мулу

$$q_c = 0,74 \cdot (1 + 0,4 \cdot 0,45 \cdot \sqrt{3,5}) \approx 1 \text{ кг O}_2/\text{кг БЗ.}$$

Необхідний обсяг стабілізатора

$$V_c = 2\,992,4 \cdot 6,6 = 19\,749,84 \text{ м}^3.$$

Як стабілізатори приймаємо типові аеротенки-витиснювачі чотирьохкоридорні, 5 секцій. Розміри одного коридору: ширина 4,5 м, робоча глибина 4,4 м, тоді довжина – 50 м (дод. Р).

Концентрація беззольної речовини суміші сирого осаду і надлишкового уцільненого активного мулу

$$S_o = \frac{17,9 \cdot 1\,000}{2992,4} \approx 6 \text{ кг/м}^3.$$

Необхідна питома кількість повітря

$$D = \frac{1,0 \cdot 6,0 \cdot 1\,000}{0,75 \cdot 2,92 \cdot 1,1 \cdot 0,85 \cdot 9,4} = 3\,11,7 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

2.3.4 Кондиціонування осадів

Для поліпшення вологовіддачі осадів необхідно змінити структуру їх твердої фази шляхом коагуляції хімічними реагентами, або введенням присадних матеріалів, заморожуванням з подальшим розморожуванням, тепловою обробкою.

Проведення зазначених операцій, що отримало найменування кондиціонування осадів, викликає укрупнення частинок осадів і дисперсійного середовища, що послаблює силу зчеплення води з твердими частинками. Зміна структури осадів призводить до кількісного перерозподілу форм зв'язку вологи із збільшенням вмісту вільної води за рахунок зменшення загальної кількості зв'язаної вологи, що дозволяє досягти більш глибокого і швидкого їх зневоднення.

Зменшення питомого опору осадів фільтрації під час їх *промивання* досягають за рахунок видалення з них колоїдних і дрібнодисперсних частинок, а також зменшення лужності осадів.

Промивання осадів здійснюють біологічно очищеною стічною водою. Кількість промивної води слід приймати, м³/м³:

- для збродженого сирого осаду – 1,0–1,5;
- для збродженої в мезофільних умовах суміші сирого осаду і надлишкового активного мулу – 2–3;
- теж саме, в термофільних умовах – 3–4.

Промивання осаду здійснюють у двох або більше спеціальних резервуарах протягом 15–20 хв. при безперервному перемішуванні. Промивні резервуари повинні мати пристрої для видалення спливаючих домішок і випорожнення. Під час перемішування повітрям його витрата визначається з розрахунку 0,5 м³ на 1 м³ суміші.

Ущільнення суміші промитого осаду і відділення мулової води здійснюють у не менш ніж в двох радіальних (іноді – горизонтальних) мулоущільнювачах. Тривалість перебування суміші осаду і промивної води в робочій зоні мулоущільнювача приймають 12–18 і 20–24 год. відповідно для мезофільного і термофільного режимів зброджування; обсяг мулової частини мулоущільнювачів розраховують на зберігання там осаду вологістю 94–96 % протягом 2 діб.

У наш час широко застосовують простіше в експлуатації і високоефективне *хімічне кондиціонування* поліелектролітами (флокуляція) і зрідка – неорганічними електролітами (коагуляція).

Застосовувані в якості реагентів хлорне і сірчаноокисле залізо, а також вапно, вводять в осад у вигляді 10 %-вих розчинів, а флокулянти – у вигляді 0,1–0,15 %-вих розчинів. Дози реагентів визначають дослідним шляхом. Кондиціонування осадів зазвичай проводять перед зневодненням, так як осад після кондиціонування добре віддає воду.

Під час використання органічних флокулянтів необхідно використовувати обладнання, яке враховує непросту специфіку таких препаратів, що вимагають суворого поводження, як в процесі зберігання і розчинення, так і в процесі насосного транспортування. Головною умовою є отримання дозрілого однорідного розчину і подача в точку споживання спеціальними насосами, які за рахунок своєї конструкції не допускають механічного руйнування довголанцюгових молекул середовища.

Економія флокулянту і ефективність центрифугування осадів значною мірою залежать від повноти його розчинення. Для приготування робочого

розчину порошкоподібного флокулянта застосовують дві технологічні схеми:

- одностадійна – приготування розчину 0,1–0,15 %-вої концентрації;
- двостадійна – приготування розчину 0,5–1,0 %-вої концентрації та наступне її доведення (розбавлення) до робочої концентрації 0,1–0,15 %.

Ефективність процесу флокуляції багато в чому залежить від правильного вибору місця введення робочого розчину флокулянту і тривалості контакту його з осадам для досягнення повної флокуляції колоїдних частинок.

2.3.5 Зневоднення в природних умовах (сушіння на мулових площадках)

Прошування осаду може здійснюватися на мулових площадках з природною основою, які допускається проєктувати на природній основі з дренажем і без дренажу, на штучній асфальтобетонній основі з дренажем, каскадними з відстоюванням і поверхневим видаленням мулової води, площадки-ущільнювачі.

Навантаження осаду на мулові площадки, $\text{м}^3/\text{м}^2$ за рік, в районах із середньорічною температурою повітря 3–6 °С і середньорічною кількістю атмосферних опадів до 500 мм слід приймати відповідно до *додатку С*.

Під час проєктування мулових площадок слід приймати:

- робочу глибину карт – 0,7–1,0 м;
- висоту огорожувальних валів – на 0,3 м вище робочого рівня;
- ширину валів по верху – не менше 0,7 м, при використанні механізмів для ремонту земляних валів – 1,8–2,0 м;
- ухил дна розвідних труб або лотків – з розрахунку, але не менше 0,01;
- кількість карт – не менше чотирьох.

Під час проєктування мулових площадок на природній основі розміри карт і число випусків осаду на карту визначають виходячи з вологості осаду, дальності його розливу і способу збирання після підсихання. Дальність розливу осаду з вологістю близько 97 % може становити 75–100 м. При цьому доцільно будувати мулові майданчики розмірами 100 м × 100 м. Дальність розливу осаду з вологістю 93–95 % може складати 20–25 м, в цьому випадку ширина карт буде обмежена 40–50 м при двосторонньому напуску. Вузькі площадки кращі при плануванні на території, що має добре виражений ухил. Для осадів з питомим опором нижче $1\ 000 \cdot 10^{10}$ см/г допускається застосування мулових площадок з дренажем, при цьому навантаження приймають від 2 до 3 $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{рік})$.

Мулові площадки слід перевіряти на зимове заморожування, для якого допускається використання 80 % з площі (інші 20 % площі призначають для використання під час весняного танення замороженого осаду). Тривалість періоду заморожування має дорівнювати кількості днів із середньодобовою температурою повітря нижче 10 °С.

Кількість замороженого осаду допускається приймати такою, що дорівнює 75 % кількості вихідного осаду, поданого на мулові площадки за період заморожування. Висоту замороженого шару слід приймати на 0,1 м менше висоти огорожувального валу. Дно розвідних труб або лотків – вище горизонту заморожування.

Штучну дренавальну основу мулових площадок необхідно влаштувати з двох шарів асфальту $\delta = 0,015-0,025$ по щебенево-піщаній підготовці заввишки 0,1 м.

Під час проектування мулових площадок з відстоюванням і поверхневим відведенням мулової води варто приймати:

- кількість каскадів – 4–7;
- кількість карт в кожному каскаді – 4–8;
- корисну площу однієї карти від 0,25 до 2 га;
- ширину карт 30–100 м (при ухилах місцевості 0,004–0,08), 50–100 м (при ухилах місцевості 0,01–0,04), 60–100 м (при ухилах місцевості 0,01 та менше);
- довжину карт при нахилах місцевості вище 0,04 – 80–100 м, при нахилах місцевості 0,01 та менше – 100–250 м;
- відношення ширини до довжини 1:2 – 1:2,5;
- висоту огорожувальних валів і насипів для доріг – до 2,5 м;
- робочу глибину карт – на 0,3 м менше висоти огорожувальних валів;
- напуски осаду: за умови 4 карт у каскаді – на 2 перші карти, за умови 7–8 карт – на 3–4 перші карти;
- перепуски мулової води – 30–50 % кількості зневоднюваного осаду.

Мулові площадки-ущільнювачі влаштовують робочої глибиною до 2 м у вигляді прямокутних карт-резервуарів з водонепроникними днищами і стінами. Для випуску мулової води, що виділяється під час відстоювання осаду, уздовж поздовжніх стін передбачають отвори, що перекривають шиберами.

Корисна площа мулових площадок дорівнює

$$F = \frac{V_{\text{заг}} \cdot 365}{h \cdot K}, \text{ м}^3, \quad (2.74)$$

де h – навантаження на мулові площадки, $\text{м}^3/\text{м}^2$ за рік; приймають за *додатком С* для зброженої суміші осадів первинних відстійників і активного мулу в термофільних умовах при середньорічній температурі повітря 3–6 °С і середньорічній кількості атмосферних осадів до 500 мм; $h = 1 \text{ м}^3/\text{м}^2$;

K – кліматичний коефіцієнт, який приймають за *додатком П*.

Додаткову площу мулових площадок, яку займають вали, дороги, рови, приймають такою

$$F_{\text{дод}} = K_1 \cdot F, \text{ м}^2, \quad (2.75)$$

де K_1 – коефіцієнт, що враховує 30 % площі на влаштування доріг і валів.

Тоді загальна площа мулових площадок

$$F_{\text{заг}} = F + F_{\text{дод}}, \text{ м}^3. \quad (2.76)$$

Мулові площадки перевіряють на зимове наморожування за кількістю днів з температурою 10 °С. Під наморожування має відводитися не більше 80 % корисної площі мулових площадок.

Висота шару наморожування залежить від кліматичних умов

$$h_1 = \frac{M \cdot t \cdot K_3}{F \cdot K_2}, \text{ м}, \quad (2.77)$$

де t – період наморожування (*дод. П*), доба;

K_2 – коефіцієнт, що враховує частину площі, що відводиться під зимове наморожування; $K_2 = 0,8$;

K_3 – коефіцієнт, що враховує зменшення обсягу осаду внаслідок зимової фільтрації і випаровування; $K_3 = 0,75$.

Дренаж на мулових площадках приймають з перфорованих азбестоцементних труб діаметром 150 мм, які закладають в траншеї шириною 1 м, заповнені щебенем або гравієм розміром 5–15 мм. Відстань між дренажними трубами – 6 м, нахил – $i = 0,002$. Мулова вода відводиться в початок очисних споруд.

Обсяг підсушеного осаду (вологість 80 %) за рік дорівнює

$$W_n = M \cdot 365 \cdot \frac{100 - P_{\text{вих}}}{100 - 80}, \text{ м}^3. \quad (2.78)$$

Прибирання підсушеного осаду проводять екскаватором з подальшим вантаженням осаду на самоскиди.

Приклад розрахунку

Корисну площу мулових площадок визначають за формулою

$$F = \frac{743,5 \cdot 365}{1 \cdot 1,1} = 246\,707 \text{ м}^2.$$

Приймаємо карти розмірами 100 м × 100 м, тоді площа кожної карти 10 000 м², а їх кількість буде такою

$$\frac{246\,707}{10\,000} \approx 24 \text{ од.}$$

Додаткову площу мулових площадок, яку займають валики, дороги, канави, приймають такою

$$F_{\text{дод}} = 0,3 \cdot 246\,707 = 74\,012 \text{ м}^2.$$

Тоді загальна площа мулових площадок

$$F_{\text{заг}} = 246\,707 + 74\,012 = 320\,719 \text{ м}^2.$$

Висота шару наморожування

$$h_1 = \frac{743,5 \cdot 25 \cdot 0,75}{246\,707 \cdot 0,8} = 0,07 \text{ м.}$$

Обсяг підсушеного осаду (вологість 80 %) за рік дорівнює

$$W_n = 743,5 \cdot 365 \cdot \frac{100 - 97,6}{100 - 80} = 32\,565,3 \text{ м}^3.$$

2.3.6 Механічне зневоднення осадів

Зневоднення осадів стічних вод на мулових площадках для очисних споруд середньої і великої продуктивності часто виявляється неможливим через відсутність вільних земельних площ. Тому на таких станціях застосовують механічне зневоднення осадів на вакуум-фільтрах, фільтр-пресах, центрифугах або інших апаратах.

Реагенти для кондиціонування осадів вводять безпосередньо перед подачею осаду на механічне зневоднення (перед фільтр-пресами, центрифугами).

Розрахунок і вибір устаткування для зневоднення осадів за допомогою центрифугування або під час використання фільтр-пресів виконують у наступній послідовності.

Час роботи цеху приймають 16–20 год, решта часу призначена для технічного обслуговування обладнання.

Залежно від продуктивності цеху та передбачуваного обладнання вибирають кількість робочих одиниць обладнання. Вибір того чи іншого

варіанту здійснюють з урахуванням конкретних умов роботи станції після визначення і порівняння для різних варіантів технічних і економічних параметрів роботи.

Кількість резервного обладнання приймають згідно з п. 10.7.10 [1]:

– фільтр-пресів при кількості робочих одиниць до трьох – 1, від чотирьох і більше – 2;

– центрифуг при кількості робочих одиниць до двох – 1, трьох і більше – 2.

Розрахункова кількість осаду, який переробляється апаратами, складе

$$Q_{oc} = N_1 \cdot Q_1 + N_2 \cdot Q_2 + \dots, \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (2.79)$$

де N_1, N_2 – кількість робочих апаратів з продуктивністю відповідно Q_1, Q_2 .

Кількість сухої речовини осаду можна визначити за формулою

$$Q_{сух.р} = \frac{Q_{oc} \cdot (100 - P_{oc})}{100}, \text{ т/добу}. \quad (2.80)$$

Кількість кеку, отриманого в результаті центрифугування, $\text{м}^3/\text{добу}$, визначають за формулою

$$Q_{кеку} = \frac{Q_{oc} \cdot (100 - P_k)}{100 - P_k}, \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (2.81)$$

де P_k – вологість кеку, який вивантажується з центрифуг, %; приймають за паспортними характеристиками апаратів або за результатами експериментальних даних.

Дозу флокулянту $D_{фл}$ визначають в лабораторних умовах дослідним шляхом залежно від питомого опору осаду. Необхідна кількість флокулянту складе

$$Q_{фл}^{доб} = D_{фл} \cdot Q_{сух.р}, \text{ кг/добу}. \quad (2.82)$$

При роботі цеху протягом t годин на добу витрата флокулянта на годину дорівнює

$$Q_{фл}^{год} = \frac{Q_{фл}^{доб}}{t}, \text{ кг/год}. \quad (2.83)$$

Необхідна кількість флокулянта за рік складе:

$$Q_{фл}^{рік} = Q_{фл}^{доб} \cdot 365, \text{ кг/рік}. \quad (2.84)$$

Кількість «материнського» розчину 1 %-вої концентрації складе:

$$Q_{1\%} = \frac{Q_{фл}^{доб} \cdot 100}{1000 \cdot 1}, \text{ м}^3/\text{добу}. \quad (2.85)$$

Кількість робочого розчину 0,15 %-вої концентрації складе:

$$Q_{0,15\%} = \frac{Q_{1\%} \cdot 1}{0,15}, \text{ м}^3/\text{добу}. \quad (2.86)$$

Кількість робочого 0,15 %-вого розчину флокулянта на 1 м^3 осаду складе:

$$q_{0,15\%} = \frac{Q_{0,15\%}}{Q_{oc}} \cdot 1000, \text{ л/м}^3 \cdot \text{добу}. \quad (2.87)$$

Приклад розрахунку

Під час проєктування цеху механічного зневоднення осадів з використанням центрифугування приймаємо для розрахунку такий варіант:

– час роботи цеху за добу – 20 годин;

– до установки приймаємо центрифуги виробництва «СВВ DECANter» типу CD40SI продуктивністю 18 м³/год (1 робоча) и CD40 продуктивністю 20 м³/год (1 робоча + 1 резервна);

– кондиціонування – хімічне, з використанням флокулянта на основі ПАА в кількості 5 кг на 1 т сухої речовини оброблюваного осаду.

Розрахункова кількість осаду, який переробляється центрифугами

$$Q_{ос} = 1 \cdot 360 + 1 \cdot 400 = 760 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Кількість сухої речовини осаду

$$Q_{сух.р} = \frac{760 \cdot (100 - 97,65)}{100} = 17,9 \text{ т/добу}.$$

Кількість кеку, отриманого в результаті центрифугування

$$Q_{кеку} = \frac{760 \cdot (100 - 97,65)}{100 - 70} = 59,5 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Необхідна кількість флокулянту

$$Q_{фл}^{доб.} = 5 \cdot 17,9 = 89,5 \text{ кг/добу}.$$

Витрата флокулянту за годину дорівнює

$$Q_{фл}^{год} = 89,5 / 20 = 4,5 \text{ кг/год}.$$

Необхідна кількість флокулянту за рік

$$Q_{фл}^{рік} = 89,5 \cdot 365 = 32\,667,5 \text{ кг/рік} = 32,7 \text{ т/рік}.$$

Кількість «материнського» розчину 1 %-вої концентрації

$$Q_{1\%} = \frac{89,5 \cdot 100}{1000 \cdot 1} = 8,95 \text{ м}^3/\text{добу} = 0,45 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Кількість робочого розчину 0,15 %-вої концентрації

$$Q_{0,15\%} = \frac{8,95 \cdot 1}{0,15} = 59,7 \text{ м}^3/\text{добу} \approx 3 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Кількість робочого 0,15 %-вого розчину флокулянту на 1 м³ осаду

$$q_{0,15\%} = \frac{59,7}{760} \cdot 1000 = 78,6 \text{ л/м}^3/\text{добу}.$$

Кількість робочого розчину на кожну центрифугу складе:

– для центрифуги типу CD40SI – 18 · 78,6 = 1 414,8 л/год;

– для центрифуги типу CD40 – 20 · 78,6 = 1 572 л/год.

Результати проведених розрахунків наведені в таблицях 2.1 та 2.2.

Таблиця 2.1 – Параметри прийнятих центрифуг

Кількість центрифуг (робоч. + резервн.)		Продуктивність		Кількість кеку P = 70 %, м ³ / добу	Кількість кеку з центрифуги, м ³ /год
		за осадом P = 97,6 %, м ³ / добу	за сухою речовиною осаду, т/добу		
CD40SI	1 + –	760	17,9	59,5	1,4
CD40	1 + 1				1,6

Таблиця 2.2 – Витрата флокулянту

Витрата флокулянту			
За сухим продуктом за умови Д = 5 кг/т, кг/добу	«Материнський розчин 1,0 %, м ³ /добу	Робочий розчин 0,15%, м ³ /добу	Кількість 0,15 %-вого розчину на 1 м ³ осаду, л/м ³
89,5	8,95	59,7	78,6

Під час проектування механічного зневоднення осаду необхідно передбачити *аварійні мулові площадки* на 20 % річної кількості осаду і *площадки для зберігання механічно зневодненого осаду* в обсязі 3–4-місячного виробництва.

Розрахунок виконуємо на загальну витрату осаду:
для аварійних мулових площадок

$$V_{ав} = (743,5 \cdot 365) \cdot 0,2 = 54\,275,5 \text{ м}^3;$$

для механічно зневодненого осаду

$$V_{об} = 59,7 \cdot 30 \cdot 3 = 5\,373,0 \text{ м}^3;$$

загальна кількість осаду

$$V' = 54\,275,5 + 5\,373,0 = 59\,648,5 \text{ м}^3.$$

Корисна площа мулових площадок

$$F = \frac{59\,648,5}{1 \cdot 1,1} = 54\,226 \text{ м}^2.$$

Приймають карти розмірами 50 м × 100 м, тоді площа кожної карти 5 000 м², а їхня кількість буде такою

$$\frac{54\,226}{5\,000} \approx 12 \text{ од.}$$

Додаткова площа мулових площадок, яку займають валики, дороги, канами, дорівнює

$$F_{дод} = 0,3 \cdot 54\,226 = 16\,267,8 \text{ м}^2.$$

Тоді загальна площа мулових площадок

$$F_{заг} = 54\,226,0 + 16\,267,8 = 70\,493,8 \text{ м}^2.$$

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування : ДБН В.2.5-75:2013 / Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – Київ, 2013. – 210 с.
2. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування : ДБН В.2.5 – 74:2013 / Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – Київ, 2013. – 287 с.
3. Долина Л. Ф. Реконструкція систем водопостачання та водовідведення : монографія / Л. Ф. Долина, П. Б. Машихіна, В. А. Козачина. – Дніпро : Журфонд, 2021. – 220 с.
4. Ковальчук В. А. Очистка стічних вод : навч. посібник / В. А. Ковальчук. – Рівне : Рівненська друкарня, 2003. – 622 с.
5. Дрозд Г. Я. Техничко-екологические записки по проблеме утилизации осадков городских и промышленных сточных вод / Г. Я. Дрозд, Н. И. Зотов, В. Н. Маслак. – Донецк : ИЭП НАН Украины, 2001. – 340 с.
6. Терещук А. И. Исследование и переработка осадков сточных вод / А. И. Терещук. – Львов : Вища школа, 1988. – 146 с.
7. Кравченко В. С. Водопостачання та каналізація / В. С. Кравченко. – Київ : Кондор, 2003. – 288 с.
8. Канализация населённых мест и промышленных предприятий / Н. И. Лихачев, И. И. Ларин, С. А. Хаскин и др. ; Под общ. ред. В. Н. Самохина. (Справочник проектировщика). – М. : Стройиздат, 1981. – 639 с.
9. Епоян С. М. Водовідведення і очищення стічних вод міста: навч. посібник / С. М. Епоян, Г. М. Смірнова, І. В. Корінько, С. П. Пашкова. – Харків : Видавнича група «РА Каравела», 2003. – 144 с.
10. Долина Л. Ф. Проектирование станций очистки сточных вод населенного пункта / Л. Ф. Долина. – Днепропетровск : ДИИТ, 2002. – 144 с.
11. Реконструкція і інтенсифікація споруд водопостачання та водовідведення : навчальний посібник / О. А. Василенко, П. О. Грабовський, Г. М. Ларкіна, А. В. Поліщук, В. Й. Прогульний. – Київ – Одеса, КНУБА, ОДАБА, 2007. – 299 с.
12. Природоохоронні технології : навч. посібник. Ч. 3: Методи переробки осадів стічних вод / В. Г. Петрук, І. В. Васильківський, І. І. Безвозюк, Р. В. Петрук, П. М. Турчик. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 324 с.
13. Шквірко О. М. Адаптація світового досвіду утилізації осадів стічних вод до екологічних умов України / О. М. Шквірко, І. С. Тимчук, М. С. Мальований. Електронні текстові дані. – Режим доступу: <http://surl.li/adjml>, вільний (дата звернення 01.09.2021). – Назва з екрана.
14. Зневоднення та згущення осаду стічних вод. Flottweg [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://surl.li/adjlu>, вільний (дата звернення 01.09.2021). – Назва з екрана.
15. ECODEVELOP: Біогазові комплекси [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ecodevelop.ua>, вільний (дата звернення 01.09.2021). – Назва з екрана.
16. Свірідова В. А. Основні проблеми утилізації осадів стічних вод / В. А. Свірідова, О. В. Медведєва [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://surl.li/adjmk>, вільний (дата звернення 01.09.2021). – Назва з екрана.

ДОДАТОК А

Зразок оформлення титульного аркуша РГР

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Кафедра водопостачання, водовідведення і очищення вод

РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА

з дисципліни «Технологія переробки та утилізації осадів»

на тему «Обробка осадів стічних вод»

Студента 1 курсу гр. _____

Спеціальності _____

(прізвище та ініціали)

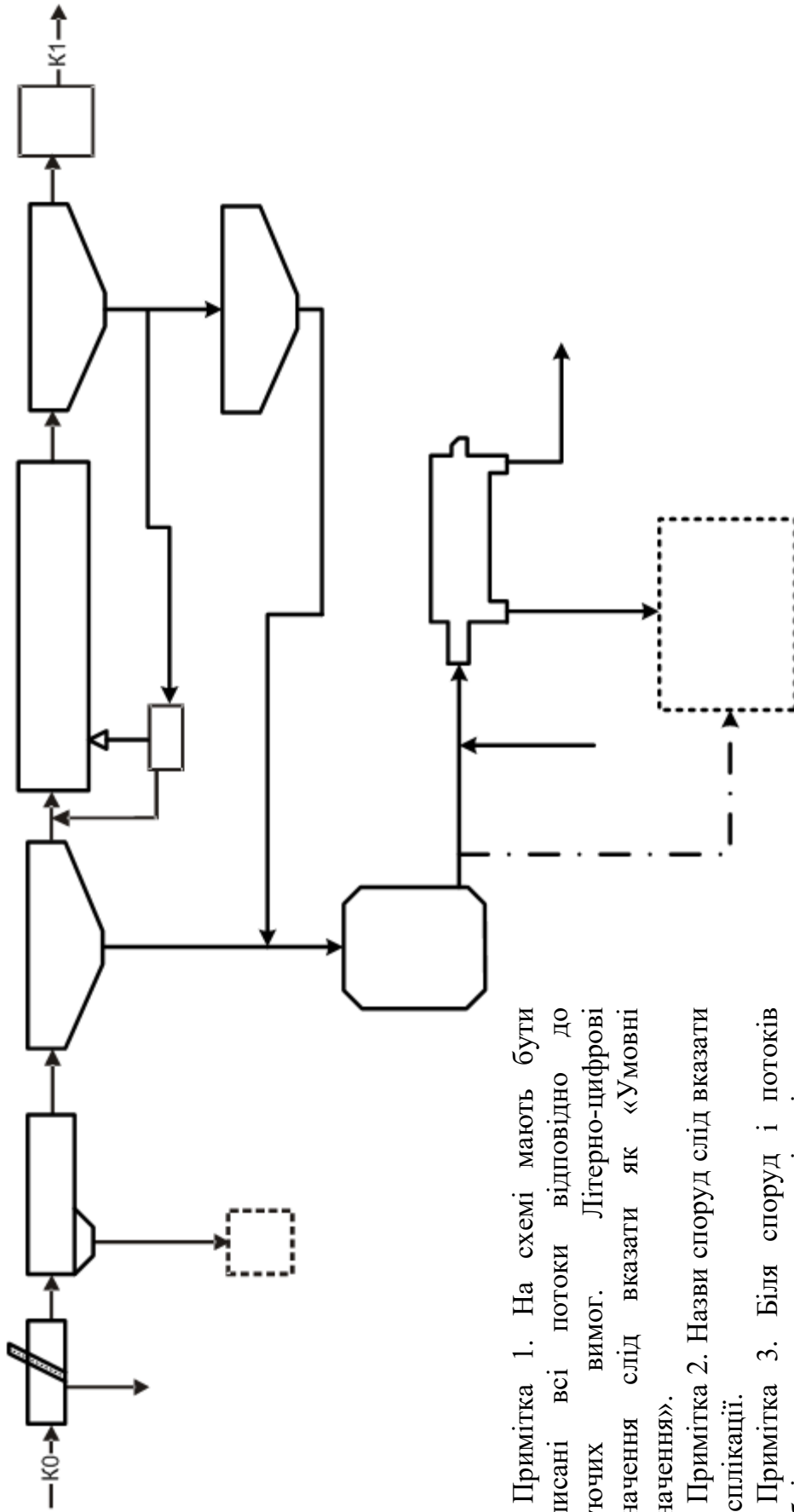
Керівник: доц. К. Б. Сорокіна

Національна шкала _____

Кількість балів: ____ Оцінка: ____ ECTS ____

Харків – 2021

ДОДАТОК Б



Примітка 1. На схемі мають бути підписані всі потоки відповідно до існуючих вимог. Літерно-цифрові позначення слід вказати як «Умовні позначення».

Примітка 2. Назви споруд слід вказати в експлікації.

Примітка 3. Біля споруд і потоків необхідно вказати визначені під час проведених розрахунків параметри (витрати, кількості, концентрації, вологість, зольність і т.п.).

Рисунок Б.1 – Приклад технологічної схеми обробки стічних вод і осадів, що утворюються

ДОДАТОК В

Таблиця В.1 – Кількість забруднень, затримуваних решітками [1, таблиця 18]

Ширина прозорів решіток, мм	0,5	1	2	3	6	15	16
Обсяг відходів, л/рік на одного мешканця	45	34	26	22	16	10	8

ДОДАТОК Г

Таблиця Г.1 – Кількість і вологість піску, затримуваного пісковловлювачами [1, таблиця 20]

Тип пісковловлювача	Кількість затримуваного піску, л/добу на 1 мешканця	Вологість піску, %
Горизонтальний	0,02	60
Аерований	0,03	40
Тангенційний	0,02	60

ДОДАТОК Д

Таблиця Д.1 – Кількість забруднюючих речовин у побутових стічних водах, г/добу на 1 мешканця [1, таблиця 16]

Завислі речовини	65
БСК ₅ непроясної рідини	54
БСК _{полн} непроясної рідини	75
ХСК непроясної рідини	87
Азот загальний, в т.ч. азот амонійних солей	11 8
Фосфор загальний, в т.ч. фосфор фосфатів	1,8 1,44
Хлориди	9
ПАР	2,5

ДОДАТОК Е

Таблиця Е.1 – Параметри для розрахунку мулоущільнювачів

Характеристика надлишкового активного мулу	Вологість ущільненого активного мулу, %		Тривалість ущільнення, год.		Швидкість руху рідини у відстійній зоні вертикального ущільнювача, мм/с
	Ущільнювач				
	вертикальний	радіальний	вертикальний	радіальний	
Мулова суміш із аеротенків із концентрацією 1,5–3,0 г/л	–	97,3	–	5-8	–
Активний мул із вторинних відстійників із концентрацією 4 г/л	98	97,3	10-12	9-11	Не більше 0,1
Активний мул із зони відстоювання аеротенків-відстійників з концентрацією 4,5–6,5 г/л	98	97,0	16	12-15	Те ж

Додаток Ж

Таблиця Ж.1 – Основні параметри вертикальних первинних відстійників

Діаметр, м		Висота, м		Розрахунок глибина проточної частини, м	Площа, м ²			Об'єм, м ³	
відстійника	центральної труби	циліндричної частини	конічної частини		загальна	центральної труби	корисна	циліндричної частини	конічної частини
4,5	0,7	3,6	2,45	3,3	12,55	0,38	12,11	51,50	8,35
6	1,0	4,2	3,3	3,8	28,30	0,78	27,50	119,0	32,00
9	1,4	4,2	5,1	3,8	63,30	1,55	62,05	263,0	71,30

ДОДАТОК И

Таблиця И.1 – Основні параметри радіальних відстійників [8, таблиця 12.6]

Діаметр, м	Відстійник	Глибина, м		Об'єм зони, м ³	
		Н _г	Н _{з.в.}	мулової	відстійної
18	Первинний	3,4	3,1	120	788
18	Вторинний	3,7	3,1	160	788
24	Первинний	3,4	3,1	210	1 400
24	Вторинний	3,7	3,1	280	1 400
30	Первинний	3,4	3,1	340	2 190
30	Вторинний	3,7	3,1	440	2 190
40	Первинний	4,0	3,6	710	4 580
40	Вторинний	4,35	3,65	915	4 580

ДОДАТОК К

Таблиця К.1 – Добова доза завантаження осаду в метантенк [8, таблиця 36.3]

Режим зброджування	Добова доза завантажувального в метантенк осаду D_{mt} , %, за умови вологості осаду, %, не більше				
	93	94	95	96	97
Мезофільний	7	8	9	10	11
Термофільний	14	16	18	20	22

ДОДАТОК Л

Таблиця Л.1 – Дані для визначення коефіцієнту K_r [8, таблиця 36.3]

Режим зброджування	Значення коефіцієнту K_r за умови вологості завантажувального осаду, %				
	93	94	95	96	97
Мезофільний	1,05	0,89	0,72	0,56	0,40
Термофільний	0,455	0,385	0,31	0,24	0,17

ДОДАТОК М

Таблиця М.1 – Конструктивні розміри З/Б метантенків [8, таблиця 36.5]

Діа-метр, м	Корисний об'єм одного резервуара, м ³	Висота, м			Будівельний об'єм, м ³	
		верхнього конусу	циліндричної частини	нижнього конусу	будівлі обслуговування	кіоску газової мережі
12,5	1 000	1,9	6,5	2,15	652	100
15,0	1 600	2,35	7,5	2,6	2 035	112
17,5	2 500	2,5	8,5	3,05	2 094	136
20	4 000	2,9	10,6	3,5	2 520	174
18	6 000	3,15	18,0	3,5	2 700	170
22,6	8 000	4,45	16,3	3,7	2 000	170

ДОДАТОК Н

Таблиця Н.1 – Основні дані газгольдерів [8, таблиця 36.6]

Об'єм газгольдера, м ³	Внутрішній діаметр, мм		Висота, мм		
	резервуара	колокола	газгольдера	резервуара	колокола
100	7 400	6 600	7 450	3 450	3 400
300	9 300	8 500	12 500	5 920	6 880
600	11 480	10 680	15 400	7 390	7 610
1000	14 500	13 700	15 400	7 390	7 610
3000	21 050	20 250	20 100	9 800	9 900
6000	26 900	26 100	24 200	11 750	12 050

ДОДАТОК П

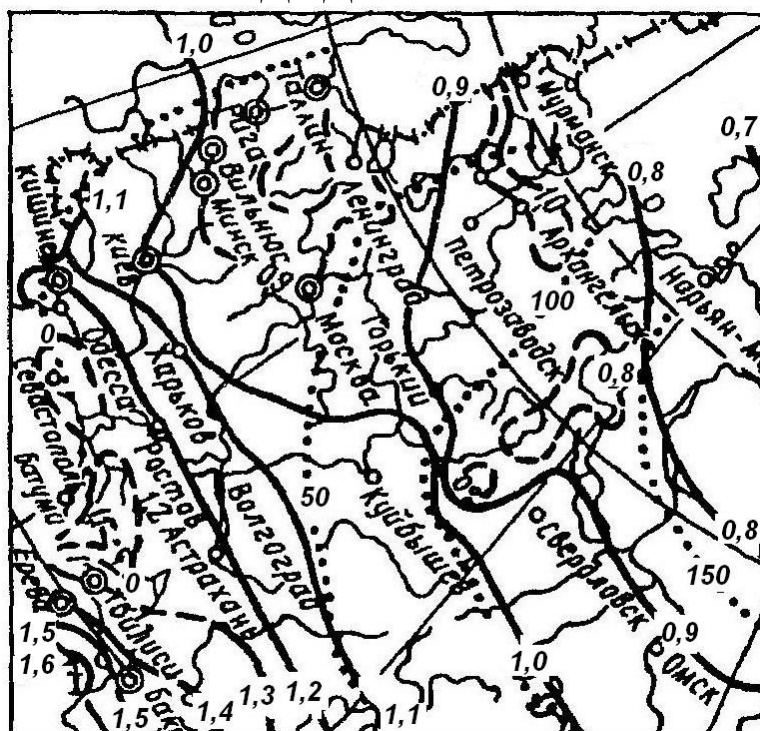


Рисунок П.1 – Кліматичні коефіцієнти для визначення величини навантаження на мулові площадки (суцільні і пунктирні лінії) і тривалості періоду наморожування на мулових площадках, дні (точкові лінії)

ДОДАТОК Р

Таблиця Р.1 – Основні параметри типових аеротенків-витиснювачів [8, таблиця 27.7]

Ширина коридору, м	Робоча глибина аеротенку, м	Кількість коридорів, м	Робочий об'єм однієї секції, м ³ , за її довжини, м						
			36 – 42	48 – 54	60 – 66	72 – 78	84 – 90	96 – 102	108 – 114
4,5	3,2	2	1 040 – 1 213	1 386 – 1 559	1 732				
		3	1 560 – 1 820	2 080 – 2 340	2 600				
		4	2 070 – 2 416	2 762 – 3 108	3 494 – 3 200				
	4,4	2	1 420 – 1 658	1 896 – 2 134	2 372				
		3	2 140 – 2 496	2 852 – 3 208	3 564				
		4	2 850 – 3 325	3 800 – 4 275	4 750 – 5 225				
6	4,4	2		2 530 – 2 847	3 154 – 3 471	3 788			
		3		3 800 – 4 275	4 750 – 5 225	5 700			
		4		5 700	5 334 – 6 968	7 602 – 8 230	6 870		
	5	2		2 880 – 3 240	3 600 – 3 960	4 230			
		3		4 320 – 4 860	5 400 – 5 940	6 480			
		4		6 500	7 220 – 7 940	8 666 – 9 380	10 100		
9	4,4	2				6 180	6 655 – 7 130	7 505 – 7 980	8 455
		3				9 270	9 983 – 10 696	11 409 – 12 122	12 835
		4					18 300	15 200 – 16 150	17 100 – 18 050
	5	2				7 020	7 560 – 8 100	8 640 – 9 180	9 720
		3				10 530	11 340 – 12 150	12 960 – 13 770	14 580
		4					15 120 – 16 200	17 280 – 18 360	19 440 – 20 520

ДОДАТОК С

Таблиця С.1 – Параметри для визначення навантаження на мулові площадки
[1, таблиця 24]

Характеристика осаду	Мулові площадки				
	на природній основі	на природній основі з дренажем	на штучній асфальтобетонній основі з дренажем	каскадні	площадки-ущільнювачі
Зброджена в мезофільних умовах суміш з первинних відстійників і активного мулу	1,2	1,5	2,0	1,5	1,5
Те саме, в термофільних умовах	0,8	1,0	1,5	1,0	1,0
Зброджений осад з первинних відстійників і осад з двоярусних відстійників	2,0	2,3	2,5	2,0	2,3
Аеробно стабілізована суміш активного мулу і осаду з первинних відстійників або стабілізований активний мул	1,2	1,5	2,0	1,5	1,5

Примітка. Для місцевостей з кількістю опадів за рік не більше ніж 500 мм під час визначення навантаження на мулові площадки можна застосовувати коефіцієнт 1,2; за умови кількості опадів більше 600 мм рекомендується приймати коефіцієнт 0,9.

ДОДАТОК Т

Таблиця Т1 – Основні технічні характеристики деяких типів центрифуг різних виробників (1)

Тип	Гідравлічна продуктивність, м ³ /год.	Маса, кг	Встановлена потужність, кВт
ОГШ-250	5	920	18
B/DF 300 («BARGAM»)		800	7,5
ES-132 («AMCON»)		300	0,4
ОГШ -350	10	1 500	40
B/DF 300LH («BARGAM»)		850	11
ES-301 («AMCON»)		750	0,8
ОГШ -630	40	7 500	90
B/DF 500H («BARGAM»)		3 500	45
ES-303 («AMCON»)		1 700	1,6
ОГШ -1101-01M	100	28 000	337
B/DF 650LH («BARGAM»)	70	6 000	95

Таблиця Т2 – Основні технічні характеристики деяких типів центрифуг різних виробників (2)

Технологічний показник	Позначення центрифуг		
	ОГШ-301	ОГШ-461	ОГШ-751
Продуктивність:			
– за пульпою, м ³ /год;	4 – 12	12 – 35	30 – 90
– вагова, т/год;	4,5 – 12,5	12,5 – 35,5	30,5 – 90,5
– за сухою твердою речовиною, т/год	1,5	5,0	18,0
Віднесення сухої речовини з фугатом, % сухої речовини в осаді	5 – 35		
Вологість зневодненого продукту, %	65 – 75		

ДОДАТОК У

Таблиця У.1 – Основні технічні характеристики стрічкових ситових фільтр-пресів («ЕКОТОН»)

Основні характеристики	ПЛ – 12	ПЛ – 16	ПЛ – 20
Продуктивність, т/хв:			
– за сухою речовиною, не більше, кг/год;	600	800	1100
– за вихідним осадом, не більше, м ³ /год	14	20	25
Ширина стрічок, мм	1 200	1 600	2 000
Швидкість стрічок, м/хв.	від 2 до 9		
Потужність приводу, кВт:	2,2		
Габаритні розміри, мм:			
– довжина;	4 100	4 100	4 100
– ширина;	2 150	2 550	2 950
– висота	1 950	1 950	1 950
Маса, кг, не більше	4 500	5 000	5 700

ДОДАТОК Ф

Вихідні дані для виконання РГР

Показники	ВАРІАНТИ									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Витрата побутових стічних вод, тис. м ³ /добу	18	17	75	77	80	19	16	65	67	63
Норма водоспоживання в населеному пункті, л/добу·особу	250	260	270	280	290	300	290	280	270	260
Витрата виробничих стічних вод, тис. м ³ /добу	4	3	10	8	9	3	5	14	12	15
Концентрація завислих речовин у виробничих стічних водах до відстоювання, мг/л	150	170	180	160	190	170	200	190	140	150
БСК _{повн} виробничих стічних вод, мгО ₂ /л	190	210	220	210	190	220	230	240	250	180
Ефект прояснення (затримання завислих речовин) у первинних відстійниках, %	40	45	50	40	45	50	40	45	50	45
Зниження БСК _{повн} стічних вод під час первинного відстоювання, %	15	20	15	20	15	20	15	20	15	20
БСК _{повн} очищеної стічної рідини, мгО ₂ /л	10	12	15	10	12	15	10	12	15	12
Винесення активного мулу з вторинних відстійників, мг/л	11	14	15	11	14	15	11	14	15	15
Тип застосовуваних пісковловлювачів	гориз.	аеров.	танг.	гориз.	аеров.	танг.	гориз.	аеров.	танг.	аеров.
Сер. міс. темп-ра СВ за літн. період, °С	20	21	22	23	24	25	24	23	22	21
Температура стічних вод в аеротенку, °С	15	17	18	15	17	18	15	17	18	17
Температура активного мулу в стабілізаторі, °С	14	15	16	14	15	16	14	15	16	15
Час обробки води в аеротенках, год	5,1	5,4	5,7	5,1	5,4	5,7	5,1	5,4	5,7	5,4
Доза мулу, г/л	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Схема обробки осадів	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V

Виробничо-практичне видання

Методичні рекомендації до виконання розрахунково-графічної роботи
з навчальної дисципліни

«ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕРОБКИ ТА УТИЛІЗАЦІЇ ОСАДІВ»

*(для здобувачів вищої освіти всіх форм навчання
другого (магістерського) рівня
за спеціальністю 194 – Гідротехнічне будівництво,
водна інженерія та водні технології)*

Укладач **СОРОКІНА** Катерина Борисовна

Відповідальний за випуск *Г. І. Благодарна*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання К. Б. Сорокіна

План 2019, поз. 127М.

Підп. до друку 24.09.2021. Формат 60 × 84/16.
Електронний документ. Ум. друк. арк. 2,4.

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.

Електронна адреса: office@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017.