

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА
СПОРТУ УКРАЇНИ**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”**

М.Д. Гомеля, О.В.Глушко, В.С. Камаєв

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ
з курсу : «ОЧИСНІ СПОРУДИ.
ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ»**

2012

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА
СПОРТУ УКРАЇНИ**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”**

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра екології та технології рослинних полімерів

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

з курсу „ОЧИСНІ СПОРУДИ. ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ.”

**для напряму підготовки 6.040106 «Екологія,
охорона навколишнього середовища та збалансоване
природокористування»**

***Рекомендовано Вченою радою
інженерно-хімічного факультету НТУУ «КПІ»
протокол № 3 від 27.02.12 р.***

(протокол № дата)

Методичні вказівки до виконання курсового проекту з курсу „Очисні споруди. Основи проектування” для студентів напряму підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» /Укл. Гомеля М.Д., Глушко О.В., Камаєв В.С. – К.: ТОВ «Інфодрук», 2012. – 175 с.

Укладачі: М.Д. Гомеля
О.В. Глушко
В.С. Камаєв

Рецензент: Г.М. Прокофєва, к.т.н., доц.

Відповідальний редактор: В.М. Радовенчик, к.т.н., доц.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1. Зміст та обсяг проекту.....	8
1.1. Зміст пояснювальної записки.....	8
1.2. Графічні матеріали.....	10
2. Технологічна частина.....	12
2.1. Характеристики природної, стічної та очищеної води.....	12
2.2. Розробка та обґрунтування технологічної схеми очищення води	13
2.3. Принципові технологічні схеми водопідготовки та очищення	
стічних вод.....	23
2.3.1. Принципова технологічна схема підготовки питної води...	23
2.3.2. Принципова технологічна схема реагентного пом'якшення	
води.....	24
2.3.3. Принципова технологічна схема іонообмінного	
знесолення води.....	27
2.3.4. Принципова схема очищення комунально-побутових та	
промислових стічних вод	30
2.4. Розрахунок матеріального балансу.....	33
2.4.1. Вихідні дані для розрахунку матеріального балансу.....	33
2.4.2. Блок-схема матеріального балансу.....	33
2.4.3. Матеріальний баланс.....	36
2.5. Короткі теоретичні дані про хімічні, фізичні та біологічні	
процеси, що реалізуються в даній технологічній схемі	
водоочищення.....	53
2.6. Контроль, автоматизація та регулювання процесів	
водоочищення та водопідготовки.....	54
3. Технологічні та гідравлічні розрахунки очисних споруд.....	56
3.1. Визначення повної продуктивності станції водопідготовки.....	56
3.2. Розрахунок споруд реагентного господарства.....	56

3.2.1. Визначення доз реагентів.....	56
3.2.2. Розрахунок площі складу та об'єму басейну для зберігання реагентів.....	58
3.2.3. Розрахунок розчинних та витратних баків реагентів.....	59
3.3. Проектування змішувачів.....	60
3.3.1. Розрахунок дірчатих змішувачів.....	61
3.3.2. Проектування перегородчастих змішувачів.....	63
3.3.3. Проектування вертикально-вихрових змішувачів.....	65
3.4. Розрахунок камер пластівцеутворення.....	67
3.4.1. Перегородчаті камери пластівцеутворення.....	68
3.4.2. Вертикально-вихрові камери пластівцеутворення.....	68
3.4.3. Водоворотні камери пластівцеутворення.....	69
3.4.4. Камери пластівцеутворення із змуленим осадом.....	71
3.5. Відстоювання води. Розрахунок відстійників.....	72
3.5.1. Вертикальні відстійники.....	74
3.5.2. Горизонтальні відстійники.....	77
3.5.3. Радіальні відстійники.....	80
3.5.4. Тонкошарові відстійники.....	81
3.5.5. Гідроциклони	82
3.5.6. Розрахунок просвітлювачів із завислим шаром осаду	83
3.5.7. Розрахунок вторинних відстійників.....	86
3.5.8. Проектування нафтоуловлювачів.....	87
3.6. Фільтрування води.....	87
3.6.1. Повільні фільтри.....	89
3.6.2. Швидкі фільтри.....	90
3.7. Проектування установок для іонообмінного очищення води.....	95
3.7.1. Вибір технологічної схеми іонообмінного очищення води.....	97
3.7.2. Розрахунок іонообмінної установки.	98
3.8. Електрохімічні методи очищення води. Проектування електрокоагуляторів та електрофлотаторів.....	109
3.8.1. Розрахунок електрокоагуляторів.....	110

3.8.1.1. Розрахунок електрокоагулятора періодичної дії.....	111
3.8.1.2. Розрахунок електрокоагуляторів безперервної дії.....	114
3.8.1.3. Розрахунок електрокоагуляторів для очищення води від хроматів.....	115
3.8.1.4. Розрахунок електролізерів для очищення стічних вод від ціанідів.....	117
3.8.1.5. Розрахунок електрокоагулятора для очищення води від фторидів.....	120
3.8.2. Розрахунок електрофлотаторів.....	124
3.9. Проектування напірних флотаційних установок.....	124
3.10. Проектування споруд очищення комунально-побутових та промислових стічних вод.....	127
3.10.1. Проектування решіток.....	127
3.10.2. Проектування піскоуловлювачів.....	129
3.10.2.1. Розрахунок горизонтальних піскоуловлювачів...	129
3.10.2.2. Розрахунок піскоуловлювачів із круговим рухом води.....	132
3.10.2.3. Розрахунок аерованих піскоуловлювачів.....	132
3.10.3. Споруди біологічного очищення води.....	134
3.10.3.1. Проектування аеротенків.....	137
3.10.3.2. Розрахунок метантенків.....	142
4. Будівельна частина.....	145
4.1. Генеральний план комплексів водопідготовки.....	145
4.2. Компонування комплексів водопідготовки та об'ємно- планувальні вирішення будівель і споруд.....	146
4.3. Генеральний план очисних споруд.....	156
4.4. Компонування очисних споруд.....	158
4.5. Вимоги до графічної частини проектів.....	163
Список рекомендованої літератури.....	173

ВСТУП

На сьогодні антропогенне навантаження на навколишнє середовище значно перевищує здатність природи до самоочищення. Майбутнє людства залежить від його здатності радикально зменшити обсяги викидів забруднень у довкілля, від вміння раціонально використовувати природні ресурси. Одним із технічних напрямків вирішення цієї проблеми є розробка досконалих технологій очищення води, грамотне проектування та якісне будівництво систем очищення природних та стічних вод.

Виконати цю роботу можуть спеціалісти, які мають добру підготовку з широкого кола питань, пов'язаних з очищенням води.

Курсовий проект за по курсу «Очисні споруди. Основи проектування» є однією з важливих самостійних робіт студента, що сприяє підвищенню рівня його кваліфікації.

Мета курсового проекту – систематизація, закріплення та розширення теоретичних знань, здобутих при вивченні основних дисциплін спеціальності, розвиток у студента навичок вести інженерні обчислення, уміння користуватися довідковою та технічною літературою, здатності самостійно приймати інженерні рішення. При виконанні курсового проекту студенти набувають необхідних знань та кваліфікації до виконання дипломного проекту.

Дипломний проект є важливою самостійною, комплексною роботою студента на заключному етапі його навчання в університеті, який виконується з метою систематизації, закріплення й розширення теоретичних і практичних знань студентів зі спеціальності та застосування цих знань при вирішенні конкретних наукових, технічних, економічних проблем. Дипломне проектування дозволяє виявити підготовленість студентів для роботи в сучасних умовах прогресивного розвитку науки, техніки, культури, при зростаючих вимогах до якості водоочистки та водопідготовки, до забезпечення раціонального використання водних та природних ресурсів.

Дипломний проект є випускною роботою, на основі якої Державна

екзаменаційна комісія вирішує питання про присвоєння студентові відповідної кваліфікації.

Курсовий або дипломний проект виконується відповідно до виданого студенту завдання, в якому вказана тема проекту, дані щодо кількості та режиму подачі стічних вод, або кількості та режиму подачі природних вод з характеристиками водойми, з якої відбирається або куди скидається вода. Всі інші дані, необхідні для обчислень, студент бере із відповідних посібників та нормативних документів (див. літературу).

Рішення, запропоновані в проекті, мають бути на рівні передових досягнень у науці та технології водоочищення і водопідготовки. Вони мають забезпечувати достатнє очищення води до рівнів, зазначених у нормативних документах при економії реагентів та енергетичних ресурсів.

1. ЗМІСТ ТА ОБСЯГ ПРОЕКТУ

Курсовий або дипломний проект містить пояснювальну записку та графічні матеріали.

1.1. Зміст пояснювальної записки

Зміст пояснювальної записки має відображати, як студент вивчив курс по проектуванню очисних споруд та використав матеріали виробничої практики.

У записці мають бути обгрунтовані прийняті рішення, виконані необхідні розрахунки, приведені ілюстративні матеріали (малюнки, схеми, таблиці і т.д.). Під час їх оформлення записи виконують на одній стороні аркушу білого паперу формату А4 машинописним текстом через півтора інтервали. У процесі компонування альбому проекту листи розміщують у такій послідовності:

титульний лист; завдання на проектування; пояснювальна записка (ПЗ).

У пояснювальній записці курсового проекту повинні бути наступні підрозділи:

Анотація. Вступ. 1. Техніко-економічне обгрунтування проекту. 2. Технологічна частина. 3. Технологічні та гідравлічні розрахунки очисних споруд. 4. Будівельна частина. Висновки. Список літератури. Додатки.

У пояснювальній записці до дипломного проекту добавляються розділи:

5. Охорона праці і техніка безпеки. 6. Економічна частина.

Вступ. Його виклад оснований на літературних даних, відомостях, отриманих на лекціях зі спеціальності та матеріалах, привезених з виробничої практики. У вступі коротко характеризують поставлені проблеми щодо очищення природних і стічних вод, очисні споруди, що проектуються, їх значення. Якщо метою проекту є реконструкція діючих очисних споруд, необхідно зазначити, чим даний проект відрізняється від базового варіанту. Необхідно визначити мету розробки проекту.

1. Техніко-економічне обґрунтування проекту та вибір місця спорудження. Вибір тієї чи іншої системи водоочисних споруд здійснюється на базі техніко-економічних розрахунків та санітарно-гігієнічних показників, метою яких є вибір оптимальних схем та методів очищення води. Основні технічні рішення, що приймаються в проектах для схем та систем очищення води, мають бути обґрунтовані порівнянням техніко-економічних показників працюючих і розроблених систем, в тому числі: вартості будівництва, річних витрат на експлуатацію, будівельних затрат на 1 м³ очищеної води, термінів будівництва.

Майданчик для будівництва станції водопідготовки вибирають згідно з системою водопостачання, в залежності від розміщення об'єктів водоспоживання, а майданчики для будівництва станцій очищення стічних вод – згідно з проектом забудови каналізаційних об'єктів, враховуючи розміщення зовнішніх комунікацій (залізничних та автомобільних доріг, водо-, газо-, тепло- та електрозабезпечення).

Майданчик для будівництва станції очищення стічних вод належить розміщувати, як правило, враховуючи напрями пануючих вітрів теплого періоду року відносно жилих забудов та нижче за течією річки. Слід враховувати також наявність на майданчику схилу, що забезпечить самотікання води по спорудах та відведення поверхневих вод. Майданчик обладнують на території, що не затоплюється паводками і має низький рівень поверхневих вод.

2. Технологічна частина. Цей розділ ПЗ - основна частина дипломного проекту. Він складається з кількох підрозділів, у яких детально розглядаються:

- а/ характеристики природної чи стічної води, вимоги до очищеної води;
- б/ розробка та обґрунтування технологічної схеми очищення води;
- в/ технологічна схема очищення води;
- г/ вихідні дані для розрахунку матеріального балансу;
- д/ матеріальний баланс;
- е/ теоретичні дані про хімічні, біологічні та фізичні процеси, що реалізуються в даній технологічній схемі водоочищення;
- є/ контроль та регулювання процесів водоочищення та водопідготовки.

3. Технологічні та гідравлічні розрахунки очисних споруд. У цьому розділі виконують розрахунки та описання споруд очисної станції (решіток, пісковловлювачів, первинних і вторинних відстійників, аеротенків, фільтрів, установок для фізико-хімічного очищення води і т.д.). Крім того, описується вибране обладнання (озонатори, насоси, дозатори та ін.), зазначаються його характеристики та місце розміщення.

4. Будівельна частина. У ній дається загальна характеристика рішень про висотне розміщення очисних споруд та розміщення їх у плані.

Детальніше зміст розд. 2 - 4 розглянуто в подальших розділах посібника.

5. Охорона праці і техніка безпеки. Розглядаються питання виявлення та аналізу шкідливих та небезпечних виробничих факторів на очисних спорудах, що проектуються, вентиляції, електробезпеки, протипожежних заходів. Цей розділ узгоджується з консультантом з охорони праці та техніки безпеки.

6. Економічна частина. Зміст розділу визначає консультант з економіки та організації виробництва.

Висновки. Приводяться короткі висновки про виконану роботу, рекомендації щодо впровадження отриманих результатів.

Список літератури. Нумерація в списку відповідає нумерації зносок на джерела в тексті, які наводять у квадратних дужках у тексті.

Додатки. У додатки виносять матеріал допоміжного характеру, а також специфікації до графічної частини проекту. Розділ не нумерують, але в "Змісті" зазначають назву та сторінки додатків.

1.2. Графічні матеріали

Графічна частина виконується на креслярському папері в обсязі 2-3 аркушів формату А1 для курсового та 5-7 - для дипломного проекту. Звичайно у графічній частині наводять генеральний план підприємства із зазначенням місця систем очистки води або генеральний план очисних споруд, коли ті працюють автономно, план очисних споруд, де зазначають розміщення всіх елементів

систем очистки, технологічну схему, плани та розрізи головних елементів очисних споруд, профілі по руху води, мулу, плани та розрізи станцій водопідготовки, таблицю техніко-економічних показників. В курсовому проекті листи з генеральним планом, економічними показниками, лист по охороні праці відсутні.

Кожний лист обов'язково підписують студент, керівник проекту та консультант. Кількість аркушів графічної частини в кожному конкретному випадку уточнюється керівником проекту.

Технологічна схема виконується у вільному масштабі, проте з дотриманням відносних габаритних розмірів очисних споруд та з виконанням їх відповідно до загальноприйнятих умовних позначень.

Плани та розрізи станцій водопідготовки або очисних споруд викреслюють, як правило, в масштабі 1 : 100, 1 : 200 (допускається використання масштабів 1 : 20, 1 : 50 та ін.).

Поздовжні профілі руху води та мулу по очисних спорудах слід виконувати в масштабі 1 : 500, 1 : 1000 (відповідно до масштабу генплану).

Генеральний план очисних споруд необхідно виконувати на аркуші формату A1 в масштабі 1 : 500, 1 : 1000, 1 : 2000 і т.д.

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Характеристики природної, стічної та очищеної води

Характеристики природної води визначають в залежності від вибраного джерела водопостачання з характеристик даного джерела. Характеристики стічних вод підприємств та населених пунктів вибирають із даних контролю та спостережень за якістю води вибраних об'єктів. Для курсових проектів характеристики природних або стічних вод задаються керівником проекту.

Якість очищеної природної води, що подається на задоволення господарсько-питних потреб, має відповідати вимогам стандарту "Вода питна".

Характеристики технічної води, отриманої на станції водопідготовки, визначають із технологічних регламентів або вимог до технічної води в залежності від характеру її використання.

У процесі підготовки, транспортування та збереження води господарсько-питного призначення слід застосовувати реагенти, внутрішні покриття, фільтрувальні матеріали, що відповідають вимогам санітарно-епідеміологічних служб Міністерства охорони здоров'я для використання в практиці господарсько-питного водопостачання.

Якість води, яка подається на промислові потреби, має відповідати технологічним вимогам.

Згідно зі СНиП 2.04.03.85, промислові та побутові стічні води, а також їх суміші в разі подачі на споруди біологічного очищення в будь-який період доби не повинні мати:

концентрацію іонів водню (рН) нижче 6,5 та вище 8,5;

температуру нижче 6 °С та вище 30 °С;

загальну концентрацію розчинених солей більшу 1 г/дм³;

БСК не вище 300 мг/дм³ під час подачі на біологічні фільтри та аеротенки-витиснювачі та не вище 1000 мг/дм³ - на аеротенки змішувачі з розосередженим

впуском стічних вод.

Показники очищених стічних вод визначають від вибраного місця їх скиду. Якщо стічні води після очищення на підприємстві скидаються в міську каналізацію, то їх якість повинна відповідати нормам якості згідно правил прийому стічних вод, встановлених управлінням „Водоканалу”, що обслуговує дану мережу каналізації. Коли стічні води скидаються у водойму, тоді характеристики очищеної води повинні відповідати приведеним показникам скиду (ГДС), але не перевищувати рівні, які можна досягти при використанні сучасних технологій очищення води.

2.2. Розробка та обґрунтування технологічної схеми очищення води

Розробка технологічної схеми системи очищення стічних чи природних вод та вибір відповідних споруд та обладнання є однією з найважливіших частин дипломного проекту.

У разі очищення природної води під час вибору технологічної схеми водопідготовки необхідно знати характеристики природної води, такі як температуру, каламутність, кольоровість, запахи та присмаки, вміст різних хімічних елементів, твердість, активність, окислюваність води, загальну кількість мінеральних та органічних сполук, кількість розчинених газів, бактеріологічні характеристики і т.д. Крім того, потрібно знати, які вимоги поставлені до якості води залежно від її призначення, які об'єми води потрібно очистити. У разі підготовки води для задоволення господарсько-питних потреб, а також потреб харчової промисловості вода має бути нешкідливою для здоров'я людини та мати добрі смакові якості, органолептичні показники, відповідати вимогам стандарту "Вода питна". Технологія водопідготовки в цьому разі має відповідати поставленим вимогам. Як правило, технологічна схема водопідготовки питної води складається із стадії просвітлення, фільтрування та знезараження. Технологія підготовки води, призначеної для систем охолодження, в основному

вміщує стадію підкислення води з метою зниження твердості та стадію знезараження. При підготовці води для потреб промислового підприємства в технології її очищення, крім стадій просвітлення її коагулюванням, фільтрування, необхідна стадія знесолення води. Як правило, знесолюють воду на іонообмінних фільтрах. Інколи за невеликих об'ємів очищеної води застосовують процеси ультрафільтрації або зворотного осмосу.

Вибір технології очищення стічних вод залежить від характеристик та кількості стічних вод, потрібного ступеню їх очищення, методів обробки осаду та місцевих умов. Стічні води можуть бути побутовими, атмосферними та промисловими.

Для очищення стічних вод зараз відомо багато методів, кількість яких з розвитком техніки безперервно збільшується. Той чи інший метод слід вибирати на основі якісної технічної характеристики стічних вод, попередніх рішень з органами Держнагляду на стадії прийняття рішення про спорудження очисних споруд або про реконструкцію підприємства. Крім того, необхідно оцінювати різні методи на основі порівняння техніко-економічних показників.

Найбільш прийнятним є варіант, в якому різні методи очищення стічних вод об'єднанні в один технологічний процес. У цьому разі можна очікувати на найвищий ефект очищення води з досягненням якості води, що відповідає вимогам на скид води у водойми, або основних технологічних процесів при повторному використанні води.

У системі водоочищення та водопідготовки мають бути резерви виробничої потужності, щоб виключити непередбачені на період розробки проекту проскоки забруднень.

Комплексна технологія очищення стічних вод з поверненням у виробництво має передбачати: застосування кількох методів очищення та доочищення стічних вод; роботу споруд та обладнання в оптимальному режимі, з найвищим ефектом очищення; отримання води потрібної якості.

Комплексні технологічні системи очищення води мають відповідати таким вимогам:

а/ для очищення стічних вод та на водопідготовку необхідно використовувати мінімально можливу кількість реагентів (кислот, лугів, відновників і т.ін.);

б/ у процесі очищення стічних вод має утворюватись мінімальна кількість осадів;

в/ на власні потреби технології очищення стоків та водопідготовки слід використовувати воду із власної циркуляційної системи;

д/ у результаті очищення стоків та водопідготовки з води необхідно виділити цінні компоненти, а також кислоти та луги або суміші кислот та лугів, придатні для власних потреб основного або допоміжного виробництв.

Комплексна технологія очищення та доочищення стічних вод має базуватись, якщо це можливо, на стандартному устаткуванні, за винятком великогабаритних споруд.

Для очищення стічних вод, що містять кислотно-лужні домішки із солями важких металів, необхідно використовувати усереднювачі, які незалежно від концентрації забезпечують вирівнювання витрати стоку, концентрацій, рН. Реагентний метод при очищенні таких стоків за всіх концентрацій з подальшим відстоюванням забезпечує очищення до рівнів ГДК, а від домішок нікелю, міді, цинку, кадмію - на рівні розчинності. При відстоюванні та фільтруванні цей метод забезпечує очищення до рівнів ГДК.

При очищенні стоків методом іонного обміну недопустимий вміст у воді органічних розчинників, масел, сильних окислювачів. Цей метод забезпечує отримання води з електричним опором до 20 кОм/см. Всі інші методи для очищення стоків цього виду не рекомендуються.

При очищенні хромовмісних стоків із домішками інших важких металів необхідно використовувати усереднювачі за всіх концентрацій. Реагентний метод забезпечує очищення до рівня ГДК при всіх концентраціях. За малих концентрацій (до 20 мг/дм³) витрата відновника різко зростає. Метод іонного обміну доцільно використовувати при концентраціях хроматів до 100 мг/дм³. Він забезпечує отримання води з опором до 20 кОм/см.

Електрокоагуляцію доцільно застосовувати при концентрації хроматів до 150...200 мг/дм³ та рН не більших за 6,5. Забезпечується очищення до ГДК тільки по іонах хрому.

Для очищення стоків від частково розчинних органічних речовин необхідно обов'язково використовувати усереднювачі без продування повітрям. Застосування реагентного методу для очищення можливе спільно з кислотно-лужним стоком. Ефект очищення - 70...80%. Адсорбцію на активованому вугіллі доцільно застосовувати для доочищення після реагентного очищення. При цьому забезпечується повне видалення органічних сполук. Якщо вода скидається безпосередньо у водойми, доцільно застосовувати біологічне очищення.

Стічні води, що містять масла, емульсії, необхідно направляти на усереднювачі, для того, щоб збирати масло, яке спливає. Можливе застосування також відстійників в разі довгого відстоювання. Реагентний метод доцільно застосовувати при спільному очищенні стоків із кислотно-лужними стоками. Ефект очищення - 70...80%. Для доочищення води можливе застосування адсорбційного методу з використанням активованого вугілля. Є можливість електролізу використовувати як в режимі електрокоагуляції, так і в режимі електрофлотації. Можливе спалювання цих розчинів разом з відпрацьованими органічними розчинами, застосування біологічного очищення.

Стічні води, що містять поверхнево-активні речовини (ПАР), рекомендується направляти в усереднювачі баз продування повітрям. Для очищення таких стоків можливо використовувати метод коагуляції, ефект очищення якого 80...90%. Адсорбцію на активованому вугіллі бажано застосовувати, якщо концентрації ПАР до 10 мг/дм³. Доцільно використовувати для очищення води від ПАР методи флотації, електрофлотації та електрокоагуляції, біологічне очищення.

При очищенні стічних вод від відходів нікелювання, крім усереднення, доцільно використовувати реагентний метод з подальшою обробкою. При очищенні стоків електрохімічного нікелювання, крім реагентного, можливо застосовувати метод іонного обміну з метою повернення нікелю та води для

повторного використання.

Стічні води, які містять цинк, після усереднювача подаються на реагентне очищення. Можливе застосування методу іонного обміну, якщо загальний вміст солей до 5...10 мг-екв/дм³.

Мідьвмісні стічні води після вирівнювання концентрації в усереднювачах подаються на реагентне очищення. Коли концентрація міді вища за 1 г/дм³, її доцільно виділяти методом цементації на алюмінієвих або залізних стружках. Залишкова концентрація міді при цьому може бути на рівні 50...100 мг/дм³. Тому розчини міді після цементації, а також розчини з концентрацією міді, меншою за 1 г/дм³, слід спрямовувати на реагентне очищення. Ефект вилучення міді при цьому становить 80...90%. Далі воду слід доочищати реагентним методом або методом іонного обміну.

Для очищення води від кадмію слід застосовувати після усереднення реагентний метод. Оптимальне рН для висадження кадмію 6,5, залишкова концентрація кадмію до 2,5 мг/дм³. Тому після виділення гідроокису кадмію стічні води слід направляти до камери реакції перед відстійником кисло-лужних розчинів. Усі сполуки кадмію, за винятком ціанідів, можна очищати методом іонного обміну.

Процес виділення свинцю із стічних вод передбачає такі операції: усереднення стоку, змішування стоку з доломітом (CaCO₃), відстоювання осаду із PbCO₃. Термін перемішування та контакту 15...20 хв, відстоювання - не менше як 2 год. Доломіт подається у вигляді порошку. До рН 8,5 вода доводиться кислотою або вапном.

Усі сполуки свинцю допускається очищати методом іонного обміну з метою одержання води з питомим опором до 20 кОм/см.

Забруднення стічних вод бувають мінерального, органічного та бактеріального походження і можуть перебувати в розчиненому стані. Ступінь забруднення стічних вод визначають за рядом показників санітарно-хімічного аналізу.

Для оцінки якості води використовують такі показники як БСК, ХСК,

перманганатна окислюваність, вміст біогенних елементів, реакція середовища, температура.

Відомо, що для одних і тих самих стічних вод ХСК завжди більше БСК. У разі, якщо $БСК/ХСК > 0,5$, стічні води необхідно направляти на споруди біологічного очищення, в іншому випадку їх піддають фізико-хімічній обробці.

Для нормального протікання процесу біологічного очищення необхідно, щоб у водах були присутні біогенні елементи - азот та фосфор.

За СНиП 2.04.03-85, вміст азоту та фосфору має відповідати співвідношенню $БСК:N:P = 100:5:1$.

Ступінь забруднення побутових стічних вод щодо окремих інгредієнтів визначають за табл. 25 СНиП 2.04.03.-85.

Концентрацію забруднень у міських стічних водах, які, крім побутових, містять і промислові стоки, визначають за рівнянням:

$$P_{\text{сум}} = \frac{P_{\text{поб}} Q_{\text{поб}} + \sum_1^i P_{\text{пр}} Q_{\text{пр}}}{Q_{\text{поб}} + \sum_1^i Q_{\text{пр}}}, \quad (2.1)$$

де $P_{\text{поб}}$, $P_{\text{пр}}$ - концентрація забруднень відповідно в побутових та промислових стічних водах, г/м³; $Q_{\text{поб}}$, $Q_{\text{пр}}$ - витрати відповідно побутових та промислових стічних вод, м³/добу.

Для визначення необхідного ступеню очищення стічних вод слід врахувати ступінь змішування стічних вод з водами водоймища. Обчислення ступеню змішування виконується в розрахунковому поперечному перерізі. Коефіцієнт змішування визначають за формулою Фролова - Родзіллера:

$$a = \frac{1 - e^{-a \sqrt[3]{L}}}{1 + (Q/q)e^{-a \sqrt[3]{L}}}, \quad (2.2)$$

де a - коефіцієнт, що враховує гідравлічні умови змішування; L - довжина русла від місця випуску стічних вод до розрахункового поперечного перерізу за фарватером, який має перебувати вище на I км від місця водозабору, м; Q - стік води (при 95%-й забезпеченості) у поперечному перерізі річки в місці випускання стічних вод, м³/с; q - витрата стічних вод, м³/с.

Коефіцієнт, що враховує гідравлічні умови змішування розраховують за формулою:

$$a = e j \cdot \sqrt[3]{\frac{E}{q}}, \quad (2.3)$$

де ε - коефіцієнт, який враховує місце розміщення випуску (для берегового $\varepsilon = 1$, для руслового $\varepsilon = 1,5$); ϕ - коефіцієнт вигину русла, визначається як відношення довжини русла від місця випуску до розрахункового поперечного перерізу за фарватером до відстані між цими перерізами по прямій; E - коефіцієнт турбулентної дифузії.

$$E = v_c H_c / 200, \quad (2.4)$$

де v_c - середня швидкість течії води в річці на відрізьку між місцем випуску та розрахунковим поперечним перерізом, м/с; H_c - середня глибина річки на тому самому відрізьку, м.

Кратність розведення визначають як:

$$n = \frac{aQ + q}{q}. \quad (2.5)$$

Гранично допустимий вміст змулених речовин у стічних водах, що випускаються, г/м³:

$$m = P(aQ/q + 1) + b, \quad (2.6)$$

де P - допустиме санітарними нормами збільшення вмісту змулених речовин у водоймищі після випускання стічних вод, г/м³; Q - найменший об'єм середньомісячного стоку води у водоймі від 95 %-го забезпечення, м³/с; b - вміст змулених речовин у водоймі до скиду в неї стічних вод, г/м³.

Ступінь необхідного очищення щодо змулених речовин, %, може бути визначено за формулою:

$$E = \frac{100(C - m)}{C}, \quad (2.7)$$

де C - вміст змулених речовин у стічній воді до очищення, мг/дм³.

Відповідно до правил випуску стічних вод, у воді водойми після змішування зі стічними водами вміст розчиненого кисню має бути не нижчим 4 мг/дм³, а для рибогосподарських водойм I категорії - 6 мг/дм³. Виходячи з цього, розраховують максимальну БСК стічних вод, що випускаються.

Допустима БСК_{повн} стічних вод, що випускаються у водойму, за умов мінімального вмісту розчиненого кисню описується рівнянням:

$$L_{\text{ст}} = \frac{aQ}{0,4q} (O_p - 0,4L_p - O) - \frac{O}{0,4}, \quad (2.8)$$

де $L_{\text{ст}}$, L_p - повне біохімічне споживання кисню відповідно для стічних вод, що скидаються у річку та води у річці, г/м³; Q – об'єм стоку води в річці, м³/добу; O_p - вміст розчиненого кисню води у річці до місця випускання стічних вод, г/м³; O - мінімальний вміст кисню у воді, що прирівнюється до 4 або 6 г/м³; 0,4 - коефіцієнт для перерахування БСК_{повн} у дводобову.

Необхідний ступінь очищення, %:

$$E = (L_a - L_{\text{ст}}) \cdot 100 / L_a, \quad (2.9)$$

де L_a – БСК_{повн} стічних вод, що надходять на очищення на очисні споруди.

Якщо за одним із показників забруднення (за змуленими речовинами, БСК 20 або за розчиненим у річній воді киснем) ступінь необхідного очищення перевищує 80%, то рекомендується застосувати повне біологічне очищення стічних вод. Це дає змогу отримати в результаті обробки стічну воду з концентрацією змулених речовин 10...15 мг/дм³ та БСК повним на рівні 12-14 мгО₂/дм³.

Як правило, біологічному очищенню стічних вод завжди передує механічне, яке здійснюють на решітках, пісковловлювачах та первинних відстійниках. Якщо місцеві умови та якість забрудненої води дають змогу випускати її у водойми після первинного відстоювання, то у схемі станції механічного очищення передбачається хлорування (знезараження) і контактний резервуар для забезпечення контакту хлору із стічною водою. Якщо ж біологічне очищення стічних вод необхідне, освітлена вода йде з первинних відстійників на біологічне очищення.

Біологічне очищення здійснюється у штучно створених умовах (аеротенки, біофільтри) або в умовах, близьких до природних (поля зрошення або фільтрації, біологічні ставки).

Поля зрошення та фільтрації застосовують рідко і тільки за незначних об'ємів стічних вод, оскільки для них необхідні великі площі. Крім того, потрібна наявність добре фільтруючих ґрунтів, глибоке залягання ґрунтових вод, мінімальна кількість днів з мінусовими температурами повітря. Все це значно

обмежує застосування полів зрошення навіть тоді, коли ефективність очищення дуже висока (99,0 - 99,9%). Частіше застосовують аеротенки та біофільтри.

На великих очисних станціях (понад 50 тис. м³/добу) використовують аеротенки на повне або часткове очищення, на очисних станціях малої та середньої потужності - біологічні фільтри та аерофільтри.

Після споруд біологічного очищення передбачають установку вторинних відстійників. У цих спорудах біологічна плівка (після біологічних фільтрів) або активний мул (після аеротенків) відділяються від очищеної води. Частина активного мулу повертається в аеротенки, надлишковий мул або біологічна плівка піддаються переробці та утилізації.

Очищені стічні води піддаються знезараженню перед скиданням у водоймища.

У разі застосування біологічного очищення стічних вод, на стадіях механічного та біологічного очищення відділяються осади таких типів:

- крупні покидьки, що затримуються на решітках і після подрібнення на спеціальних дробарках подаються у воду перед решітками або направляються на захоронення;
- пісок та важкі механічні домішки, які осідають у пісковловлювачах;
- сирий осад, що затримується у первинних відстійниках;
- надлишковий активний мул або біологічна плівка, що затримуються у вторинних відстійниках;
- осад, який утворюється в контактних резервуарах.

Класичний метод переробки осадів - це збродження їх у метантенках. Надлишковий мул перед подачею в метантенки ущільнюють в мулоущільнювачах. Внаслідок бродіння утворюється газ, який збирається в газгольдері.

Під час очищення технологічних стічних вод, що забруднені специфічними хімічними сполуками, необхідно застосувати комплексне очищення стічних вод з поверненням, якщо це можливо, води у виробництво. Технологія очищення має бути такою, щоб до неї входили локальні та малогабаритні установки на

специфічні види стічних вод, що забезпечують часткове очищення або повний і замкнений цикл по воді.

До комплексної технології очищення та доочистки стоків має входити установка регенерації цінних компонентів стоку, придатних для повторного застосування як у технологіях основного виробництва, так і в технологіях очищення стоків та водопідготовки.

Застосування великогабаритних споруд небажане при проектуванні комплексних технологічних ліній очищення та доочищення стоків.

Залежно від кількості стічних вод очищення може здійснюватися в періодичному чи безперервному режимі.

В періодичному режимі доцільно очищати стічні води, якщо їх кількість не перевищує $100 \text{ м}^3/\text{добу}$.

В безперервному режимі рекомендується очищати стічні води, якщо їх витрата достатньо велика для забезпечення рівномірного навантаження на очисні споруди протягом доби.

Під час розробки технологічних схем очищення води слід передбачити можливість змішування стічних вод з різним складом забруднень, якщо воно не погіршить ефект очищення кожного з видів забруднень та не призведе до утворення отруйних речовин.

Машини, апарати, споруди, насоси викреслюють на схемі відповідно до загальноприйнятих зображень.

Технологічна схема має вміщувати всі потоки води, осадів, реактивів і т.д. з одночасним занесенням на схему не тільки необхідного обладнання, а й усіх допоміжних установок.

2.3. Принципові технологічні схеми водопідготовки та очищення стічних вод

2.3.1. Принципова технологічна схема підготовки питної води

Схема підготовки питної води приведена на рис. 2.1.

Вода із поверхневих водойм характеризується значною кольоровістю і каламутністю, тому технологія водопідготовки передбачає використання

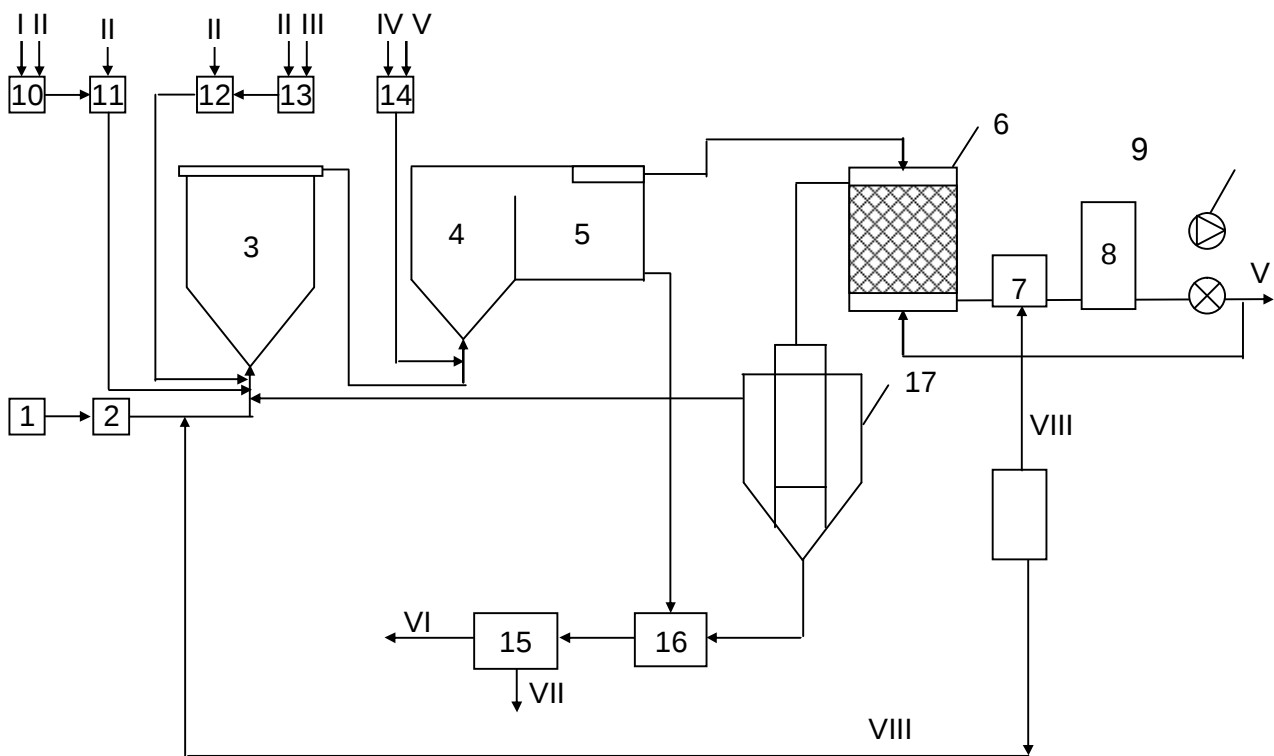


Рис. 2.1. Технологічна схема підготовки питної води:

1 – водозабірні споруди; 2 – насосна станція I-го підйому; 3 – змішувач; 4 – камера пластівцеутворення; 5 – відстійник; 6 – блок фільтрів; 7 - контактний резервуар; 8 – резервуар освітленої води; 9 - насосна станція II-го підйому; 10 – розчинний бак коагулянту; 11 – витратний бак коагулянту; 12 - витратний бак вапна; 13 – розчинний бак вапна; 14 - витратний бак флокулянту; 15 – установка по ущільненню осаду (шнековий або стрічковий фільтр-прес); 16 – шламосховище; 17 – відстійник-усереднювач промивних вод; 18 – озонаторна установка; I – подача коагулянту; II – подача води на розведення реагентів; III – подача вапна; IV – подача флокулянту; V – подача води до споживача; VI – транспортування зневодненого шламу на захоронення; VII – скид фільтрату в каналізацію; VIII – подача озоноповітряної суміші.

комплексу очисних споруд по знебарвленню та освітленню води. Крім того, поверхневі води не відповідають вимогам по бактеріологічним показникам, тому завжди є стадія знезараження.

Для інтенсифікації знебарвлення та освітлення води використовують коагулянти. При низькій карбонатній жорсткості або лужності для забезпечення гідролізу коагулянту використовують вапно.

Ефективне змішування забезпечується у змішувачах.

Для підвищення гідравлічної крупності осаду та ефективності відстійників використовують камери пластівцеутворення, де відбувається коагулювання.

Для підвищення гідрофобності застосовують флокулянти, які подаються в камери пластівцеутворення.

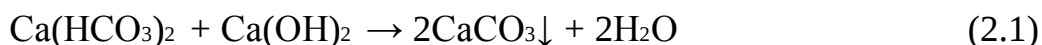
У відстійнику вода очищується від завислих речовин, де їх концентрація знижується до 8 - 15 мг/дм³, а на механічних насипних фільтрах – до 0,5 мг/дм³. Комплекс відстоювання та фільтрування забезпечує зниження кольоровості води до значень менших, ніж 20 градусів платино-кобальтової шкали. Знезараження здійснюється перед резервуаром чистої води.

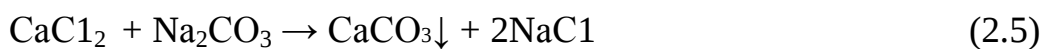
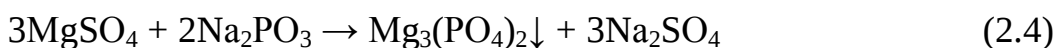
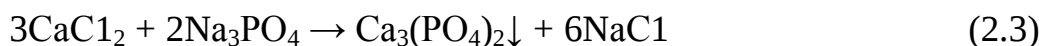
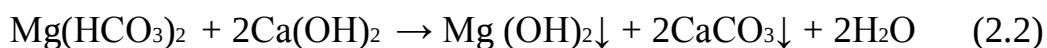
Фільтри працюють в періодичному режимі з промивкою після кожного циклу. Промивні води після освітлення у відстійнику-усереднювачі повертаються у змішувач. Осади збираються у шламосховищі і зневоднюються на фільтр-пресах.

2.3.2. Принципова технологічна схема реагентного пом'якшення води

Ця технологія основана на перетворенні розчинних сполук Ca і Mg у нерозчинний стан та видаленні їх із води. В основному сполуки Ca і Mg у природній воді знаходяться у вигляді гідрокарбонатів чи солей сильних кислот.

У нерозчинний стан Ca і Mg переходять за рахунок підвищення реакції середовища до pH > 9 та за рахунок внесення в розчин аніонів, які утворюють нерозчинні сполуки із Ca і Mg.





Методи пом'якшення називаються по типу реагенту, що використовується:

- лужний;
- вапняний;
- содовий;
- фосфатний;
- комбінований.

При реагентному пом'якшенні води для запобігання «залуженню» води рН рідко піднімають вище 10,5.

Застосування фосфатів обмежене їх високою вартістю, тому в реальних технологіях застосовують вапно і залишкова жорсткість пом'якшеної води досягає 0,8 - 1,5 мг-екв/дм³ (цей показник залежить від вмісту Mg у воді і від величини постійної жорсткості води).

Технологічна схема реагентного пом'якшення води приведена на рис. 2.2.

В даній технології вода і реагенти подаються в просвітлювач із завислим шаром осаду. У цій споруді суміщені функції змішувача, камери пластівцеутворення і відстійника.

У нижній частині, де площа поперечного перерізу потоку води мала і постійно змінюється з висотою, відбувається інтенсивне перемішування реагентів з водою за рахунок гідравлічних факторів.

На висоті від 1 до 2 – 2,5 м відбувається процес пластівцеутворення осаду. Тут швидкість осідання осаду близька до швидкості підйому води, тому осад існує у завислому стані.

У верхній частині над зоною відділення осаду різко зростає площа поперечного перерізу, тому знижується швидкість підйому води і тому в цій зоні відбувається освітлення води. Осад поступово виноситься в зону накопичення осаду.

Освітлена вода збирається у верхній частині освітлювача і поступає в резервуар вапняної освітленої води і після доочищення в механічних фільтрах збирається в резервуарі пом'якшеної очищеної води.

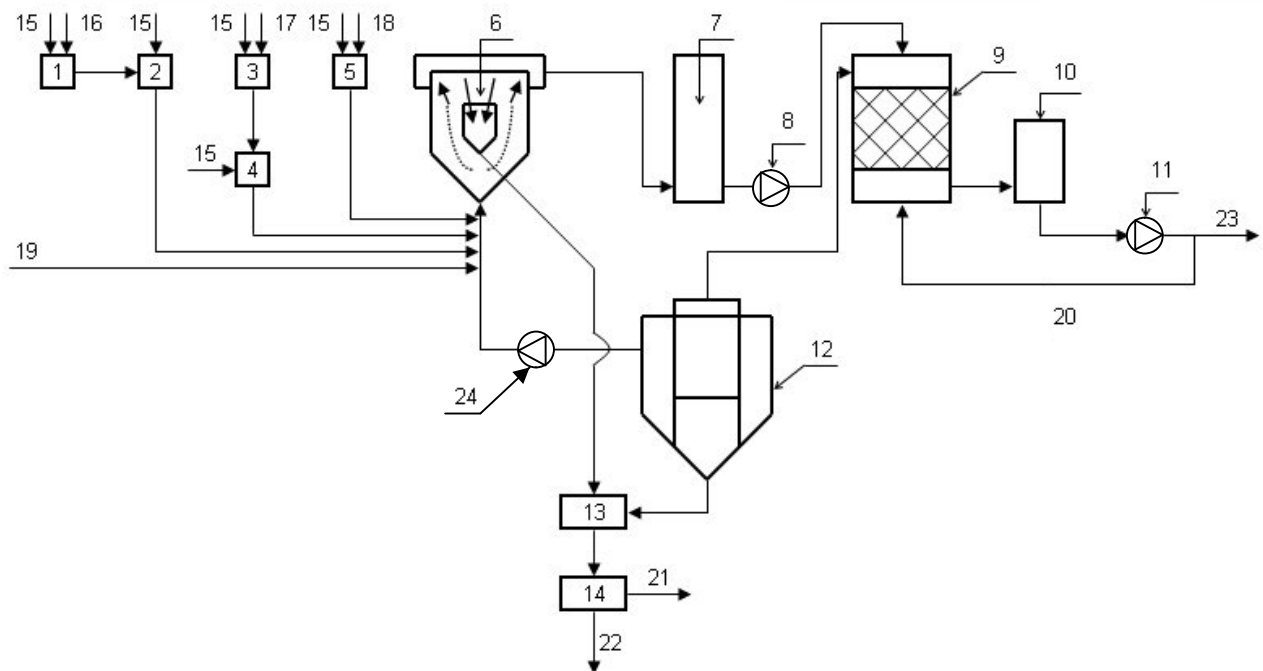


Рис. 2.2. Технологічна схема реагентного пом'якшення води:

1 – розчинний бак вапна; 24 - витратний бак вапна; 3 – розчинний бак коагулянту; 4 – витратний бак коагулянту; 5 – витратний бак флокулянту; 6 – просвітлювач із завислим шаром осаду; 7 – резервуар вапняної освітленої води; 8, 11, 24 - насоси; 9 – насипні механічні фільтри; 10 – резервуар пом'якшеної очищеної води; 12 – відстійник-накопичувач промивних вод; 13 – шламосховище; 14 - фільтр-прес для зневоднення осаду; 15 - подача води на розведення реагентів; 16 - подача вапна; 17 - подача коагулянту; 18 - подача флокулянту; 19 – подача природної води на пом'якшення; 20 – подача води на промивку; 21 – транспортування зневодненого шламу на захоронення; 22 – скид фільтрату в каналізацію; 23 – подача води до споживача.

Концентрація завислих речовин у вапняній воді після освітлювача – 8 - 15 мг/дм³, а після механічного очищення – 0,5 - 3 мг/дм³. Твердість води після пом'якшення – 0,8 – 1,5 мг-екв/дм³ (для пом'якшення використовують природну воду із твердістю 3 - 7 мг-екв/дм³), інколи залишкова твердість води сягає

4,0 мг-екв/дм³. Залишкова лужність води 1-2 мг-екв/дм³.

Промивні води із фільтрів збираються в відстійники -накопичувачі і після відстоювання освітлена вода подається в просвітлювач. Осад із просвітлювача (6) та із відстійника (12) збирається в шламосховищі (13), звідки подається на фільтр-прес (14) і після зневоднення направляється на захоронення.

2.3.3. Принципова технологічна схема іонообмінного знесолення води

Ця технологія застосовується при підготовці енергетичної води, вилученні важких металів із води, а також органічних і неорганічних забруднювачів, що знаходяться у воді в іонному стані.

Іонообмінна технологія включає стадії:

- катіонування (видалення катіонів);
- аніонування (видалення аніонів).

Для досягнення глибокого знесолення води використовують фільтри змішаної дії, куди завантажуються суміш катіоніту та аніоніту. Як правило, на іонообмінні установки подають воду, яку попередньо пом'якшують реагентним методом.

Принципова технологічна схема іонообмінного знесолення води приведена на рис. 2.3.

Перевага іонного обміну – простота процесу. Недолік – необхідність переробки і утилізації кислих і лужних стоків та утилізації засолених стоків після нейтралізації.

Будь-який іонообмінний процес – періодичний. Іонообмінний фільтр працює до насичення його іонами, а потім переключається на регенерацію, перед якою через іонообмінний матеріал пропускають знизу-вверх воду (під напором) для спущення іоніту. Потім через нього пропускають регенераційні розчини: для катіоніту - NaCl, H₂SO₄, HCl, концентрації кислот 7 - 8%, NaCl використовують з концентрацією від 8- 10%; для регенерації аніонітів використовують луг або соду з концентрацією 4%.

Після регенерації іоніт промивають водою від надлишку регенераційного розчину. Після промивки іоніт придатний для повторного використання.

Фільтр змішаної дії регенерують протилежними потоками лугу і кислоти. Процес регенерації для фільтрів змішаної дії оснований на тому, що використаний аніоніт легше катіоніту, тому при спущенні аніоніт збирається зверху, а катіоніт – знизу.

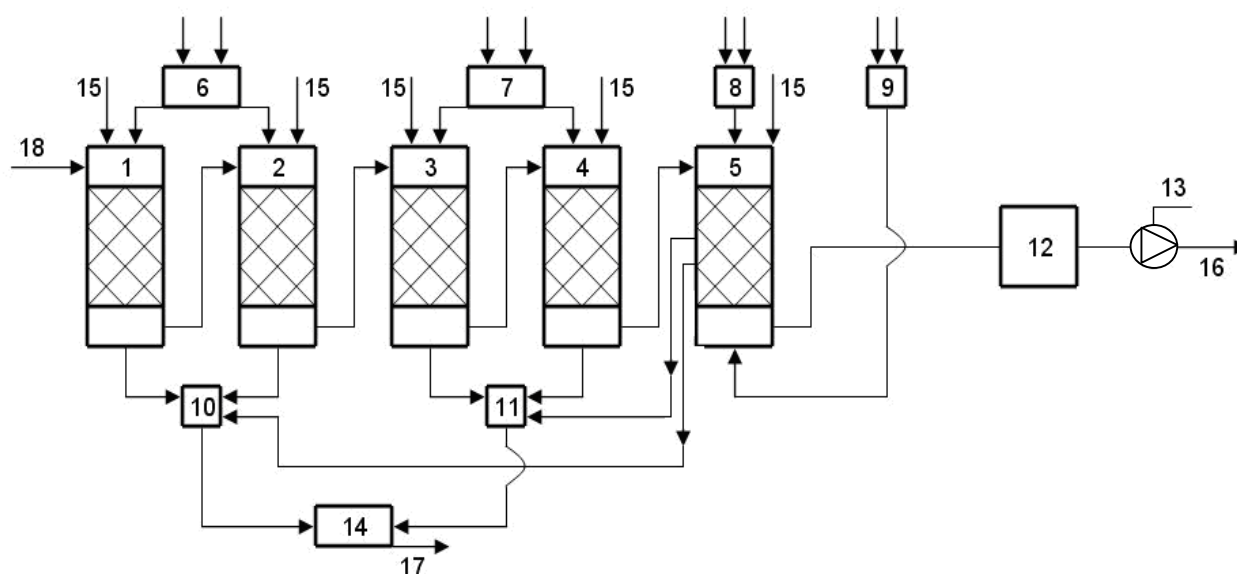


Рис. 2.3. Технологічна схема іонообмінного знесолення води:

1 – катіонообмінний фільтр I-го ступеню; 2 - катіонообмінний фільтр II-го ступеню; 3 – аніонообмінний фільтр I-го ступеню; 4 - аніонообмінний фільтр II-го ступеню; 5 - фільтр змішаної дії; 6, 9 – резервуари з розчином кислоти для регенерації катіонітів; 7, 8 – резервуари з розчином лугу для регенерації аніонітів; 10 - резервуари кислих стоків; 11 - резервуари лужних стоків; 12 - резервуари освітленої води; 13 – насос; 14 – нейтралізатор; 15 – подача води на промивання фільтрів; 16 – подача знесоленої води до споживача; 17 – відведення нейтральних стоків на утилізацію; 18 – подача реагентно пом'якшеної води на знесолення.

Дана технологія знесолення води передбачає двоступеневе катіонування і двоступеневе аніонування. Цей підхід реалізується для забезпечення більш повного знесолення води та зменшення витрати реагентів на регенерацію

іонообмінних матеріалів.

Низькоосновні аніоніти легше регенеруються лугом в порівнянні з високоосновними, що дозволяє застосовувати реагенти низьких концентрацій при невеликому надлишку реагенту (невеликій питомій витраті). Така ж закономірність і при регенерації слабкокислотних та середньої сили катіонітів в порівнянні з сильнокислотними.

Багатозарядні іони видаляються з сильно кислотного катіоніту значно важче, ніж однозарядні, тому на I-й стадії катіонування при лужності води близькій до жорсткості води доцільно використовувати слабкокислотні та середньої сили катіоніти в H^+ -формі. На цих іонітах затримуються катіони Ca і Mg ; на II-й стадії застосовують сильнокислотні катіоніти, які сорбують Na^+ , K^+ , NH_4^+ та інші одновалентні катіони.

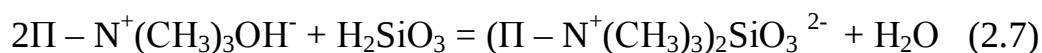
Коли постійна твердість води висока за відсутності лужності або при дуже малих її значеннях, на I-й стадії катіонування використовують сильнокислотні катіоніти, бо за цих умов слабкокислотні та середньої сили катіоніти погано сорбують іони Ca і Mg .

Якщо на I-й стадії використовують сильнокислотні катіоніти, двоступеневе катіонування є доцільним, бо дає можливість значно скоротити витрату реагенту на регенерацію катіонних фільтрів II-й стадії, на яких сорбуються однозарядні катіони. Для десорбції K^+ питома витрата реагенту в 2 - 3 рази менша, ніж для багатозарядних катіонів.

При катіонуванні води, як правило, катіоніти використовують в H^+ -формі, що призводить до підкислення води, тому на I-й стадії аніонування доцільно використовувати низькоосновні аніоніти, які ефективно зв'язують сильні і середньої сили кислоти:



На II-й стадії аніонування застосовують високоосновні аніоніти для вилучення з води аніонів слабких кислот:



Для глибокого деіонування води використовують фільтри змішаної дії

(сильнокислотні катіони в кислій формі та високоосновні аніони в основній формі).

2.3.4. Принципова схема очищення комунально-побутових та промислових стічних вод

Для очищення стічних вод великих і середніх міст, а також крупних підприємств частіше за все використовують біохімічне очищення води. Технологічні схеми очищення води в більшості випадків дуже близькі. Це обумовлено тим, що в великих містах стічні води підприємств після певного очищення скидаються в міську каналізацію і очищуються на загальноміських очисних спорудах. У малих містах на очисні споруди крупних підприємств скидаються комунальні побутові стоки. Це призвело до того, що були розроблені більш менш універсальні технологічні схеми очищення стічних вод.

Для очищення промислових та побутових стічних вод часто використовують типову схему, яка представлена на рис. 2.4.

Вода поступає у приймальні камери, де відбувається погашення надлишкового тиску, вирівнювання витрати води і вирівнювання концентрації забруднень. Приймальна камера знаходиться на найвищій відмітці місцевості, де розміщена станція очищення води. Це необхідно для того, щоб забезпечити рух води самотією по всій основній технологічній лінії. Від приймальної камери до водойми вода рухається самотією. Висотне розміщення споруд вибирається так, щоб запас висоти був достатній для того, щоб здолати гідравлічний опір споруди. Після приймальної камери вода поступає на решітки, де з неї видаляються крупні домішки. Затримані домішки складуються в контейнери і транспортуються на звалище. Можливий варіант, коли ці домішки подрібнюють і скидають в основний потік води. Очищена вода поступає на піскоуловлювачі, де затримується пісок і інші мінеральні домішки з великою гідравлічною крупністю. Затриманий пісок і осад відводяться на піскові майданчики.

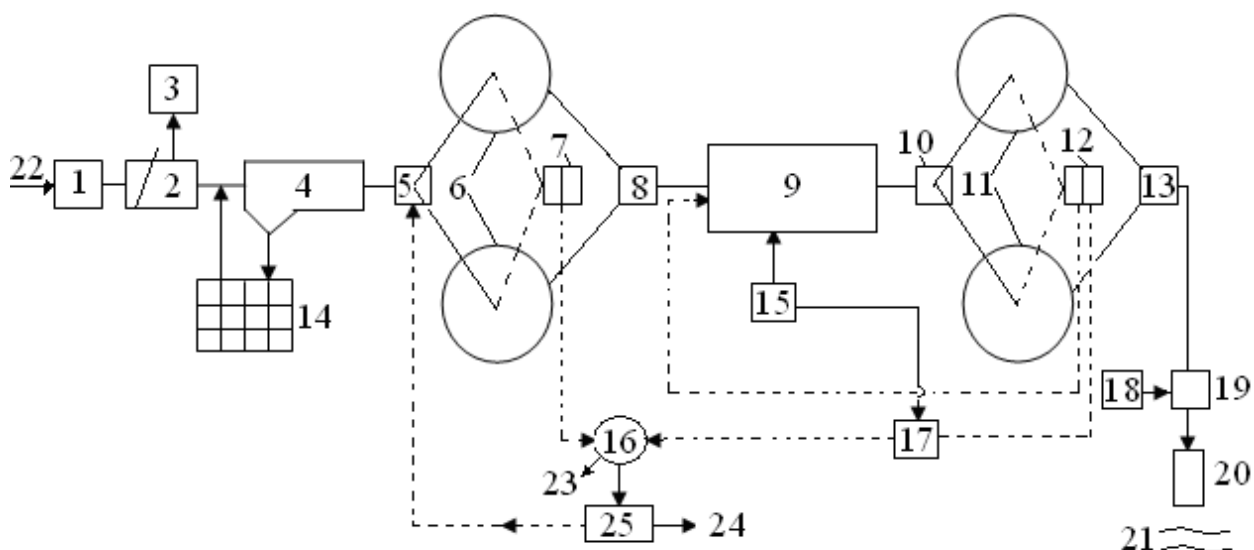


Рис. 2.4. Принципова технологічна схема очищення комунально-побутових та промислових стічних вод:

1 – приймальна камера; 2 – решітки; 3 – контейнер для складування покидьків; 4 – піскоуловлювач; 5 – розподільна камера; 6 – первинні відстійники; 7 – приймальна камера осаду (сирого) з насосною станцією; 8 – приймальна камера освітленої води; 9 – аеротенк; 10 – розподільна камера водомулової суміші; 11 – вторинні відстійники; 12 – приймальна камера активного мулу з насосною станцією; 13 – приймальна камера освітленої води; 14 – піскові майданчики; 15 – компресорна станція; 16 – метантенк; 17 – аеробні стабілізатори активного мулу; 18 – озонаторна установка; 19 – камера озонування; 20 – окислювальний канал; 21 – водойма; 22 – подача стічної води; 23 – відведення метану на теплостанцію; 24 – осад на компостування або захоронення; 25 – установка по зневодненню осаду.

Дренажні води з піскових майданчиків повертаються в основний потік води перед піскоуловлювачами. В первинних відстійниках з води відділяються завислі речовини, в окремих випадках можливе видалення жирів, які впливають на поверхню відстійників. У первинних відстійниках концентрація завислих речовин повинна знизитись до значень менших за 150 мг/дм^3 , тому що в аеротенки може поступати вода, яка містить завислих речовин не більше 150 мг/дм^3 . Осад, який відділяється в первинних відстійниках подається на метантенки, освітлена вода подається на аеротенки, куди подається і рециркуляційний активний мул. При проходженні водо-мулової суміші в аеротенку через неї постійно барботується повітря, яке подається за допомогою компресорів. Водомулова суміш із аеротенку

подається на вторинні відстійники, де концентрація завислих речовин після освітлення води знижується до 10 – 20 мг/дм³, БСК залишкове знижується до 15 мг/дм³. Частина активного мулу повертається в аеротенк, інша частина, яка дорівнює приросту активного мулу в аеротенку, направляється в аеробні стабілізатори і далі в метантенки. Освітлена вода після вторинних відстійників повинна обов'язково знезаражуватись, наприклад піддаватись озонуванню. Можливе застосування хлорування або знезараження за допомогою ультрафіолету. У випадку застосування хлорування після хлораторних установок обов'язково повинна бути стадія дехлорування води.

Окислювальний канал дозволяє за рахунок самоочищення води суттєво знизити залишкові концентрації завислих речовин у воді до значень 5 – 10 мг/дм³ і залишкові БСК до значень 4 – 6 мг/дм³.

Осади, які поступають в метантенки, зброджуються в анаеробних умовах з виділенням метану, який використовується для одержання енергії на теплостанціях. Зброджений осад з метантенків зневоднюють на установках по зневодненню осаду (шнекові або стрічкові фільтрпреси). Ефективне зневоднення осаду відбувається при використанні катіонних флокулянтів отриманих на основі поліакриламідів. Без використання флокулянтів процес зневоднення проходить не досить ефективно. При використанні флокулянту та відповідного обладнання вологість осаду після метантенку можна знизити до 50 – 60%, що суттєво спрощує його подальшу переробку. Порядок утилізації осадів після зневоднення залежить від їх хімічного складу. За відсутності важких металів, радіонуклідів та інших консервативних токсичних речовин осад направляється на компостування і використовується як органічне добриво. При наявності консервативних токсичних речовин в осаді він захоронюється в спеціально відведених місцях. В тих випадках, коли стічна вода не містить крупних домішок, в технологічній схемі можна використовувати гідроциклони, виключивши приймальні камери, решітки і піскоуловлювачі.

2.4. Розрахунок матеріального балансу

2.4.1. Вихідні дані для розрахунку матеріального балансу

Усі розрахунки матеріального балансу слід починати зі складання таблиць вихідних даних, тобто таблиць показників та параметрів, необхідних для розрахунків, числові значення яких беруться без обчислень. Для цього використовують різні матеріали: нормативно-технічну документацію, довідкову та спеціальну літературу, документи, опрацьовані студентом під час переддипломної чи технологічної практики на підприємствах чи станціях водоочищення або водопідготовки.

До вихідних даних відносять: характеристики води, що надходить на очищення, вимоги щодо необхідного ступеню очищення, концентрації домішок у воді до і після очисної споруди; характеристики шламів чи мулів, які виходять з очисних споруд чи подаються на інші споруди, концентрації розчинів, реагентів, тощо. Зібрані дані зводяться в табл. 2.1.

Таблиця 2.1. Вихідні дані до розрахунку матеріального балансу

Назва показника, його значення	Одиниця	Порядковий номер джерела інформації в списку літератури
1	2	3

2.4.2. Блок-схема матеріального балансу

Після збирання вихідних даних та перед обчисленням матеріального балансу складається принципова технологічна схема очищення води, так звана "блок-схема". У цій схемі вміщено тільки вузли, що підлягають розрахунку (рис. 2.5; 2.6). Об'єкти, в яких не змінюється концентрація домішок у воді чи концентрації мулів та шламів, а також вузли, що мають лише один вхід та один

вихід, у блок-схему не включаються.

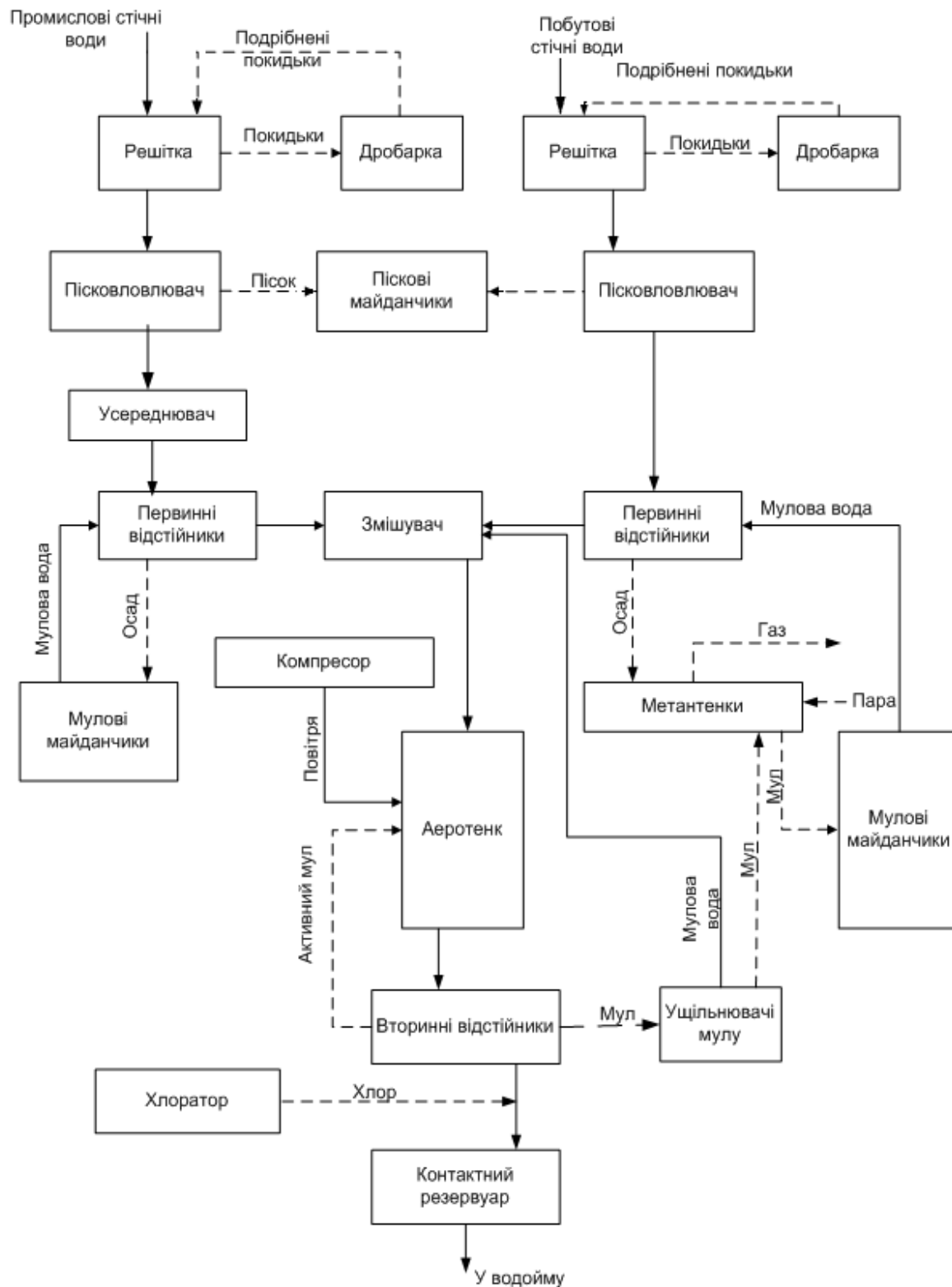


Рис. 2.5. Блок-схема очищення промислових та побутових стічних вод

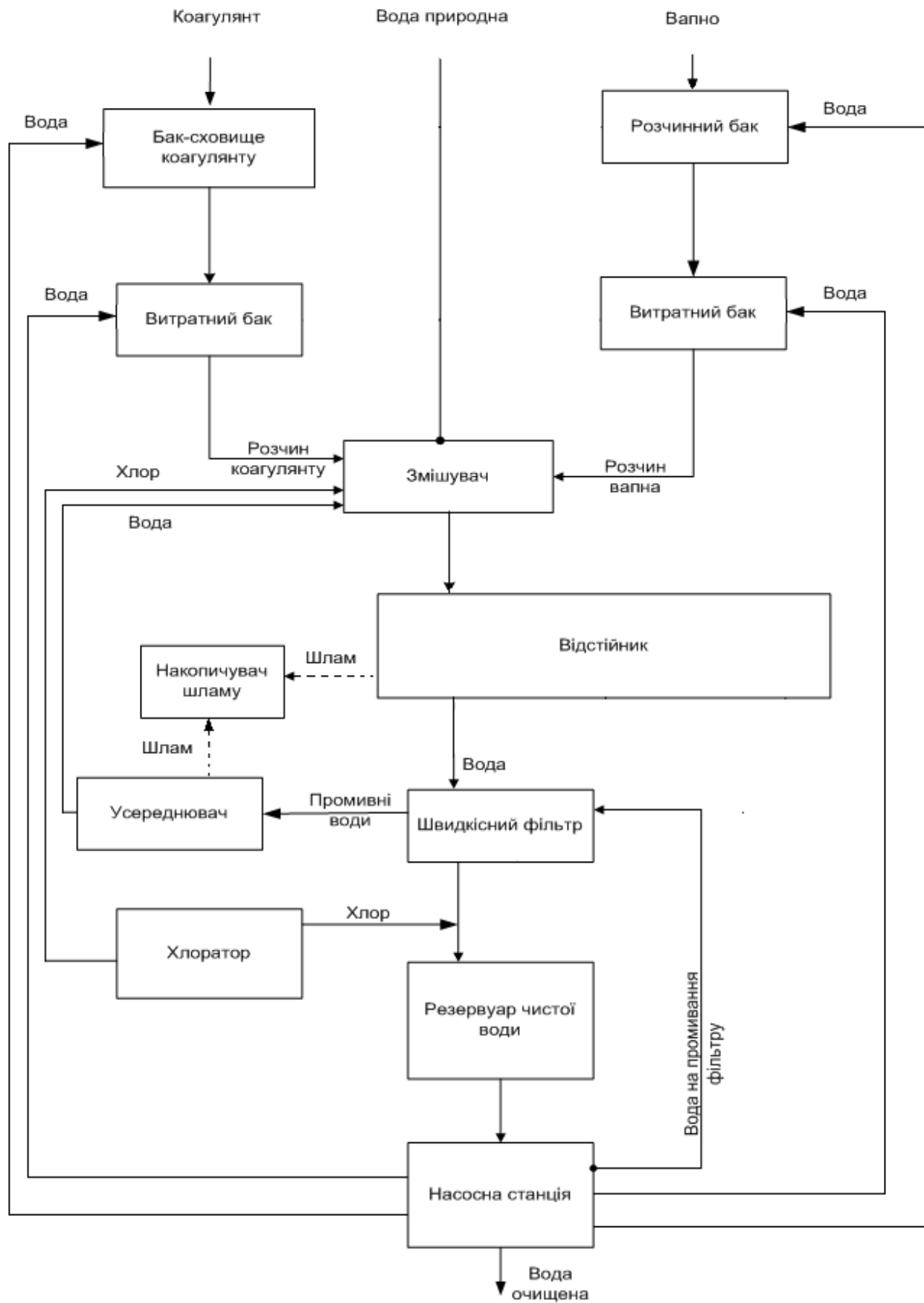


Рис. 2.6. Блок-схема очищення природної води

Для зручності розрахунку матеріального балансу на кожній вхідній та вихідній лініях вузла зазначається кількість води, кількість та концентрація мулу чи реагенту із таблиці вихідних даних, а невідомі значення обчислюються.

2.4.3. Матеріальний баланс

Матеріальний баланс є важливою частиною дипломного проекту. Розрахунок матеріального балансу дозволяє визначити витрати, кількість утворюваних шламів, мулів, газів, води на власні потреби станцій очищення і т.д. Виходячи з результатів розрахунку матеріального балансу, можна розрахувати та вибрати очисні споруди та обладнання для водопідготовки та водоочищення.

У зв'язку з тим, що в методичній літературі, як правило, не наводяться розрахунки матеріального балансу, наведемо приклади розрахунку матеріальних балансів для станцій водоочищення та водопідготовки. До цього зазначимо, що кожний студент може реалізувати власні підходи під час розрахунків матеріального балансу.

Приклад 1. Зробити розрахунок матеріального балансу станції очищення стічних вод з виробничою потужністю по побутових стічних водах 50 тис. м³/добу і по промислових стічних водах 30 тис м³/добу.

Для промислових стічних вод $БСК_{повн} = 220 \text{ мг/дм}^3$.

Для побутових стічних вод $БСК_{повн} = 200 \text{ мг/дм}^3$.

Гранично допустимий вміст змулених речовин у стічній воді становить 15 мг/дм³. Необхідний ступінь очищення відносно змулених речовин 93%.

Матеріальний баланс розраховується за блок-схемою, показаною на рис. 2.5.

Об'єм покидьків, затримуваних на решітках за добу, м³/добу:

$$W_{пок} = \frac{a_0 N_{пр}}{1000 \cdot 365}, \quad (2.10)$$

де a_0 - об'єм покидьків на одного жителя на рік за СНиП 2.04.03-85, $a_0 = 8 \text{ дм}^3$ для решіток з шириною прозору 16 - 19 мм; $N_{пр}$ – наведена кількість жителів.

$$N_{np} = \frac{Q \text{ БСК}_{повн.}}{a_1}, \quad (2.11)$$

де Q - витрата стічних вод, м^3 на добу; a_1 - добовий приріст БСК_{повн} на одного жителя, г/добу (за СНиП 2.04.37-85, табл. 3 – 40 г/добу).

Кількість покидьків, затримуваних на решітках за добу за вагою:

$$G_{пок} = g_{пок} W_{пок}, \quad (2.12)$$

де $\gamma_{пок}$ - густина покидьків за СНиП 2.04.03-8, $\gamma_{пок} = 0,75 \text{ т/м}^3$.

Отже, для промислових стічних вод:

$$N_{np} = \frac{30000 \cdot 220}{40} = 165000 \text{ жителів};$$

$$W_{пок} = \frac{8 \cdot 165000}{1000 \cdot 365} = 3,62 \text{ м}^3 / \text{добу};$$

$$G_{пок} = 3,62 \cdot 0,75 = 2,71 \text{ т/добу}.$$

Для побутових стічних вод:

$$N_{np} = \frac{50000 \cdot 200}{40} = 250000 \text{ жителів};$$

$$W_{пок} = \frac{8 \cdot 250000}{1000 \cdot 365} = 5,48 \text{ м}^3 / \text{добу};$$

$$G_{пок} = 5,48 \cdot 0,75 = 4,11 \text{ т/добу}.$$

Покидьки транспортером подаються на дробарки, після чого надходять в основний потік води перед решітками.

Згідно з нормативними документами об'єм затримуваного піску має становити $0,02 \text{ дм}^3$ на одного жителя на добу, вологість піску – 60%, густина піску – $1,5 \text{ т/м}^3$, вміст піску в осаді – 60%.

Отже, об'єм затримуваного піску, $\text{м}^3/\text{добу}$, обчислюється за формулою:

$$W_{писк} = \frac{N \cdot 0,02}{1000}. \quad (2.13)$$

Вага затримуваного піску, т/добу,

$$G_{писк} = W_{писк} \cdot 1,5. \quad (2.14)$$

Кількість води, що збирається з піском, т/добу:

$$G_{води} = G_{ніск} \cdot 0,6. \quad (2.15)$$

Для промислових стічних вод:

$$W_{ніск} = \frac{165000 \cdot 0,02}{1000} = 3,3 \text{ м}^3/\text{добу};$$

$$G_{ніск} = 3,0 \cdot 1,5 = 4,95 \text{ т/добу};$$

$$G_{води} = 4,95 \cdot 0,6 = 2,97 \text{ т/добу}.$$

Для побутових стічних вод :

$$W_{ніск} = \frac{250000 \cdot 0,02}{1000} = 5,0 \text{ м}^3/\text{добу};$$

$$G_{ніск} = 5,0 \cdot 1,5 = 7,5 \text{ т/добу};$$

$$G_{води} = 7,5 \cdot 0,6 = 4,5 \text{ т/добу}.$$

Кількість осаду, виділеного з первинних відстійників усіх типів, слід визначити виходячи з концентрації змулених речовин у воді, що надходить, та концентрації змулених речовин в освітленій воді .

Концентрація змулених речовин розраховується за формулою:

$$C_1 = \frac{a \cdot N_{np}}{Q}, \quad (2.16)$$

де a - кількість змулених речовин на одного жителя, за СНиП 2.04.03-85, $a = 65$ г/добу.

Для промислових стічних вод:

$$C_1 = \frac{65 \cdot 16500}{30000} = 357,5 \text{ мг/дм}^3.$$

Для побутових стічних вод:

$$C_1 = \frac{65 \cdot 25000}{50000} = 325 \text{ мг/дм}^3.$$

Концентрація змулених речовин в освітлених стічних водах, що подаються в аеротенк або на біологічні фільтри, не має перевищувати 150 мг/дм^3 .

Отже, концентрація змулених речовин на виході з первинних відстійників як промислових, так і побутових стічних вод $C_2 = 150 \text{ мг/дм}^3$.

Кількість осаду за сухою речовиною, т/добу:

$$Q_{\text{сух}} = \frac{Q(C_1 - C_2)}{10^6}. \quad (2.17)$$

Об'єм осаду, м³/добу:

$$V_{\text{ос}} = \frac{Q(C_1 - C_2)}{(100 - P)r \cdot 10^4}, \quad (2.18)$$

де ρ - густина осаду, приймається 1,05 т/м³; P - вологість осаду, %, її приймають в залежності від способу транспортування осаду. Під час транспортування під гідростатичним тиском (самостікання) $P = 95\%$, за наявності преаерації $P = 94,5\%$, а в разі передачі плунжерним насосом $P = 93,5\%$.

Візьмемо $P = 93,5\%$ (транспортування за допомогою плунжерних насосів).

Кількість осаду за сухою речовиною для промислових стічних вод:

$$Q_{\text{сух}} = \frac{30000(375,5 - 150)}{10^6} = 6,76 \text{ т/добу}.$$

Об'єм осаду для промислових стічних вод:

$$V_{\text{ос}} = \frac{30000(375,5 - 150)}{(100 - 93,5) \cdot 1,05 \cdot 10^4} = 99,12 \text{ м}^3 / \text{добу}.$$

Кількість осаду за сухою речовиною для побутових стічних вод:

$$Q'_{\text{сух}} = \frac{50000(325 - 150)}{10^6} = 8,75 \text{ т/добу}.$$

Об'єм осаду для побутових стічних вод:

$$V_{\text{ос}} = \frac{50000(325 - 150)}{(100 - 93,5) \cdot 1,05 \cdot 10^4} = 128,2 \text{ м}^3 / \text{добу}.$$

Осад після первинних відстійників промислових стічних вод надходить на мулові майданчики, а побутових стічних вод - у метантенк.

Вологість осаду після первинних відстійників промислових стічних вод на мулових майданчиках знижується до 75 – 80%, тому приблизно 20% об'єму осаду повертається в первинні відстійники у вигляді мулових вод.

$$V_{\text{м.в.}} = V_{\text{ос}} \cdot 0,2 = 99,12 \cdot 0,2 = 19,84 \text{ м}^3 / \text{добу}.$$

Кількість сухої речовини активного мулу, що відводиться з вторинних відстійників:

$$M_{\text{сух}} = \frac{(0,8C(1-E) + aL_a - b)Q}{10^6}, \quad (2.19)$$

де C - концентрація змулених речовин у воді, що надходить на первинні відстійники, мг/дм^3 ; E - ефективність затримання змулених речовин, частки одиниці; L_a - БСК_{повн} стічної води, що надходить в аеротенки, мг/дм^3 ; a - коефіцієнт приросту активного мулу, $a = 0,3 - 0,5$; b - концентрація активного мулу після вторинних відстійників, мг/дм^3 ; Q - середньодобова витрата стічних вод, $\text{м}^3/\text{добу}$.

Концентрація змулених речовин у промислових стічних водах – $357,5 \text{ мг/дм}^3$, у побутових 325 мг/дм^3 , а середня для суміші вод:

$$C = \frac{357,5 \cdot 30000 + 325 \cdot 50000}{80000} = 337,2 \text{ мг/дм}^3$$

Для суміші стічних вод:

$$БСК_{\text{повн}} = \frac{200 \cdot 50000 + 220 \cdot 30000}{80000} = 207,5 \text{ мг/дм}^3$$

Враховуючи те, що ефективність зниження БСК під час відстоювання без інтенсифікації досягає 15 – 25%, маємо:

$$L_a = 207,5(1 - 0,25) = 155,6 \text{ мг/дм}^3$$

Ефективність затримання для промислових стічних вод у первинних відстійниках:

$$E_{\text{пр}} = \frac{357,5 - 150}{357,5} = 0,58,$$

для побутових стічних вод:

$$E_{\text{поб}} = \frac{325 - 150}{325} = 0,54$$

Середня ефективність для промислових та побутових стічних вод:

$$E = \frac{337,2 - 150}{337,2} = 0,55$$

Середньодобова витрата стічних вод:

$$Q = 50000 + 30000 = 80000 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Беремо $b = 15 \text{ мг/дм}^3$, $a = 0,4$. Тоді

$$M_{\text{сух}} = \frac{(0,8 \cdot 337,2(1 - 0,55) + 0,4 \cdot 155,6) \cdot 80000}{10^6} = 13,5 \text{ т/добу}.$$

Об'єм надлишкового активного мулу, м³/добу:

$$V_{\text{мул}} = \frac{100 \cdot M_{\text{сух}}}{(100 - P) \rho_{\text{мул}}}, \quad (2.20)$$

де P - вологість мулу після вторинних відстійників (може бути 99,2 - 99,7%, приймаємо 99,2%); $\rho_{\text{мул}}$ - густина мулу після вторинних відстійників, $\rho_{\text{мул}} = 1 \text{ т/м}^3$.

$$V_{\text{мул}} = \frac{100 \cdot 13,5}{(100 - 99,2) \cdot 1} = 1686,3 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Доза активного мулу під час розрахунку аеротенків–витиснювачів без регенерації береться такою, що дорівнює 3 - 5 мг/дм³, а в разі регенерації – 2 - 4,5 г/дм³.

Концентрація змулених речовин у процесі подачі на аеротенки не має бути більшою від 150 мг/дм³, а БСК_{повн} залежить від конструкції аеротенку. Коли БСК_{повн} у воді, що надходить на очищення, перевищує 150 мг/дм³, а також за наявності шкідливих промислових домішок необхідно застосовувати аеротенк з регенерацією.

Ми беремо аеротенк з регенерацією, а дозу активного мулу 3 г/дм³.

Кількість активного мулу, що виноситься із стічними водами з аеротенка, становить:

$$\frac{80000 \cdot 3}{1000} = 240 \text{ т/добу}.$$

Активний мул повертається в аеротенк, за винятком приросту активного мулу: $240 - M_{\text{сух}} = 240 - 13,5 = 226,5 \text{ т/добу}.$

Якщо вологість 99,2%, його об'єм:

$$V = \frac{226 \cdot 100}{100 - 99,2} = 28250 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Весь добовий приріст активного мулу, який за вологості 99,2% становить 1686,3 м³/добу, надходить в ущільнювач мулу. В ущільнювачі його вологість зменшується до 97,3%. Тоді кількість мулу, який подається на метантенк, буде:

$$\frac{13,49 \cdot 100}{100 - 97,3} = 499,63 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Кількість відділеної мулової води становитиме:

$$1686,3 - 499,63 = 1186,62 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

На метантенк надходить осад після первинних відстійників побутових стічних вод, а також надлишковий мул. Загальний об'єм осаду:

$$V_z = V_{oc} + V_M, \quad (2.21)$$

де V_{oc} , V_M - об'єм відповідно осаду та мулу, $\text{м}^3/\text{добу}$.

$$V_z = 128,2 + 449,63 = 577,83 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

За сухою речовиною загальна кількість осаду:

$$M_{сух}^3 = O_{сух} + M_{сух}, \quad (2.22)$$

де $O_{сух}$, $M_{сух}$ - кількість відповідно осаду і мулу за сухою речовиною, т/добу:

$$M_{сух}^3 = 8,75 + 13,5 = 22,25 \text{ т/добу}.$$

Кількість беззольної речовини осаду $O_{без}$ та активного мулу $M_{без}$, т/добу, відповідно обчислюємо за формулами:

$$O_{без} = \frac{O'_{сух} (100 - B_{\Gamma}) (100 - 3_{oc})}{100 \cdot 100}; \quad (2.23)$$

$$M_{без} = \frac{M_{сух} (100 - B_{\Gamma}') (100 - 3_{мул})}{100 \cdot 100}, \quad (2.24)$$

де B_{Γ} , B_{Γ}' - гігроскопічна вологість осаду і мулу, %; 3_{oc} , $3_{мул}$ - зольність сухої речовини осаду і мулу.

Візьмемо зольність осаду 30%, активного мулу 25%, гігроскопічну вологість B_{Γ} і B_{Γ}' - 5%. Під час розрахунку дипломного проекту ці дані беруть з матеріалів переддипломної практики.

$$O_{без} = \frac{8,75(100 - 5)(100 - 30)}{10000} = 5,82 \text{ т/добу};$$

$$M_{без} = \frac{13,5(100 - 5)(100 - 25)}{10000} = 9,61 \text{ т/добу}.$$

Загальна кількість беззольної речовини, яка надходить у метантенк:

$$M_{без}^3 = 5,82 + 9,61 = 15,43 \text{ т/добу}.$$

Середні значення вологості та зольності мулу, що надходить на переробку в метантенк, обчислюємо за формулами:

$$B_{\text{сум}} = 100 \left(1 - \frac{M_{\text{сух}}^3}{V^3} \right); \quad (2.25)$$

$$Z_{\text{сум}} = 100 \left(1 - \frac{\frac{M_{\text{без}}^3}{\frac{Q'_{\text{сум}}(100 - B_{\Gamma})}{100} + \frac{M_{\text{сух}}(100 - B_{\Gamma}')}{100}}}{100} \right). \quad (2.26)$$

$$B_{\text{сум}} = 100 \left(1 - \frac{22,34}{577,83} \right) = 98,15\%$$

$$Z_{\text{сум}} = 100 \left(1 - \frac{\frac{15,43}{\frac{8,75(100 - 5)}{100} + \frac{13,5(100 - 5)}{100}}}{100} \right) = 27\%$$

Границя розкладу суміші осаду та мулу в метантенку обчислюється за формулою:

$$a_{\text{сум}} = \frac{(a_0 O_{\text{без}} + a_{\text{м}} M_{\text{без}})}{M_{\text{без}}^3}, \quad (2.27)$$

де a_0 , $a_{\text{м}}$ - границі розкладу осаду і мулу, які обчислюють за даними хімічного аналізу, а в разі їх відсутності дозволяється брати $a_0 = 53\%$, $a_{\text{м}} = 44\%$:

$$a_{\text{сум}} = \frac{(53 \cdot 5,82 + 44 \cdot 9,61)}{15,43} = 47,4\%$$

Вихід газу y' , м^3 , на 1 кг завантаженої беззольної речовини (густину газу беремо такою, що дорівнює 1), вираховуємо за формулою:

$$y' = \frac{(a_{\text{сум}} - H \cdot D)}{100}, \quad (2.28)$$

де H - експериментальний коефіцієнт, за табл. 61 СНиП 2.04.03-85 ($H = 0,56$); D - добове завантаження осаду в метантенк, %, береться за таблицею 2.2.

Для нашого випадку, якщо $B_{\text{сум}} = 96,15\%$, $D = 19\%$, тоді:

$$y' = 47,4 - \frac{0,56 \cdot 19}{100} = 0,373 \text{ м}^3 / \text{кг}.$$

Сумарний вихід газу:

$$\Gamma = y' \cdot M_{\text{без}}^3 \cdot 1000 = 0,373 \cdot 15,43 \cdot 1000 = 5757 \text{ м}^3 / \text{кг}.$$

Таблиця 2.2. Добове завантаження осаду в метантенк

Режим бродіння	Доза завантаження,%, при вологості осаду, що завантажується, %, не більше				
	93	94	95	96	97
Мезофільний	7	8	8	9	10
Термофільний	14	16	17	18	19

Знаючи ступінь розкладу $a_{\text{сум}}$, легко можна обчислити масу беззольної речовини у збродженій суміші:

$$M'_{\text{без}} = \frac{15,43 \cdot (100 - 47,4)}{100} = 8,12 \text{ т/добу}.$$

Зольна частина осаду становить:

$$M = M_{\text{сух}} - M'_{\text{без}} = 22,24 - 15,43 = 6,81 \text{ т/добу}.$$

Маса сухої речовини в збродженій суміші:

$$M_{\text{сух}} = M_z + M'_{\text{без}}.$$

$$M_{\text{сух}} = 6,81 + 8,12 = 14,93 \text{ т / добу}.$$

Приймаючи об'єм осаду, що виходить з метантенку, рівним об'єму осаду, що надходить, визначимо вологість збродженої суміші із співвідношення:

$$B_{\text{сум}} = 100 - \frac{M'_{\text{сух}}}{V'_{\text{мет}}} \cdot 100 = 100 - \frac{14,93 \cdot 100}{577,83} = 97,4\%$$

У мулі міститься води:

$$\frac{97,4 \cdot 577,83}{100} = 562,9 \text{ т/добу}.$$

Із них 20%, тобто 112,6 т/добу повертається з мулових майданчиків у первинний відстійник стічних вод.

Питома витрата повітря, $\text{м}^3/\text{м}^3$ очищеної води за пневматичної аерації аеротенка:

$$q_{\text{пов}} = \frac{q_0 \cdot (L_a - L \cdot t)}{K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_T \cdot (c_a - c_o)}, \quad (2.29)$$

де q_0 - питома втрата кисню, мг на 1 мг знятої БСК_{повн}; в разі очищення до БСК_{повн} 15 – 20 мг/г – 1,1; K_1 - коефіцієнт, що враховує тип аератору.

За дрібнобульбашкової аерації K_1 береться залежно від співвідношення площ аерованої зони та аеротенка таким:

$\frac{f_{az}}{f_{at}}$	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	2,13	2,3
$I_a, \text{max м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{год})$	5	10	20	30	40	50	75	100

Для середньобульбашкової та низьконапірної аерації $K_1 = 0,75$;

K_2 - коефіцієнт, що залежить від глибини занурення аератора h_a , становить:

$h_a, \text{м}$	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	2,08	2,52	2,92	3,3
$I_a, \text{min м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{год})$	48	42	38	32	28	24	4	3,5	3	2,5

I_a - інтенсивність аерації; K_T - коефіцієнт, що враховує температуру стічних вод.

$$K_T = 1 + 0,02 / (T_w - 20),$$

де T_w - середньомісячна температура за літній період; K_3 - коефіцієнт якості води.

Для міських стічних вод $K_3 = 0,85$, за наявності синтетичних миючих засобів приймається залежно від співвідношення f_{az} / f_{at} .

$\frac{f_{az}}{f_{at}}$	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

Для промислових стічних вод коефіцієнт K_3 визначають за дослідними даними, за їх відсутності K_3 допускається брати 0,7;

C_a - розчинність кисню повітря у воді:

$$C_a = \left(1 + \frac{h_a}{20,6} \right) \cdot C_T, \quad (2.30)$$

де C_T - розчинність кисню повітря у воді залежно від температури й тиску, становить:

$T, ^\circ\text{C}$	5	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
$C_T, \text{мг/дм}^3$	17,79	11,27	10,75	10,26	9,82	9,4	9,02	8,67	8,33	8,02	7,72

C_0 – середня концентрація кисню в аеротенку, мг/дм^3 , в першому наближенні можна взяти 2 мг/дм^3 .

Для нашого випадку $L_a = 155,6$; $L_t = 15 \text{ мг/дм}^3$. Концентрацію кисню C_0 беремо 2 мг/дм^3 .

Візьмемо дрібнобульбашковий аератор із співвідношенням площі аерації до площі аеротентка $\frac{f_{az}}{f_{at}} = 0,1$; $h_a = 4,3 \text{ м}$. Тоді $K_1 = 1,47$; $K_2 = 2,64$; $K_3 = 0,7$; $q_0 = 1,1$; $C_{T,21^\circ\text{C}} = 8,84$;

$$C_a = \left(1 + \frac{4,5}{20,6}\right) \cdot 8,84 = 10,69 \text{ мг/дм}^3;$$

$$K_T = 1 + \frac{0,02}{(21 - 20)} = 1,02.$$

Питома витрата повітря:

$$q_{\text{пов}} = \frac{1,1(156,6 - 15)}{1,47 \cdot 2,64 \cdot 1,02 \cdot 0,7(10,69 - 2)} = 6,42 \text{ м}^3 / \text{м}^3.$$

На $80000 \text{ м}^3/\text{добу}$ води потрібно повітря $6,42 \cdot 80000 = 5136073 \text{ м}^3/\text{добу}$.

Отримані результати потрібно звести в таблицю матеріального балансу, де слід зазначити всі споруди, приток та витрати з них води, осаду, активного мулу.

Приклад 2. Розрахувати матеріальний баланс станції очищення води виробничою потужністю $76000 \text{ м}^3/\text{добу}$. Джерело водопостачання – річка; показники якості води наведені в табл. 2.3, призначення станції - господарсько-питне водопостачання, станція працює цілодобово.

Схему очищення беремо аналогічну, показаній на рис. 2.6.

Повна розрахункова виробнича потужність водоочисної станції, враховуючи витрати води на власні потреби:

$$Q = \alpha \cdot Q_{\text{кор}}, \quad (2.31)$$

де α - коефіцієнт, що враховує витрати води на власні потреби очисної станції. Згідно зі СНиП 2.04.02-84 $\alpha = 1,03 - 1,04$ за повторного використання промивних вод від фільтрів; $\alpha = 1,10 - 1,14$ без їх повторного використання; $Q_{\text{кор}}$ - корисна виробнича потужність станції, $\text{м}^3/\text{добу}$; $Q_{\text{кор}} = 76000 \text{ м}^3/\text{добу}$.

Таблиця 2.3. Характеристики води

Показник	Значення показника
Концентрація змулених речовин , мг/дм ³	140 - 410
Кольоровість, град	80 - 167
Запах, смак, присмак, балів	3
Жорсткість, ммоль/дм ³ (мг-екв/дм ³)	1,59
Жорсткість загальна, ммоль/дм ³ (мг-екв/дм ³)	0,74
Вміст заліза, мг/дм ³	0,9
Водневий показник рН	7,4 - 7,75
Окислюваність, мг/дм ³ O ₂	8 - 11
Колі-індекс	460

За вибраної схеми очищення $\alpha = 1,03$. Тоді $Q = 1,03 \cdot 76000 = 78280$ м³/добу. Доза коагулянту в перерахунку на Al₂(SO₄)₃ береться за табл. 2.4 залежно від вмісту (максимального) у воді змулених речовин ($D_k = 45$ мг/дм³) або за формулою:

$$D_k = 4\sqrt{K}, \quad (2.32)$$

де K - кольоровість води, град;

$$D_k = 4\sqrt{167} = 52 \text{ мг/дм}^3.$$

За розрахункове беремо друге значення - 52 мг/дм³. Дозу вапна для підвищення основності води обчислюємо за формулою:

$$D_{\text{ван}} = 28 \cdot (0,0175 \cdot D_k - Ж + 1), \quad (2.33)$$

де Ж - мінімальна карбонатна жорсткість води, ммоль/дм³.

$$D_{\text{ван}} = 28 \cdot (0,0175 \cdot 52 - 0,85 + 1) = 30 \text{ мг/дм}^3.$$

Жорсткість води Ж визначена як різниця загальної та постійної жорсткості.

За мокрого зберігання коагулянту його добова витрата:

$$Q_k = \frac{Q \cdot D_k}{10000 \cdot P} \quad (2.34)$$

Де Q- витрата води; P- вміст основного компоненту в коагулянті, %

$$Q_k = \frac{78280 \cdot 52}{10000 \cdot 50} = 8,14 \text{ т/добу}.$$

Таблиця 2.4. Залежність дози коагулянту від каламутності води

Вміст змулених речовин, мг/дм ³	Доза безводного коагулянту для обробки каламутних вод, мг/дм ³	
	Грубодисперсні змулені речовини	Тонкодисперсні змулені речовини
До 100	25	35
Від 100 до 200	30	40
Від 200 до 300	35	45
Від 400 до 600	45	50
Від 600 до 800	50	60
Від 800 до 1000	60	70
Від 1000 до 1500	70	80

Маса чистого (100 %-го) коагулянту становить $8,14 \cdot 0,5 = 4,07$ т/добу.

У баках сховища коагулянт розчиняється до 20%-ї концентрації.

Для отримання 20%-го розчину потрібна кількість води:

$$Q'_{\text{води}} = \frac{4,07 \cdot 80}{20} - 4,07 = 12,21 \text{ т/добу}.$$

У витратних баках розчин доводиться до концентрації 5%. У ці баки потрібно додати води:

$$Q''_{\text{води}} = \frac{4,07 \cdot 95}{5} - (Q'_{\text{вод}} + 4,07) = 77,33 - 12,21 - 4,07 = 61,05 \text{ т/добу}.$$

Усього з витратних баків подається розчину коагулянту:

$$4,07 + 4,07 + 12,21 + 61,05 = 81,4 \text{ т/добу}.$$

Подача вапна на станції передбачається у вигляді вапняного тіста, вміст безводного продукту в якому дорівнює 40%.

Добова витрата вапна:

$$Q_{\text{вап}} = \frac{D_{\text{вап}} \cdot Q}{10000 \cdot P}, \quad (2.35)$$

де $P = 40\%$ - вміст основного продукту.

$$Q_{\text{вап}} = \frac{30 \cdot 78280}{10000 \cdot 40} = 5,87 \text{ т/добу.}$$

Витрата чистого вапна становить $5,87 \cdot 0,4 = 2,35$ т/добу.

Вміст води у вапні $5,87 - 2,35 = 3,52$ т/добу.

З баків сховищ вапно 15%-ї концентрації подається у витратний бак.

Для отримання розчину в бак-сховище треба подати води:

$$Q'_{\text{води}} = \frac{2,35 \cdot 85}{15} - 3,52 = 9,80 \text{ т/добу.}$$

У витратних баках концентрація вапна доводиться до 5%. Для отримання розчину потрібно води:

$$Q^{IV}_{\text{води}} = \frac{2,35 \cdot 95}{5} - 9,8 - 3,52 = 31,33 \text{ т/добу.}$$

Усього кількість розчину, що подається з витратних баків вапна, буде:

$$2,35 + 3,52 + 9,8 + 31,33 = 47 \text{ т/добу.}$$

Концентрація змулених речовин, що надходить в відстійник, обчислюється за формулою:

$$C = M + K_1 \cdot D_k + 0,25 \cdot K + C_H, \quad (2.36)$$

де M - вміст змулених речовин у воді, г/м^3 ; K_1 - коефіцієнт для очищеного $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, що дорівнює 0,5; K - кольоровість води, град; C_H - вміст нерозчинених речовин, що вносяться з вапном.

$$C_H = \frac{D_{\text{вап}}}{K_2} - D_{\text{вап}}; \quad K_2 \text{ зазвичай дорівнює } 0,4 - 0,6;$$

$$C_H = \frac{30}{0,4} - 30 = 45 \text{ мг/дм}^3;$$

$$C = 410 + 0,5 \cdot 52 + 0,25 \cdot 167 + 45 = 523 \text{ г/м}^3.$$

Концентрація ущільненого осаду δ при терміні ущільнення 24 години береться такою, що дорівнює 60000 г/м^3 за табл. 2.5. Концентрацію змулених речовин у воді, що виходить з відстійника, беремо 10 г/м^3 .

Таблиця 2.5. Характеристики осаду в залежності від каламутності води

Вміст змулених речовин у воді	Реагент	Середня концентрація твердої фази в осаді, г/м ³ , при інтервалах між вивантаженнями осаду		
		6 год	12 год	24 год
До 50	Коагулянт	9000	12000	15000
50 - 100	Коагулянт	12000	16000	20000
100 - 400	Коагулянт	20000	32000	40000
400 - 1000	Коагулянт	35000	50000	60000
1000 - 1500	Коагулянт	80000	100000	120000
Вище 1500	Флокулянт	90000	140000	160000
Вище 1500	Без реагентів	200000	250000	300000

Отже, кількість шламу за сухою речовиною, що утворюється за добу:

$$M_{ш} = \frac{(C-10) \cdot Q}{10^6} = 40,16 \text{ т/добу.} \quad (2.37)$$

При $\delta = 60000$ г/м³ об'єм шламу:

$$W_{ш} = \frac{M_{ш} \cdot 10^6}{d} = \frac{40,16 \cdot 10^6}{60000} = 669,33 \text{ м}^3/\text{добу.}$$

Об'єм шламу, що перекачується в шламосховище, потрібно визначати, враховуючи коефіцієнт розчинення осаду, за його транспортування, що дорівнює 1,5 (при гідравлічному транспортуванні шламу):

$$W_{ш}^{\prime} = 1,5 \cdot W_{ш} = 1,5 \cdot 669,33 = 1004 \text{ м}^3/\text{добу.}$$

Для того, щоб обчислити необхідну кількість води для промивання фільтрів, слід розрахувати загальну площу фільтрування:

$$F = \frac{Q}{T \cdot u_H - n \cdot 3,6 \cdot \omega \cdot t_1 - n \cdot t_2 \cdot u_H}, \quad (2.38)$$

де $Q = 78280$ м³/добу; T - час роботи станції за добу, $T = 24$ години; u_H - нормальна швидкість фільтрування за нормального режиму, м/год; ω - інтенсивність промивання фільтра, л/(с·м³);

t_1 - термін промивання, год.; n – кількість промивань кожного фільтра на добу за нормального режиму експлуатації (2 – 3); t_2 - термін простою фільтра у зв'язку з промиванням (при водяному - 0,33 год., при повітряному - 0,5 год.).

Беремо одношаровий піщаний фільтр з діаметром зерен 0,7 - 1,6 мм та висотою шару 1,5 м (табл. 2.6).

За таблицею 2.6 швидкість фільтрування $v_n = 8$ м/год, $\omega = 16$ л/(с·м²), $t_1 = 0,1$ год. При водяному промиванні $t_2 = 0,33$ год. Кількість промивань на добу візьмемо $n = 2$.

$$F = \frac{78280}{24 \cdot 8 - 2 \cdot 3,6 \cdot 16 \cdot 0,1 - 2 \cdot 0,33 \cdot 8} = 446,8 \text{ м}^2. \quad (2.39)$$

Кількість фільтрів:

$$N = \frac{\sqrt{F}}{2} = \frac{\sqrt{446,8}}{2} \approx 11$$

$$\text{Площа одного фільтра} - \frac{446,8}{11} = 41 \text{ м}^2.$$

Слід брати типовий елемент фільтру розміром $5 \times 12 = 60 \text{ м}^2$.

Витрати води на промивання одного фільтру:

$$q_{\text{пром}} = \omega \cdot F_1, \quad (2.40)$$

де F - площа одного фільтру ($F = 60 \text{ м}^2$).

$$q_{\text{пром}} = 16 \cdot 60 = 960 \text{ дм}^3/\text{с}.$$

Якщо врахувати, що для одного фільтру $t = 0,1$ год. = 6 хв = 360 сек, а $n = 2$, тоді на добу на промивання одного фільтру витрачається:

$$q'_{\text{пром}} = q_{\text{пром}} \cdot t_1 \cdot n. \quad (2.41)$$

$$q'_{\text{пром}} = 960 \cdot 360 \cdot 2 = 691200 \text{ дм}^3 = 691,2 \text{ м}^3.$$

Для 11 фільтрів кількість води на промивання складає на добу:

$$q''_{\text{пром}} = q'_{\text{пром}} \cdot 11 = 691,2 \cdot 11 = 7608 \text{ м}^3.$$

Така сама кількість води щодоби після усереднювача подається на початок технологічної схеми.

Маса шламу, що відділяється в усереднювачі промивних вод буде:

$$M_{\text{ш}}' = \frac{(10 - 0,5)78280}{10^6} = 0,744 \text{ т}.$$

Таблиця 2.6. Характеристики фільтрів

Тип фільтру	Характер фільтруючого шару		Швидкість фільтрування, v_n , м/год, за режиму		Інтенсивність промивання, л/(с · м ²)		Терміни промивання t_1 , хв	Відносне розширення завантаження, %
	діаметр зерен, мм	висота шару, м	нормального	форсованого	водяного	повітряного		
Одношаровий із піску	0,5-1,2	0,7-0,8	5-6	6-7,5	12-14	-	6-5	45
	0,7-1,6	1,3-1,5	6-8	7-9,5	14-16	-	6-5	30
	0,8-2	1,8-2	8-10	10-12	16-18	-	6-5	25
Одношаровий із подрібненого керамзиту	0,5-1,2	0,7-0,8	6-7	7-9	12-15	-	7-6	45
	0,7-1,6	1,3-1,5	7-9,5	8,5-11,5	12-15	-	7-6	30
	0,8-2	1,8-2	9,5-12	12-14	12-15	-	7-6	25
Двошаровий (верхній шар - антрацит, нижній - пісок)	0,8-1,8 (антрацит)	0,4-0,5	7-10	8,5-12	14-16	-	7-6	50
	0,5-1,2 (пісок)	0,7-0,8						

$$\text{Об'єм шламу буде : } W'_{ш} = \frac{0,744 \cdot 10^6}{60000} = 12,4 \text{ м}^3.$$

При цьому враховували, що концентрація завислих речовин перед фільтром 10 мг/дм³, після фільтру – 0,5мг/дм³. Концентрація завислих речовин в осаді

усереднювала – 60000г/м³.

Витрата хлору за первинного хлорування:

$$q'_x = \frac{Q D_x}{1000}, \quad (2.42)$$

де D_x - доза хлору, яка за первинного хлорування може бути 3 - 10 мг/дм³, для вторинного 1- 3 мг/дм³ (г/м³). Візьмемо $D_x' = 3$ г/м³, $D_x'' = 2$ г/м³.

$$q'_{x} = \frac{Q \cdot 3}{1000} = 234,84 \text{ кг/добу.}$$

За вторинного хлорування:

$$q''_{x} = \frac{Q \cdot 2}{1000} = \frac{78280 \cdot 2}{1000} = 156,56 \text{ кг/добу.}$$

Враховуючи отримані результати, необхідно після уточнення показати на схемі рис.2.6 всі потоки.

Після завершення розрахунку матеріального балансу, отримані результати зводять в таблицю.

В разі, коли вихідних даних недостатньо для розрахунку матеріального балансу без детальних розрахунків очисних споруд, то матеріальний баланс розрахувати окремо недоцільно. Основні потоки визначають при розрахунку очисних споруд. При цьому розрахунки ведуть, виходячи з максимальної витрати природної чи стічної води на станції.

2.5. Короткі теоретичні дані про хімічні, фізичні та біологічні процеси, що реалізуються в даній технологічній схемі водоочищення

У цьому розділі відповідно до літературних даних слід описати процеси, що покладені в основу технологічної схеми очищення води. Потрібно розкрити суть процесів, які проходять за того чи іншого методу очищення, показати вплив тих чи інших факторів під час вибору оптимальних умов проведення процесу очищення. Необхідно проаналізувати переваги та недоліки методів очищення,

порівняти їх з альтернативними варіантами.

2.6. Контроль, автоматизація та регулювання процесів водоочищення та водопідготовки

Проектування очисних споруд має виконуватись у комплексі з проектуванням засобів та систем автоматизації очисних споруд.

Обсяг автоматизації та контролю очисних споруд слід визначати в кожному конкретному випадку залежно від виробничої потужності, складу очисних споруд та обґрунтовувати техніко-економічними розрахунками.

Обсяг автоматизації керування очисними спорудами слід визначати згідно зі СНиП 2.04.02-84 та СНиП 2.04.03-85.

Автоматизацію керування очисними спорудами необхідно ув'язати із структурою очисних споруд.

Диспетчерське керування має бути одноступеневим, з одним диспетчерським пунктом, для найбільших систем – двоступеневе з центральним та місцевим диспетчерськими пунктами.

У диспетчерський пункт управління слід передавати таку інформацію:

а) виміри:

якості (рН, концентрація забруднень) та витрати води, що поступає на очисні споруди;

якості та витрати очищених вод, що надходять на виробництво або скидаються в каналізацію чи водойми;

якості води після обробки на основних агрегатах та установках технологічної лінії обробки води;

б) відомості:

про робочий стан обладнання, що має дистанційне керування;

технологічні параметри, що досягнули граничного значення;

аварійний стан технологічного обладнання, що працює в автоматичному режимі;

параметри води після її обробки на основних агрегатах та установках і в кінці очисних споруд;

рівні води в резервуарах, у яких можливе переливання в разі порушення технологічних процесів;

концентрації вибухонебезпечних та токсичних газів.

Автоматизація керування очисними спорудами має передбачати технічні засоби, що забезпечують:

виконання операторами на робочих місцях операцій керування обладнанням під час його налагодження та випробування;

контроль за технологічним процесом та керування агрегатами в аварійних ситуаціях (з урахуванням поділу цих функцій з технологом-диспетчером);

збирання, первинну обробку та передачу інформації про хід технологічного процесу, стан технологічного обладнання та засобів автоматизації;

керування насосами та засувками на лініях перекачування води в залежності від рівня чи рН потоку води;

вмикання резервних насосів за аварійного вимкнення робочого насосного агрегату;

дистанційне керування обладнанням, що працює періодично;

регулювання подачі реагентів;

регулювання тиску на подаючих трубопроводах.

Для автоматизації керування очисними спорудами слід застосовувати прилади, що випускаються серійно.

3. ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ ОЧИСНИХ СПОРУД

3.1. Визначення повної продуктивності станції водопідготовки

У вихідних даних по проектуванню станції водопідготовки є інформація про якість води в природному джерелі, вимоги до якості очищеної води і обов'язково задається корисна продуктивність станції або потреба в очищеній воді.

Для розрахунку споруд необхідно визначити повну продуктивність станції з урахуванням витрати води безпосередньо на потреби станції водопідготовки. Витрати на власні потреби станції залежать від вибраної технологічної схеми водопідготовки. В цілому витрати води на станції пов'язані із витратою води на приготування розчинів реагентів, втратою води при транспортуванні осаду, витратою води на промивку фільтрів, витратою води на забезпечення потреб персоналу станції. Витрати води на власні потреби станції в значній мірі залежать від вибраної схеми промивки фільтрів. Якщо промивні води використовуються повторно, то витрати на власні потреби різко скорочуються.

Повну продуктивність, м³/добу, розраховують за формулою:

$$Q_n = a Q_k, \quad (3.1)$$

де a - коефіцієнт, що враховує витрату води на власні потреби станції (при повторному використанні води a лежить в межах від 1,03 - 1,04, при скиді промивних вод в каналізацію a - 1,10 - 1,14; Q_n - повна продуктивність станції або забір води з водойми, м³/добу; Q_k - подача води до споживача або корисна продуктивність, м³/добу.

3.2. Розрахунок споруд реагентного господарства

3.2.1. Визначення доз реагентів

Для розрахунку споруд реагентного господарства, крім повної

продуктивності станції водопідготовки необхідно знати дози реагентів (кількість реагенту, що витрачається на м³ води).

Дозу коагулянту визначають, виходячи із каламутності та кольоровості води. У нормативних документах рекомендовані дози коагулянту для певної каламутності води. Крім того, дози коагулянту, мг/дм³, можна розрахувати за формулою:

$$D_K = 4\sqrt{K}, \quad (3.2)$$

де K – кольоровість.

Дозу вапна, мг/дм³, визначають, виходячи із жорсткості води і дози коагулянту:

$$D_B = 28 \cdot \left(\frac{D_K}{e} - J_K + 1 \right), \quad (3.3)$$

де D_K - доза коагулянту, мг/дм³; e – маса еквіваленту коагулянта; J_K - карбонатна жорсткість води або лужність, мг-екв/дм³, 1 – запас лужності води.

У тому випадку, коли карбонатна жорсткість велика при низьких дозах коагулянту, доза вапна може мати від’ємні значення, тоді вапно не застосовують. При реагентному пом’якшенні, крім дози коагулянту, враховують концентрацію CO_2 у воді, концентрацію Ca^{2+} та величину карбонатної жорсткості. В разі, коли $\frac{[Ca^{2+}]}{20} > J_K$ дозу вапна, мг/дм³, розраховують за формулою:

$$D_B = 28 \left[\frac{[CO_2]}{22} + \frac{D_K}{e} + J_K + 0,3 \right]. \quad (3.4)$$

У випадку коли $\frac{[Ca^{2+}]}{20} < J_K$, то дозу вапна, мг/дм³, розраховують за формулою:

$$D_B = 28 \left[\frac{[CO_2]}{22} + 2 \cdot J_K + \frac{D_K}{e} - \frac{[Ca^{2+}]}{20} + 0,5 \right]. \quad (3.5)$$

Дози інших реагентів, таких, як флокулянт, активоване вугілля, доза знезаражуючого реагенту приймається згідно з рекомендацією СНИПу. Доза хлору вибирається так, щоб залишкова концентрація хлору була не більше

0,3 мг/дм³. Доза озону вибирається залежно від зараження води. Доза флокулянту вибирається по технологічним дослідженням (зазвичай доза поліакриламід не перевищує 1 мг/дм³). Дозу активованого вугілля вибирають залежно від концентрації органічних речовин у воді і сорбційної ємності вугілля.

$$M_a = \frac{M_z}{E}; \quad (3.6)$$

$$M_z = C_z \cdot V_{\text{води}}; \quad (3.7)$$

$$D_a = \frac{M_a}{V_{\text{води}}}. \quad (3.8)$$

де M_a – маса активованого вугілля, г; M_z – маса забруднень, г; E – сорбційна ємність (г забруднення на 1г сорбенту), г/г; $V_{\text{води}}$ – об'єм очищеної води, м³; C_z – концентрація забруднень у воді, г/м³; D_a – доза активованого вугілля, г/м³.

3.2.2. Розрахунок площі складу та об'єму басейну для зберігання реагентів

Площу складу, м², для зберігання реагенту розраховують за формулою:

$$F = \frac{Q \cdot D_p \cdot T \cdot a'}{10000 \cdot P \cdot r \cdot h}, \quad (3.9)$$

де Q – витрата води, яка подається на станцію водопідготовки, м³/добу; D_p – доза реагенту, г/м³; T – термін зберігання реагенту, діб; a' – збільшення площі складу за рахунок проходів; P – вміст основного компонента, %; r – густина реагенту, т/м³; h – висота шару реагенту, м.

При механічному завантаженні реагенту: для коагулянту висота шару коагулянту сягає 2 - 3,5 м, вапна – 1,5 - 2,5 м. Крім коагулянту і вапна, в насипному вигляді зберігають кварцовий пісок або інший фільтруючий матеріал. Кількість фільтруючого матеріалу визначають виходячи із його витрат в рік ($\approx 10\%$ рік).

Зберігання реагентів можливе і у мокрому вигляді. При мокрому зберіганні реагентів їх розміщують в басейнах і заливають водою. Для розрахунку об'єму басейну, спочатку визначають витрати реагенту протягом доби, т/добу :

$$G = \frac{Q \cdot D_p}{10000 \cdot P} \quad (3.10)$$

Маса реагенту, т, на певний період визначається за формулою :

$$G_T = G \cdot T . \quad (3.11)$$

Об'єм басейну, м^3 , розраховують :

$$W = w \cdot G_T , \quad (3.12)$$

де w – питомий об'єм басейну, в якому розчиняється 1 т реагенту, $w = 1,9 - 2,5 \text{ м}^3/\text{т}$.

3.2.3. Розрахунок розчинних та витратних баків реагентів

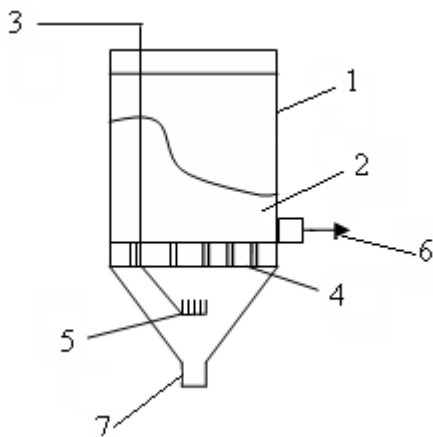


Рис. 3.1. Розчинний бак реагентів:

1 – корпус розчинного баку; 2 – шар реагенту;
3 – подача стиснутого повітря для перемішування;
4 – колосникова решітка; 5 – аератор; 6 – відведення розчину;
7 – відведення нерозчинних домішок.

Розрахунок зводиться до визначення об'єму розчинного баку :

$$W_P = \frac{q \cdot D_P \cdot t}{10000 \cdot e_P \cdot r} , \text{ м}^3 \quad (3.13)$$

де W_P – об'єм розчинного баку; q – витрата води, $\text{м}^3/\text{год}$; D_P – доза реагенту, $\text{г}/\text{м}^3$; t – період роботи станції в годинах, що забезпечується даною кількістю реагенту; e_P – концентрація реагенту в розчинному баку (15 - 20), %; r – густина розчину, $\text{т}/\text{м}^3$;

Розчинні баки застосовують при сухому зберіганні реагенту. Розчинних баків повинно бути не менше трьох.

Об'єм витратних баків при застосуванні сухих реагентів розраховують виходячи з концентрації розчину :

$$W_B = \frac{e_P}{e_e} W_P , \quad (3.14)$$

де W_B – об'єм витратного баку, м^3 ; e_P – концентрація у розчинному баку, %; e_e – концентрація у витратному баку (3 - 5), %.

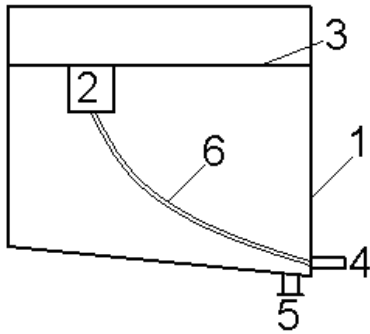


Рис. 3.2. Витратний бак реагентів з поплавковим дозатором:

1 – корпус баку; 2 – поплавковий дозатор; 3 – рівень розчину;
4 – патрубок для відведення розчину; 5 – патрубок для відведення осаду; 6 – гнучкий шланг.

Витратних баків повинно бути не менше двох.

При мокрому зберіганні реагенту об'єм витратного баку, м³, розраховують за формулою:

$$W_B = \frac{q \cdot D_p \cdot t}{10000 \cdot \epsilon_s \cdot r} \quad (3.15)$$

Для дозування реагентів використовують поплавкові дозатори, які призначені для дозування розчину коагулянту або інших розчинних у воді речовин. Для дозування вапна ці дозатори підходять при низьких концентраціях розчину вапна. Інколи для лужної обробки води застосовують луг, тоді ці дозатори також можна використовувати.

При застосуванні вапна у високих концентраціях використовують спеціальні конструкції дозуючих пристроїв (конструкції системи ВНИИ ВОДГЕО), що створюють рециркуляцію реагентів за допомогою центробіжних насосів. Для дозування вапна також використовують плунжерні та вихрові насоси-дозатори.

3.3. Проектування змішувачів

Ефективність очищення води методом коагулювання в значній мірі залежить від ефективного змішування коагулянту або вапна з водою. Ефективність процесу підвищується при скороченні часу гомогенізації суміші.

Виходячи з цього, змішувачі повинні забезпечувати швидке ефективне змішування реагентів з водою.

Найбільшого поширення набули механічні та гідравлічні змішувачі. У механічних змішувачах застосовують мішалки, які обертаються під дією двигунів. Крім того, при механічному змішуванні використовують стиснуте повітря. В гідравлічних змішувачах змішування відбувається за рахунок конструктивних особливостей споруди та енергії руху води. Найбільшого поширення в практиці водопідготовки набули гідравлічні змішувачі. До них відносяться: дірчаті, перегородчасті та вертикально-вихрові змішувачі. При проектуванні змішувачів виходять з витрати води з урахуванням часу перебування води у споруді (не більше 2 хв). Число змішувачів повинно бути не менше двох.

3.3.1. Розрахунок дірчатих змішувачів

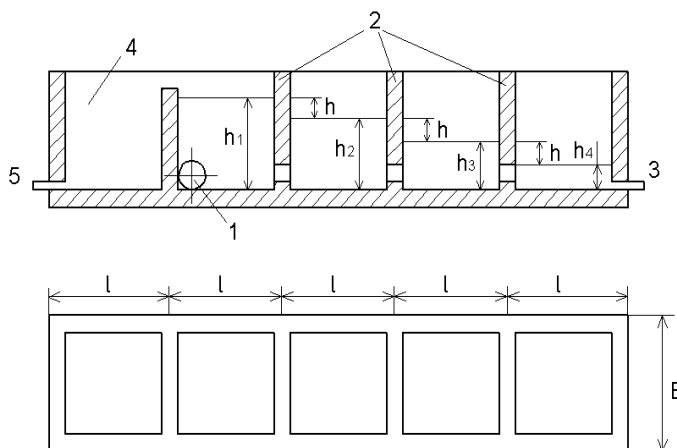


Рис.3.3. Схема дірчатого змішувача:

1 – отвір для подачі води; 2 – дірчаті перегородки; 3 - відведення води до камер пластівцеутворення; 4 – камера для збору переливної води; 5 – відведення води; l – довжина секції змішувача, м; B – ширина секції змішувача, м; $l = B$.

Спочатку розраховується втрата напору на перегородках:

$$h = \frac{V_0^2}{2 \cdot \mu \cdot g}, \quad (3.16)$$

де h – втрата напору, м; V_0 – швидкість руху води в отворах, м/с; μ – коефіцієнт витрати (0,65 - 0,75); g – прискорення вільного падіння, 9,81 м/с².

Знаючи витрату води в змішувачі, можна визначити площу всіх отворів у кожній перегородці, м²:

$$w = \frac{q_1}{V_o \cdot 3600}, \quad (3.17)$$

де q – витрата води, м³/год; q_1 – витрата води в одному змішувачі, м³/год; N – кількість змішувачів.

$$q_1 = \frac{q}{N}. \quad (3.18)$$

Задавшись діаметром одного отвору, можемо визначити площу одного отвору:

$$w_0 = \frac{p \cdot d_0^2}{4}, \quad (3.19)$$

де w_0 – площа одного отвору, м².

Число отворів визначають за формулою:

$$n_0 = \frac{w}{w_0} \quad (3.20)$$

Рівень води перед перегородками визначають виходячи з рівня води в четвертій камері та втрат напору на перегородках: h_1, h_2, h_3, h_4 – рівні води відповідно в 1-й, 2-й, 3-й та 4-й камері, м.

$$h_1 = h_2 + h = h_4 + 3h; \quad (3.21)$$

$$h_2 = h_3 + h = h_4 + 2h; \quad (3.22)$$

$$h_3 = h_4 + h; \quad (3.23)$$

$$h_4 = 0,5 \text{ м.}$$

Загальна висота, м, визначається за формулою:

$$H = h_1 + 0,5. \quad (3.24)$$

Загальний об'єм води у змішувачі, м³, розраховують виходячи з витрати води та часу змішування:

$$W = \frac{1}{60} \cdot q_1 \cdot t, \quad (3.25)$$

де t – час перебування води у споруді, хв.

Площа поверхні води в змішувачі, м², визначається за формулою:

$$F = \frac{W}{H_c}, \quad (3.26)$$

де H_c – середній рівень води, визначається як середнє значення від рівня води у камерах, м.

$$H_c = \frac{1}{4}(h_4 + h_3 + h_2 + h_1), \quad (3.27)$$

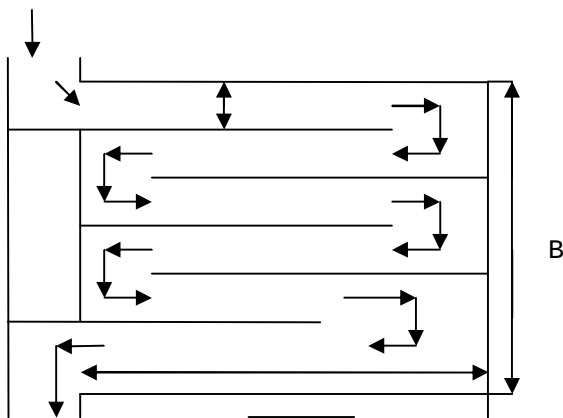
Довжина секції змішувача дорівнює її ширині ($B = l$), звідси через площу поверхні, m^2 , визначаються B та l , м:

$$F = 4lB = 4l^2; \quad (3.28)$$

$$l = \sqrt{\frac{F}{4}}. \quad (3.29)$$

Загальна довжина змішувача $L = 5 l$ м.

3.3.2. Проектування перегородчастих змішувачів



Перегородчасті змішувачі використовуються для великих станцій водоочищення, продуктивністю понад 30000 m^3 /добу. Розрахунок ведуть, виходячи із витрати води, часу перебування води у змішувачі та швидкості руху води у

коридорах і вікнах змішувача. Розра-

Рис. 3.4. Перегородчастий змішувач

хунок зводиться до визначення довжи-

ни та ширини змішувача. Висоту приймають в залежності від прийнятого рівня води, м.

$$H = h + h_b \quad (3.30)$$

де h_b – будівельний запас висоти, м; h – висота шару води (не менше 0,5), м;

Ширину коридору, м, розраховують, виходячи з витрати води та швидкості руху води в коридорі:

$$\epsilon = \frac{q}{3600 NV_K h} \geq 0,7, \quad (3.31)$$

де q – витрата води, $\text{м}^3/\text{год}$; N – число змішувачів (не менше 2); V_K – швидкість руху води у коридорах (0,5 - 0,7 м/с).

Ширина вікна, м, визначається за формулою:

$$\epsilon' = \frac{q}{3600 NV_{\epsilon} h}, \quad (3.32)$$

де V_{ϵ} – швидкість руху води у вікнах (0,5 - 1 м/с).

Загальна ширина змішувача, м, розраховується за формулою:

$$B = \epsilon \cdot n, \quad (3.33)$$

де n – число коридорів (9 - 10).

Площа дзеркала води в змішувачі, м^2 , розраховується виходячи з об'єму води у змішувачі (W) та рівня води у змішувачі (h):

$$F = \frac{W}{h}. \quad (3.34)$$

Об'єм води у змішувачі, м^3 , розраховують за формулою:

$$W = \frac{q \cdot t}{60}, \quad (3.35)$$

де t – час перебування води у змішувачі.

Загальна довжина змішувача, м, визначається через площу дзеркала води (F) та ширину змішувача (B):

$$L = \frac{F}{B}. \quad (3.36)$$

Крім основних розмірів визначають також гідравлічний опір змішувача:

$$h' = n \left(l \frac{V_{\epsilon}^2}{2g} \right) + h_T, \quad (3.37)$$

де h_T – гідравлічний опір, який створюється за рахунок тертя води в коридорах, м; λ – коефіцієнт гідравлічного опору; g – прискорення вільного падіння, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

Оскільки тертя води в коридорах незначне, то ним можна знехтувати ($h_T \sim 0$), коефіцієнт гідравлічного опору (λ) можна прийняти рівним 2,9.

3.3.3. Проектування вертикально-вихрових змішувачів

Вертикально-вихровий змішувач може бути круглий або квадратний в плані. Завихрення води відбувається за рахунок збільшення площі перерізу при русі води знизу вгору в нижній частині, що призводить до зміни швидкості та напрямку руху води.

Згідно з вимогами СНиПу, продуктивність одного змішувача $q_1 = 1200 - 1500 \text{ м}^3/\text{год}$, тоді число змішувачів визначається за формулою:

$$N = \frac{q}{q_1}, \quad (3.38)$$

де q – витрати води, $\text{м}^3/\text{год}$.

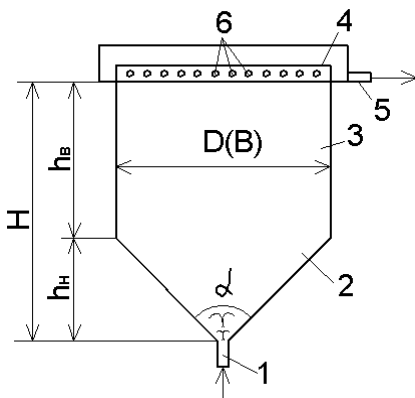


Рис. 3.5. Вертикально-вихровий змішувач:

1 – патрубок для подачі води; 2 – нижня конічна або пірамідальна частина; 3 – верхня частина змішувача (кругла або квадратна в плані); 4 – лоток для збору води; 5 – патрубок для відведення води; 6 – отвори для переливання води в лоток.

Розрахунок зводиться до визначення основних розмірів змішувача. Площа перерізу вхідного патрубку, м^2 , визначається з витрати води та швидкості її руху:

$$f_{ex} = \frac{q_1}{3600 V_{ex}}, \quad (3.39)$$

де V_{ex} – швидкість води у вхідному отворі (1,2 - 1,7 м/с).

Діаметр вхідного отвору (патрубку), м, розраховують за формулою:

$$d = 2 \sqrt{\frac{f_{ex}}{p}}. \quad (3.40)$$

Площа перерізу верхньої частини змішувача, м^2 , також визначається з витрати води у одному змішувачі (q_1) та швидкості підйому води у верхній частині (V_{θ}):

$$F = \frac{q_1}{3600 V_{\text{с}}} , \quad (3.41)$$

де $V_{\text{с}}$ – швидкість підйому води у верхній частині (0,03 - 0,04 м/с).

Діаметр верхньої частини, м, або ширину верхньої частини визначають з площі її перерізу:

$$D = 2\sqrt{\frac{F}{\rho}} ; \quad (3.42)$$

$$B = \sqrt{F} . \quad (3.43)$$

Висота нижньої частини, м, розраховується за формулами:

$$h_{\text{н.ч}} = \left(\frac{D-d}{2} \right) \text{ctg } \alpha / 2 \quad (\text{для круглого в плані змішувача}); \quad (3.44)$$

$$h_{\text{н.ч}} = \left(\frac{B-d}{2} \right) \text{ctg } \alpha / 2 \quad (\text{для квадратного в плані змішувача}). \quad (3.45)$$

де α – кут нахилу між стінками в нижній частині, $\alpha = 30 - 45^\circ$.

Висота верхньої частини, м, визначається за формулою:

$$h_{\text{с}} = \frac{W_{\text{с.ч}}}{F} , \quad (3.46)$$

де $W_{\text{с.ч}}$ – об'єм верхньої частини змішувача.

Загальний об'єм змішувача, м^3 , розраховується, виходячи з витрати води та часу перебування води у змішувачі:

$$W = \frac{q_1 t}{60} . \quad (3.47)$$

Об'єм нижньої частини, м^3 , розраховується за формулою:

$$W_{\text{н.ч}} = \frac{1}{3} h_{\text{н.ч}} (F + f_{\text{сх}} + \sqrt{F f_{\text{сх}}}) . \quad (3.48)$$

Об'єм верхньої частини, м^3 , визначають, виходячи з загального об'єму змішувача та об'єму його нижньої частини.

$$W_{\text{сч}} = W - W_{\text{нч}} . \quad (3.49)$$

Загальна висота змішувача, м, буде:

$$H = h_{\text{н.ч}} + h_{\text{с}} + h_{\text{б}} . \quad (3.50)$$

Загальна площа отворів для переливання води, м^2 :

$$F_{\text{отв}} = \frac{q_1}{3600 V_0}, \quad (3.51)$$

де V_0 – швидкість руху води в отворах (1 м/с).

Площа одного отвору, м^2 :

$$w_o = \frac{\rho d_o^2}{4}, \quad (3.52)$$

де d_o – заданий діаметр отвору.

Кількість отворів:

$$n = \frac{F_{\text{отв}}}{w_o}, \quad (3.53)$$

3.4. Розрахунок камер пластівцеутворення

Реактори призначені для проведення процесу гідролізу коагулянтів, завершення усіх хімічних реакцій і для забезпечення формування крупних часток або пластівців осаду. Для цього споруди повинні забезпечувати повільне перемішування води. З точки зору кінетики процесу коагулювання, в цих спорудах реалізується градієнтний механізм коагулювання.

Коагуляція – це укрупнення часток за рахунок їх з'єднання при контакті між собою, при дії сил міжмолекулярного притягання та за рахунок електростатичних сил – у випадку, коли частки мають протилежні за знаком величини електрокінетичних потенціалів. Якщо заряди однакові за знаком, електростатичні сили будуть перешкоджати коагулюванню та сприяти стабілізації системи. У систему, в якій дрібнодисперсні і колоїдні домішки заряджені негативно, додають коагулянти, які при гідролізі утворюють позитивно заряджені золі. В цьому випадку електростатичні сили сприяють коагулюванню між домішками і частками коагулянту. Колоїдні частинки у воді можуть наближатись одна до одної за рахунок броунівського руху – молекулярно-кінетична коагуляція. При зближенні часток за рахунок різної швидкості руху часток різних розмірів при перемішуванні відбувається градієнтна коагуляція.

Коли частки зближаються під дією сил тяжіння, реалізується гравітаційна коагуляція. В найбільшій мірі сприяє прискоренню процесу укрупнення домішок градієнтна коагуляція. Максимальна швидкість процесу буде в тому випадку, коли кількість зіткнень із ефективним з'єднанням часток буде дорівнювати числу руйнувань крупних часток на дрібніші. Для забезпечення оптимальної швидкості перемішування камери пластівцеутворення мають такі конструкції, які забезпечують плавне перемішування води, що сприяє укрупненню пластівців для забезпечення їх ефективного відділення у відстійниках або флотаційних камерах. На відміну від змішувачів, камери пластівцеутворення мають більші розміри і характеризуються більшим часом перебування води в них. В залежності від конструкції камери час перебування може змінюватись від 6 до 30 хвилин.

3.4.1. Перегородчасті камери пластівцеутворення

Оскільки камери пластівцеутворення завжди суміщені із відстійниками, то їх розраховувати доцільно після розрахунку відстійників.

Камери даного типу застосовуються на крупних станціях водопідготовки, продуктивністю понад 30000 м³/добу. Число камер, як правило, дорівнює числу відстійників. Розрахунок такий же, як і для перегородчастих змішувачів при наступних вихідних даних:

час перебування води в камері досягає 20 - 30 хв;

рівень води в камері 2 - 3 м;

швидкість руху в коридорах і вікнах 0,2 - 0,3 м/с;

ширина одного коридору не менше 0,7 м;

число перегородок $n = 8 - 10$;

коефіцієнт гідравлічного опору $\lambda = 3$.

3.4.2. Вертикально-вихрові камери пластівцеутворення

Розрахунок такий же, як і для вертикально-вихрових змішувачів з урахуванням особливостей роботи камери: час перебування води в камері досягає

6 - 10 хв; число камер дорівнює числу відстійників ($N_k = N_v$); ширина камери дорівнює ширині відстійника ($B_k = B_v$); кут нахилу між стінками $\alpha = 50 - 70^\circ$; швидкість руху води на вході 0,7 - 1,2 м/с; швидкість підйому води у верхній частині досягає 0,004 - 0,005 м/с.

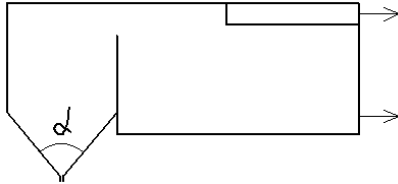


Рис. 3.6. Вертикально-вихрова камера пластівцеутворення, суміщена із горизонтальним відстійником

Довжина камери, м, розраховується за формулою:

$$L = \frac{F}{B_k}, \quad (3.54)$$

де F – площа перерізу верхньої частини камери; L – довжина камери; B_k – ширина камери.

Швидкість руху в коридорі для збирання води складає 0,1 м/с, швидкість руху води в отворах 0,1 м/с.

Висота нижньої частини, м, розраховується за формулою:

$$h_{н.ч} = \frac{L-d}{2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}, \quad (3.55)$$

де d – діаметр вхідного патрубку.

3.4.3. Водоворотні камери пластівцеутворення

Водоворотні камери пластівцеутворення застосовуються на невеликих станціях водопідготовки продуктивністю до 5000 м³/добу. Вони завжди суміщені з вертикальними відстійниками, тому число камер дорівнює числу відстійників ($N_k = N_v$).

Висота камери $H_k = 0,9H_v$, де H_v – висота відстійника.

Вода подається через дві насадки, які направляють рух води вздовж стінок камери по спіралі. У верхній частині камера є трубою великого діаметру, у нижній частині в ній перпендикулярно розміщені вертикальні перегородки,

відстань між ними 0,5 м. Висота нижньої частини - 0,8 м. Ця частина камери є погашувачем кругового руху води. Вода після виходу із камери піднімається у верхню частину відстійника, осад збирається в нижній частині. Час перебування води в камері складає 15 - 20 хв.

Площа отвору, м^2 , насадки визначається за витратою води та швидкістю виливання води:

$$f_0 = \frac{q_1}{3600 \cdot 2V_H}, \quad (3.56)$$

де V_H - швидкість виливання води з насадки (2-3 м/с); q_1 - витрата води в одній камері, $\text{м}^3/\text{год}$.

Діаметр отвору насадки, м, розраховується за формулою:

$$d_{\text{отв}} = 2\sqrt{\frac{f_0}{\rho}}, \quad (3.57)$$

Площа перерізу камери, м^2 визначається за формулою:

$$f_K = \frac{qt}{60N_K H_K}, \quad (3.58)$$

де t – час перебування води в камері (15-20 хв); q – витрата води, $\text{м}^3/\text{год}$; N_K – число камер; H_K – висота камери, м.

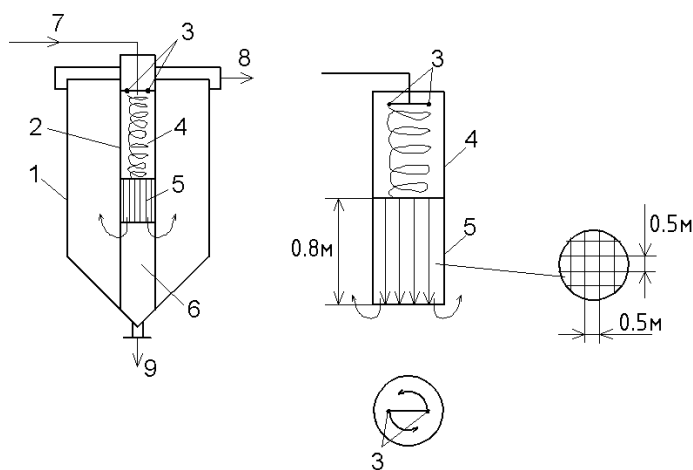


Рис. 3.7. Водоворотна камера
пластівцеутворення:

1 – вертикальний відстійник; 2 – водоворотна камера пластівцеутворення; 3 – насадки для виливання води; 4 – верхня частина камери; 5 – нижня частина камери; 6 – опори для закріплення камери; 7 – подача води із змішувача; 8 – відведення освітленої води; 9 – відведення осаду.

Діаметр камери, м, визначають виходячи з площі перерізу камери:

$$D_K = 2\sqrt{\frac{f_K}{p}}. \quad (3.59)$$

Гідравлічний опір при виливанні води з насадок визначають за швидкістю виливання води з насадки, V_H :

$$h = l \frac{V_H^2}{2g}, \quad (3.60)$$

де λ – коефіцієнт гідравлічного опору тертя $\lambda = 1,118$.

3.4.4. Камери пластівцеутворення із змуленим осадом

Камери даного типу завжди суміщені з горизонтальними відстійниками, тому число камер дорівнює числу відстійників ($N_K = N_B$).

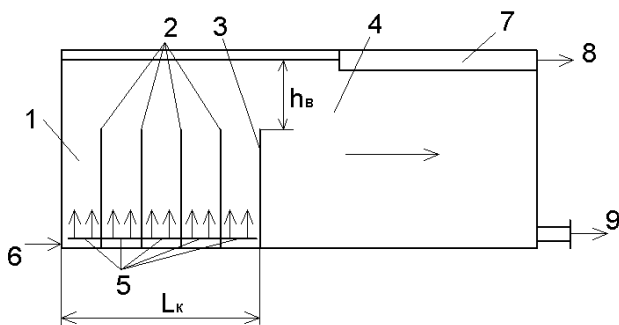


Рис. 3.8. Камера пластівцеутворення із змуленим осадом:

1 – камера пластівцеутворення; 2 – вертикальні перегородки; 3 – поріг водозливу; 4 – горизонтальний відстійник; 5 – водорозподільна система; 6 – подача води; 7 – жолоба для збору освітленої води; 8 – відведення освітленої води; 9 – відведення осаду.

Висота камери:

$$H_K = H_B + h_K,$$

де H_B – висота відстійника; h_K – напір в камері перед відстійником.

Час перебування води в камері 20 хв, швидкість руху води в камері $V_K = 0,65 - 2,5$ мм/с, ширина камери дорівнює ширині відстійника ($B_K = B_B$).

Довжина камери, м, визначається із площі дзеркала води в камері:

$$L = \frac{F_K}{B_K}. \quad (3.61)$$

Площа однієї камери, m^2 , розраховується виходячи із витрати води

(q , м³/год) та швидкості підйому води в камері (V_K , мм/с):

$$F_K = \frac{q}{3,6V_K N_K} . \quad (3.62)$$

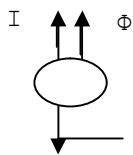
Глибина занурення порогу водозливу, м, розраховується за формулою:

$$h_B = \frac{q}{3600 V_B N_K B_K} , \quad (3.63)$$

де V_B – швидкість руху води над порогом водозливу ($V_B = 0,05 - 0,1$ м/с).

3.5. Відстоювання води. Розрахунок відстійників

На частинку, яка знаходиться в рідині, при осадженні діють сили тяжіння, опору рідини та сила інерції:



F – сила тяжіння; Φ – сила опору рідини; I – сила інерції.

Виходячи з цього, виводиться рівняння Стокса:

$$U = \frac{g(r - r_0)d^2}{18\mu} , \quad (3.64)$$

де U - швидкість осідання часток, м/с; g – прискорення вільного падіння, м/с²; ρ – густина частки, т/м³; ρ_0 – густина води, т/м³; d – діаметр частки, м; μ – в'язкість води.

За формулою Стокса швидкість можна визначити лише для однорідних часток з однаковою густиною. Реально при очищенні природних та стічних вод ми маємо справу з полідисперсними системами – з різними розмірами і різною густиною часток, для яких ефективність освітлення змінюється з часом (рис. 3.9).

Швидкість осідання є основним параметром, який описує процес відстоювання і застосовується при розрахунку відстійників. Для визначення швидкості відстоювання тих чи інших гетерогенних систем використовують технологічні дослідження або користуються табличними значеннями із нормативних документів для природних вод (в залежності від їх каламутності в

довідниках є дані по гідравлічній крупності осаду, тобто по швидкості осідання при температурі 10 °С).

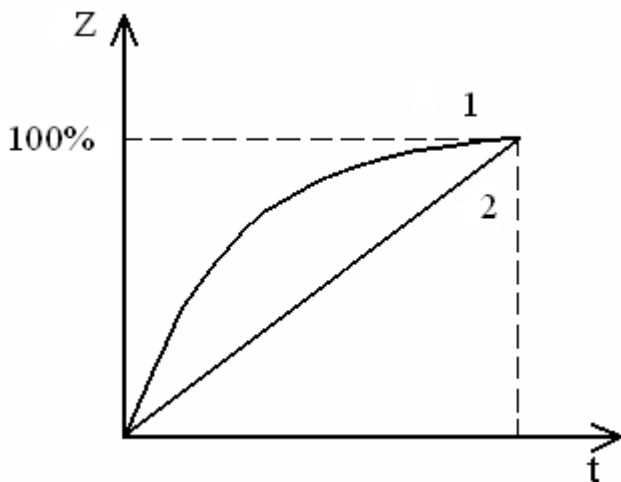


Рис. 3.9. Залежність ефективності освітлення суспензії Z від часу відстоювання (t):

1 – полідисперсна суспензія; 2 – однорідна суспензія.

Для природних та стічних вод, для яких невідомі табличні значення по гідравлічній крупності осадів, проводять технологічні дослідження. Для цього беруть суспензії, гомогенізують їх, а потім відстоюють, фіксуючи висоту шару освітленої води через певний час. Так, часу t_1 відповідає висота шару освітленої води h_1 , часу $t_2 - h_2$.

Для однорідних часток справедливе відношення:

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{h_1}{h_2}$$

Для полідисперсних систем справедливе рівняння:

$$\frac{t_1}{t_2} = \left(\frac{h_1}{h_2} \right)^n, \quad (3.65)$$

де n – показник, який враховує нелінійність процесу відстоювання полідисперсних суспензій.

$$n = \frac{\lg t_1 - \lg t_2}{\lg h_1 - \lg h_2}. \quad (3.66)$$

Після визначення t_1 , t_2 , h_1 та h_2 та розрахунку показника n визначають швидкість відстоювання (U):

$$U = \frac{h_1}{t_2 \left(\frac{h_1}{h_2} \right)^n}. \quad (3.67)$$

Значення швидкості відстоювання U використовують при проектуванні відстійників.

3.5.1. Вертикальні відстійники

Вертикальні відстійники застосовуються на невеликих станціях водопідготовки продуктивністю до 5000 м³/добу.

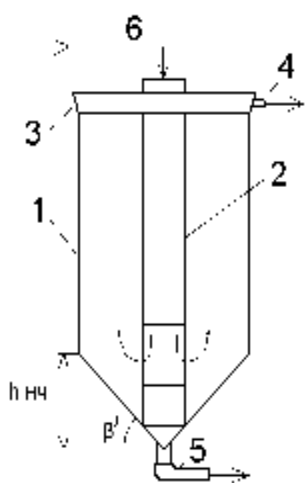


Рис. 3.10. Вертикальний відстійник:

1 – корпус вертикального відстійника; 2 – водоворотна камера пластівцеутворення; 3 – лоток для збору освітленої води; 4 – патрубок для відведення освітленої води; 5 – патрубок для відведення осаду; 6 – подача води; $F_{з.в.}$ – площа зони відстоювання; f_k – площа перерізу камери пластівцеутворення.

При проектуванні вертикальних відстійників спочатку розраховують площу зони відстоювання, м²:

$$F_{з.в.} = \frac{q b}{3,6 V N}, \quad (3.68)$$

де q – витрата води, м³/год; V – швидкість підйому води, ($V < U_0$), мм/с; U_0 – швидкість висадження осаду, 0,08 - 0,6 мм/с; N – число відстійників; β – коефіцієнт, який враховує повноту використання об'єму відстійника (зниження ефективності відстоювання за рахунок вертикального руху води); $\beta = 1,3$ при $D/H = 1$ або $B/H = 1$, $\beta = 1,5$ при $D/H = 1,5$ або $B/H = 1,5$; D – діаметр відстійника, круглого в плані; B – ширина відстійника, квадратного в плані; H – висота відстійника.

Висотою відстійника задаються, виходячи з рекомендації СНиП (табл. 3.1).

Діаметр відстійника, м, розраховують за формулою:

$$D = 2 \sqrt{\frac{F_{з.в.} + f_k}{p}} = 2 \sqrt{\frac{F}{p}}, \quad (3.69)$$

де $F_{з.в.}$ – площа зони відстоювання, м²; f_k – площа перерізу камери пластівцеутворення;

F – загальна площа перерізу відстійника.

$$F = F_{з.в.} + f_k. \quad (3.70)$$

Ширину квадратного відстійника визначають за формулою:

$$B = \sqrt{F}. \quad (3.71)$$

Якщо відношення D/H або D/B входить в межі 1 - 1,5, то число N взяте вірно, а якщо ні, то задається нове N і перераховується F та D або B .

Таблиця 3.1. Рекомендовані параметри відстійників

Тип відстійника	Коефіцієнт використання, К	Робоча глибина відстійної частини H_1 , м	Ширина B , м	Швидкість потоку v , мм/с	Нахил днища	Кут нахилу пластин α , град.
Горизонтальний	0,5	1,5-4	2-5 Н	5-10	0,005	-
Радіальний	0,45	1,5-5	-	5-10	0,05	-
Вертикальний	0,35	2,7-3,8	-	-	-	-
З повторним збірно-розподільним механізмом	0,85	0,8-1,2	-	-	0,05	-
З низхідно-висхідним потоком	0,65	2,7-3,8	-	2-3	-	-
Тонкошаровий зі схемою: протитоком	0,5-0,7	0,025-0,2	2-6	-	-	45-60
прямотоком	0,5-0,7	-	2-6	-	-	45-60
перехресною	0,8	-	1-5	-	0,005	45-60

Для того, щоб розрахувати об'єм зони накопичення осаду, необхідно визначити висоту нижньої конічної частини - для круглого в плані або пірамідальної - для квадратного в плані відстійника. Саме ця нижня частина є

зоною накопичення і ущільнення осаду.

Висоту нижньої частини розраховують із діаметру або ширини верхньої частини і діаметру патрубку для відведення осаду:

$$h_{н.ч} = \frac{D - d}{2 \operatorname{tg}(90 - \beta')} - \text{для круглого в плані відстійника}; \quad (3.72)$$

$$h_{н.ч} = \frac{B - d}{2 \operatorname{tg}(90 - \beta')} - \text{для квадратного в плані відстійника}, \quad (3.73)$$

де d - діаметр патрубка для відведення осаду, м, $d=0,35$ м; β' - кут нахилу стінок нижньої частини, $\beta' = 50 - 55^\circ$.

Площа перерізу патрубка для відведення осаду, м^2 , буде:

$$f' = \frac{pd^2}{4}. \quad (3.74)$$

Об'єм зони накопичення осаду, м^3 , розраховують за формулою:

$$W = \frac{1}{3} h_{н.ч} (F + f' + \sqrt{Ff'}). \quad (3.75)$$

Час накопичення осаду, год, визначають за формулою:

$$T = \frac{WNd}{q(c - m)}, \quad (3.76)$$

де W - об'єм зони накопичення осаду одного відстійника, м^3 ; N - число відстійників; δ - концентрація твердої фази в осаді, 9000 - 300000 мг/дм^3 ; q - витрата води, $\text{м}^3/\text{год}$; C - концентрація завислих речовин у воді, що поступає у відстійник, мг/дм^3 ; m - концентрація завислих речовин у воді на виході з відстійника, 8 - 15 мг/дм^3 (до 20 мг/дм^3).

Концентрацію завислих речовин у воді визначають за формулою:

$$C = M + K' D_K + 0,25K + C_H, \quad (3.77)$$

де M - концентрація завислих речовин у природній воді; D_K - доза коагулянту; K' - коефіцієнт, який враховує кількість нерозчинних речовин, які утворились в результаті гідролізу коагулянту; K - кольоровість води; C_H - концентрація нерозчинних речовин, які утворюються за рахунок внесення вапна.

Вода збирається в жолоба, розміри яких розраховують, виходячи з швидкості руху води 0,5 - 0,6 м/с.

3.5.2. Горизонтальні відстійники

Горизонтальні відстійники застосовуються на великих станціях водопідготовки продуктивністю понад 30000 м³/добу.

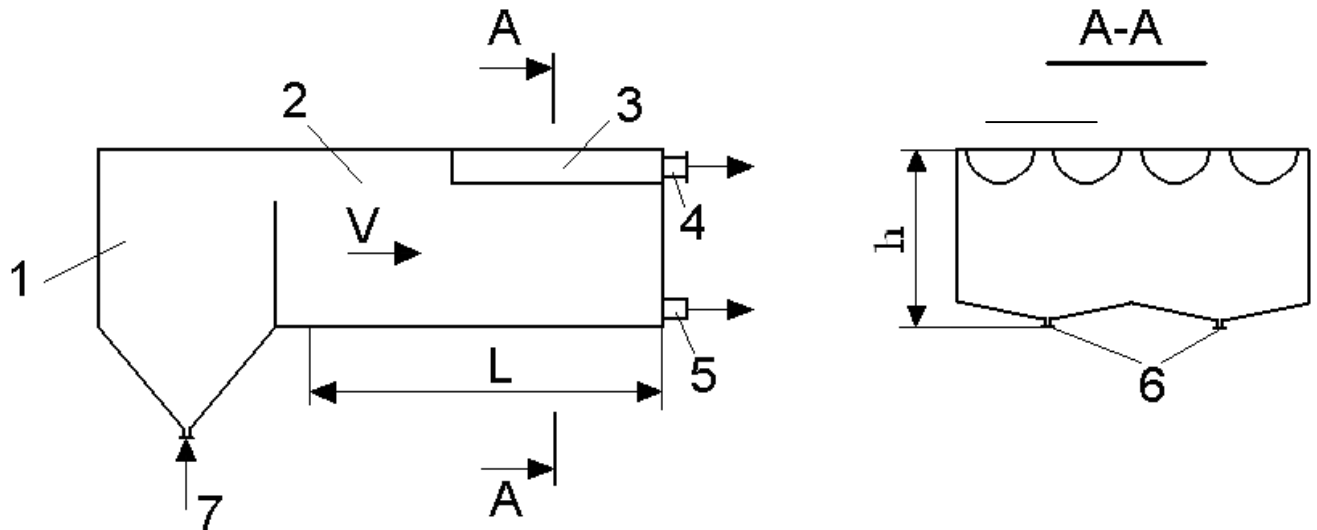


Рис. 3.11. Горизонтальний відстійник:

1 – камера пластівцеутворення; 2 – горизонтальний відстійник; 3 – жолоба для збору освітленої води; 4 – патрубок для відведення освітленої води; 5 – патрубок для відведення осаду; 6 – коробка для збирання осаду; 7 – подача води.

Розрахунок відстійника починають із визначення площі зони відстоювання, м²:

$$F = \frac{qa}{3,6U_0}, \quad (3.78)$$

де q – загальна витрата води, м³/год; α – коефіцієнт, який враховує зниження ефективності відстоювання за рахунок вертикальної турбулентної складової руху води, $\alpha = 1,3$; U_0 – гідравлічна крупність осаду, яка може змінюватись в межах 0,08 - 0,6 мм/с (табл. 3.2).

При проектуванні будь-яких споруд для відстоювання води, включаючи вертикальні, горизонтальні та інші типи відстійників, розрахунок площі ведуть для двох періодів:

- з максимальною каламутністю води та максимальною гідравлічною крупністю

осаду;

- з мінімальною каламутністю води та мінімальною гідравлічною крупністю осаду;

(F_1 при $M_{\max}$ та $U_{0 \max}$ та F_2 при $M_{\min}$ та $U_{0 \min}$). Із F_1 та F_2 вибирають максимальне значення.

Таблиця 3.2. Вплив характеристик води на швидкість випадання осаду

Характеристика води, метод обробки	Швидкість випадання змуленого осаду, мм/с
Малокаламутні забарвлені води, оброблені коагулянтном (до 50 мг/дм ³)	0,35 ... 0,45 *
Води середньої каламутності, оброблені коагулянтном (50...250 мг/дм ³)	0,45 ... 0,5
Каламутні води, оброблені коагулянтном (250...1500 мг/дм ³)	0,5 ... 0,6
Каламутні води, оброблені флокулянтном (250...1500 мг/дм ³)	0,2 ... 0,3
Каламутні води, не оброблені реагентами (250...1500 мг/дм ³)	0,08 ... 0,15

* Для питної води слід брати менші значення.

Довжину зони відстоювання, м, розраховують за формулою:

$$L = H_{\epsilon} \frac{V}{U_0}, \quad (3.79)$$

де H_{ϵ} – глибина зони відстоювання або висота шару води в відстійнику (3 - 3,5 м); V – лінійна швидкість руху води (5 - 10 мм/с).

Задаючись числом відстійників, можна визначитись із шириною одного коридору відстійника, м, або задаючись шириною одного коридору, можемо визначити кількість коридорів (відстійників):

$$B = \frac{F}{LN}; \quad (3.80)$$

$$N = \frac{F}{BL}, \quad (3.81)$$

де N – кількість відстійників (коридорів).

Якщо $N < 6$, то приймається один резервний відстійник.

Об'єм зони накопичення осаду, м^3 , розраховують за формулою:

$$W = \frac{qt(C - m)}{d} \quad (3.82)$$

де q – витрата води, $\text{м}^3/\text{год}$; C – концентрація завислих речовин у воді, що поступає у відстійник; m – концентрація завислих речовин у воді на виході з відстійника; d – концентрація твердої фази в осаді; t – час накопичення осаду, $t \leq 12$ год.

Об'єм зони накопичення осаду одного відстійника, м^3

$$W_1 = \frac{W}{N}. \quad (3.83)$$

Висота зони накопичення осаду:

$$H_{oc} = \frac{W}{F}. \quad (3.84)$$

Загальна висота відстійника розраховується за формулою:

$$H = H_{\epsilon} + H_{oc} + 0,3. \quad (3.85)$$

де 0,3 – будівельний запас висоти.

Жолоба для збирання води досягають $\frac{2}{3}$ довжини відстійника ($L_{\text{ж}} = \frac{2}{3}L$).

Витрата води в одному жолобі, $\text{м}^3/\text{год}$:

$$q_1 = \frac{q}{N \cdot n_{\text{ж}}}, \quad (3.86)$$

де $n_{\text{ж}}$ – число жолобів у кожному відстійнику.

У жолобах можуть міститись отвори, швидкість руху води в отворі 1 м/с.

Відстань між коробами для збирання осаду не більше 2 м - для плоского дна і не більше 3 м - для дна з похилими стінками.

3.5.3. Радіальні відстійники

Радіальні відстійники є різновидом горизонтальних відстійників і тому їх використовують на крупних станціях водопідготовки. Особливістю є те, що вода рухається від центру до периферії, осад збирається в приямок за допомогою скребкового механізму.

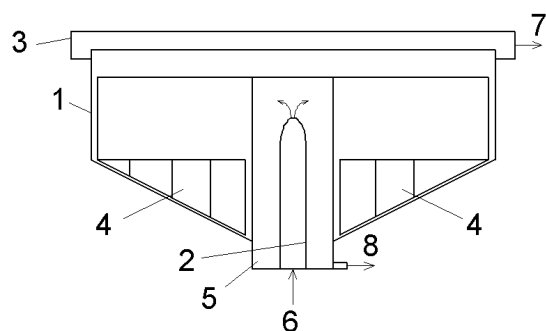


Рис. 3.12. Радіальний відстійник:

1 – зона відстоювання радіального відстійника; 2 – центральна труба для подачі води; 3 – периферійний лоток для збирання освітленої води; 4 – скребковий механізм; 5 – приямок для накопичення осаду; 6 – подача води; 7 – відведення освітленої води; 8 – відведення осаду.

Розрахунок зводиться до визначення діаметру радіального відстійника, м:

$$D = \sqrt{\frac{4q_{\max}}{3,6nk(U_0 - \omega)p}}, \quad (3.87)$$

де $q_{\max}$ – максимальна витрата води, м³/год; n – число радіальних відстійників; k – коефіцієнт, який враховує повноту використання об'єму відстійника, $k \approx 0,45$; U_0 – гідравлічна крупність осаду, яка може змінюватись в межах 0,08 - 0,6 мм/с; ω – коефіцієнт, який враховує вплив вертикальної турбулентної складової руху води на процес відстоювання ($\omega = (0,03 - 0,05)V_c$); V_c – швидкість руху води на середині радіусу (5 - 10 мм/с).

$$V_c = \frac{D}{2t}, \quad (3.88)$$

де t – час перебування води у відстійнику, с.

Головною вимогою до розрахунку радіальних відстійників є

$$m = \frac{D}{H} = 6 - 12,$$

де H – висота зони відстоювання ($H = 1,5 - 5$ м).

Якщо після розрахунку $D/H \neq 6 \dots 12$, то необхідно задатись іншим числом відстійників і знову розрахувати D .

Об'єм зони накопичення осаду розраховують за формулами (3.82) та (3.83).

При видаленні осаду з будь-якого відстійника внаслідок транспортування, його об'єм збільшується в 1,5 рази за рахунок розведення осаду.

3.5.4. Тонкошарові відстійники

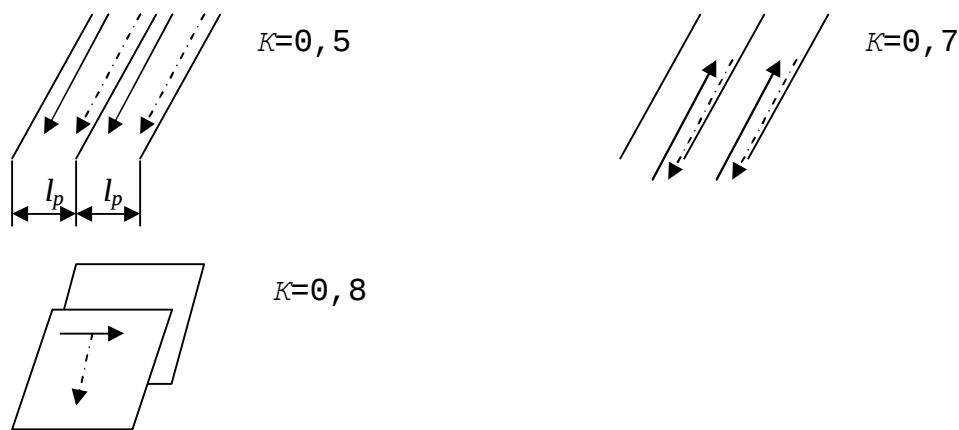
При використанні горизонтальних та вертикальних відстійників ефективність використання об'єму не перевищує 50 - 70%, що пов'язано із перемішуванням води в зоні відстоювання за рахунок турбулізації потоку. Крім того, час відстоювання, який в цілому визначають як $t = \frac{H}{U_0}$, досить значний, якщо враховувати, що $H = 1,5 - 5$ м, а $U_0 \leq 0,6$ мм/с. Тому при переході до тонкошарових відстійників, в яких відстоювання відбувається між паралельними пластинами, розміщеними під кутом $45 - 60^\circ$, освітлення відбувається значно ефективніше за короткий час. Між пластинами значно менше турбулізується потік води, відстань між пластинами (0,012 - 0,14 м) значно менше за висоту відстійника, що суттєво скорочує час відстоювання.

Тонкошарові відстійники розраховуються наступним чином. Спочатку визначаємо робочу довжину відстійника, м:

$$l_p = \frac{h_{яp} V}{K U_0 \cos \alpha}, \quad (3.89)$$

де $h_{яp}$ – відстань між двома пластинами, м; α – кут нахилу пластин ($45^\circ - 60^\circ$), м; V – лінійна швидкість руху води, мм/с; U_0 – гідравлічна крупність осаду, мм/с; K – коефіцієнт, який залежить від напрямку руху води та осаду ($K = 0,5 \div 0,8$).

При паралельному русі води і осаду $K = 0,5$, при русі води і осаду протитоком $K = 0,7$ і при русі осаду під кутом 90° до напрямку руху води $K = 0,8$.



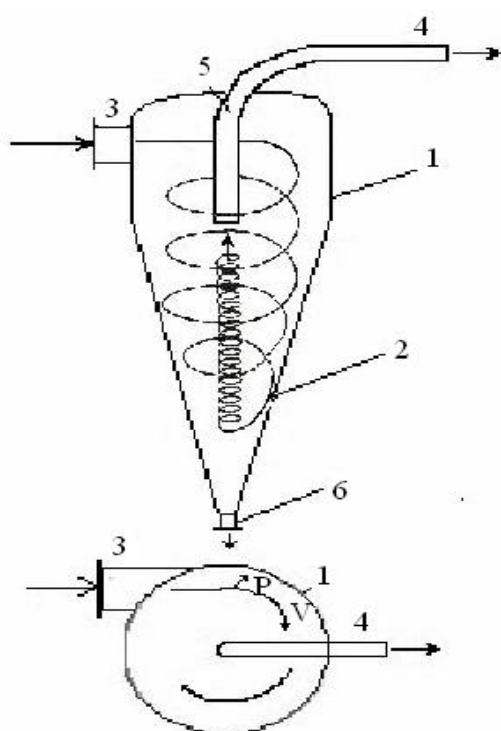
Ширина відстійника, м, визначається за формулою:

$$B = \frac{q}{U_0 n N l_p 3,6}, \quad (3.90)$$

де q – витрата води, м³/год; U_0 – гідралічна крупність осаду, мм/с; n – число пластин у секції; N – число секцій; l_p – робоча довжина відстійника, м.

3.5.5. Гідроциклони

У практиці водопідготовки і водоочищення часто застосовують гідроциклони, які забезпечують ефективне очищення великих об'ємів води за великої гідралічної крупності осаду.



Гідроциклони складаються з циліндричної і конічної частини. Вода подається під напором у верхню циліндричну частину і рухається по спіралі зверху вниз, в конічній частині радіус з висотою зменшується, що приводить до прискореного руху води, що забезпечує ефективне відділення домішок.

Рис. 3.13. Гідроциклон:

1 – корпус гідроциклону; 2 – конічне днище; 3 – патрубок для подачі води; 4 – патрубок для відведення води; 5 – центральна труба для відведення води; 6 – насадка для відведення осаду.

На частинку, яка потрапила в гідроциклон, діє відцентрова сила:

$$P = (\rho - \rho_0) \cdot W \cdot j, \quad (3.91)$$

де ρ – густина частинки, т/м³; ρ_0 – густина води, т/м³; W – об'єм частки, м³; j – прискорення, з яким рухається частка, м/с², ($j = V^2/R$),

V – швидкість руху частки м/с; R – радіус траєкторії руху частки.

Таким чином, із зменшенням радіусу в конічній частині гідроциклонув відцентрова сила, що діє на частку, збільшується.

Розрахунок гідроциклонув зводиться до розрахунку його продуктивності, м³/с:

$$q_1 = 864 \cdot \alpha \cdot a \cdot (d/d_\pi) \cdot (2g \cdot \Delta H)^{0,5}, \quad (3.92)$$

де α – коефіцієнт, який враховує втрату води з осадом (0,85 – 0,9); a – площа поперечного перерізу відповідного отвору; d – діаметр патрубку для відведення води; d_π – еквівалентний діаметр отвору, через який подається вода; ΔH – втрата напору в циклоні.

За витратою води (q) та за продуктивністю розрахованого циклону (q_1) вибирають необхідну кількість гідроциклонів даного типу N .

$$N = \frac{q}{q_1}. \quad (3.93)$$

3.5.6. Розрахунок просвітлювачів з завислим шаром осаду

Просвітлювачі із завислим шаром осаду використовуються частіше при реагентному пом'якшенні води. Дані споруди виконують функції змішувачів, камер пласцівцеутворення і відстійників.

Споруди цього типу застосовують при стабільній подачі води. Коливання витрати води повинно бути не більше 15% протягом доби, зміна температури води у просвітлювачі повинна бути не більше 1⁰С протягом 1 години. Стабільність температури необхідна для забезпечення ефективного пласцівцеутворення, а при пом'якшенні води - для завершення процесу переходу іонів твердості в нерозчинні сполуки.

Відомо, що ефективність реального пом'якшення зростає з підвищенням температури, тому частіше за все просвітлювачі використовують на електростанціях, де завжди є можливість підтримати температуру води у просвітлювачі на рівні 30 – 35 °С.

Просвітлювачі, як правило, містять зону просвітлення і зону відділення та ущільнення осаду. Вони можуть бути круглими в плані, або коридорного типу.

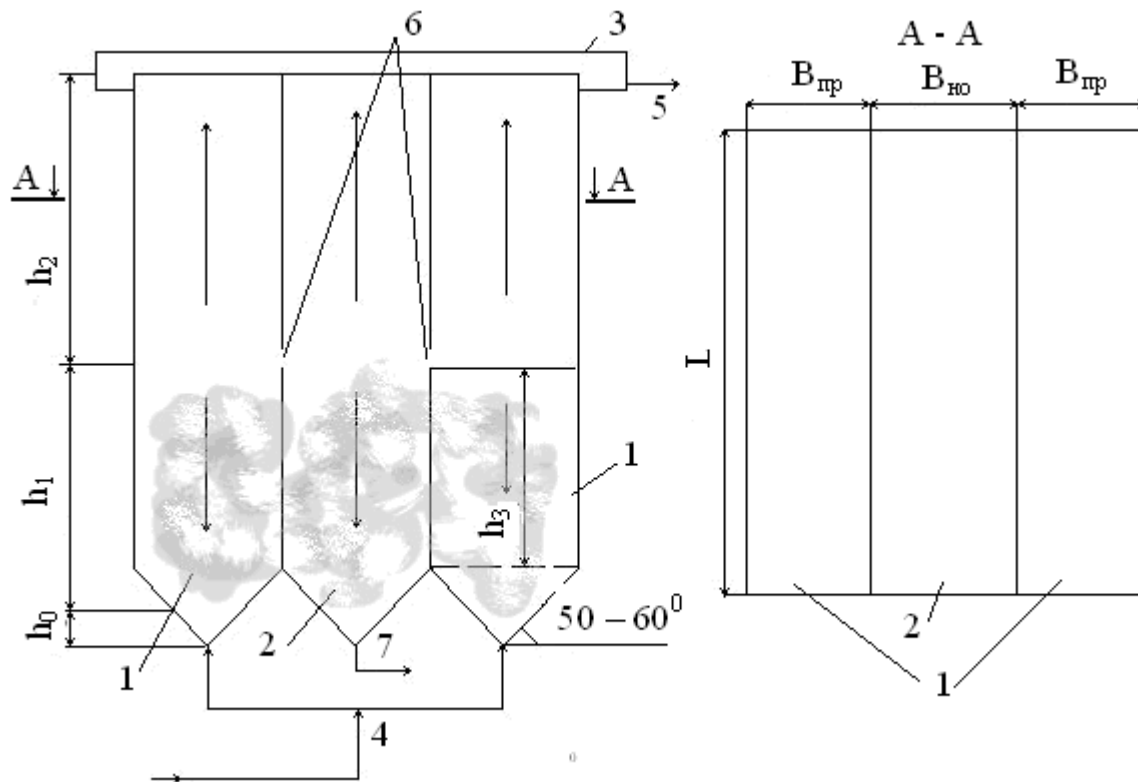


Рис. 3.14. Просвітлювач із завислим шаром осаду:

1 – коридори просвітлення води; 2 – коридор накопичення і ущільнення осаду; 3 – жолоб для збору освітленої води; 4 – подача води; 5 – відведення освітленої води; 6 – вікна, для відведення осаду; 7 - відведення осаду.

Два периферійні коридори називаються зоною просвітлення, середній коридор називається зоною накопичення та ущільнення осаду. У верхній частині вся зона відноситься до зони просвітлення води.

Розрахунок ведуть, враховуючи площу зони просвітлення і зони накопичення осаду.

Площа просвітлювача, м^2 , розраховується за формулою:

$$F = F_{\text{пр}} + F_{\text{но}} = K \cdot q_{\text{max}} / (3,6 \cdot V_{\text{н}}) + (1 - K) \cdot q_{\text{max}} / (3,6 \cdot V_{\text{н}} \cdot \alpha), \quad (3.94)$$

де $F_{\text{пр}}$ - площа зони просвітлення, м^2 ; $F_{\text{но}}$ - площа зони накопичення осаду, м^2 ; q_{max} - витрата води, $\text{м}^3/\text{год}$; K - враховує розподіл води між зоною просвітлення і зоною накопичення осаду ($0,6 - 0,8$); $V_{\text{н}}$ - нормальна швидкість підйому води в зоні просвітлення ($0,6 - 1,2 \text{ мм/с}$); α - коефіцієнт, що враховує зниження швидкості підйому води в зоні накопичення осаду ($\alpha \approx 0,9$).

Просвітлювач працює так: вода подається і рухається знизу вверх, за рахунок зміни площі перерізу потоку води відбувається її інтенсивне змішування із реагентами. По мірі підйому води із збільшенням площі перерізу потоку швидкість руху води знижується, що забезпечує більш плавне перемішування води, формування крупних часток осаду.

У зоні до $h_0 = 0,5 - 1 \text{ м}$ відбувається інтенсивне перемішування води. У зоні до $h_1 = 2 - 2,5 \text{ м}$ відбувається плавне перемішування води з укрупненням осаду. У цій частині швидкість підйому води близька до гідравлічної крупності осаду, що забезпечує формування завислого шару осаду. В зоні, де вода досягає вікон 6, швидкість підйому суттєво зменшується, тому що вона переходить частково в коридор накопичення осаду. В зоні від h_1 до h_2 швидкість підйому води менша за швидкість осідання осаду, що забезпечує ефективне освітлення води ($h_2 = 1,5 - 2 \text{ м}$). Висота стінки до вікон відведення осаду $h_3 = 1,5 - 1,75 \text{ м}$

У нижній частині середнього коридору накопичується осад. В цьому коридорі вода не рухається зовсім або рухається зверху вниз, що сприяє ефективному відстоюванню осаду і його ущільненню. Осад може відбиратись періодично або в безперервному режимі. Число просвітлювачів (N) вибирається виходячи з того, що площа одного просвітлювача не перевищує 100 м^2 . Використовують просвітлювачі на станціях з витратою води не більше $5000 \text{ м}^3/\text{добу}$.

Лінійні розміри в плані визначають наступним чином. Спочатку розраховують довжину коридорів просвітлення, м , за формулою:

$$L = \frac{F_{\text{пр}}}{2 B_{\text{пр}} N}, \quad (3.95)$$

де B_{np} – ширина коридору просвітлення, якою можна задатись.

Оскільки довжина коридору накопичення осаду рівна довжині коридору просвітлення, то ширину коридору накопичення осаду, м, розраховують за формулою:

$$B_{H.O.} = \frac{F_{H.O.}}{L \cdot N} \quad (3.96)$$

Об'єм зони накопичення осаду, m^3 , розраховується як для відстійників за формулою (3.82).

Висоту просвітлювача, м, визначають за формулою:

$$H = h_0 + h_1 + h_2 + h_{буд}, \quad (3.97)$$

де $h_{буд} = 0,3$ м.

Кут нахилу стінок днища 50 - 60 градусів.

Площа вікон для переміщення осаду, m^2 , буде:

$$F_v = q \cdot (1 - K) / 3,6 \cdot N \cdot V_v, \quad (3.98)$$

де V_v – швидкість руху води у вікнах ($V_v = 10 - 15$ мм/с).

3.5.7. Розрахунок вторинних відстійників

Вторинні відстійники застосовуються після аеротенків в біохімічних процесах очищення води і призначені для відділення активного мулу від очищеної води. Всі типи вторинних відстійників рекомендується розраховувати по питомому навантаженні, $m^3/m^2 год$, яке визначається за формулою:

$$q_n = 4,5 \cdot \eta \cdot H_i^{0,8} / (0,1 \cdot J \cdot \alpha)^{0,5-0,01\alpha_t} \quad (3.99)$$

де η - коефіцієнт використання об'єму зони відстоювання: для радіальних відстійників дорівнює 0,4; для вертикальних- 0,35; для горизонтальних – 0,45; J – муловий індекс, cm^3/g ; α - концентрація активного мулу в аеротенку, $г/дм^3$; α_t - концентрація активного мулу в освітленій воді, $г/дм^3$, H_i - висота зони відстоювання, м.

Вторинні відстійники після біологічних фільтрів також рекомендується розраховувати за навантаженням, $m^3/m^2 год$

$$q_n = 3,6 \cdot \eta \cdot u_0 \quad (3.100)$$

Площу поверхні вторинних відстійників, m^2 визначають із витрати води та

питомого навантаження на відстійник :

$$F=q/q_{\text{п}} \quad (3.101)$$

де q – витрата води, $\text{м}^3/\text{год}$.

При проектуванні вторинних відстійників, що використовуються після аеротенку слід враховувати і рециркуляційну витрату води.

3.5.8. Проектування нафтоуловлювачів

Нафтоуловлювачі проектують трьох типів: горизонтальні, радіальні та тонкошарові. Розрахунок нафтовловлювачів рекомендується проводити аналогічно розрахунку відстійників із врахуванням кінетики впливання частинок нафти. За відсутності даних про таку кінетику допускається брати їх гідравлічну крупність U_0 у межах від 0,4 мм/с (з кількістю затриманої нафти 70%) до 0,6 мм/с (з кількістю затриманої нафти 60 %).

При розрахунку горизонтальних нафтоуловлювачів слід приймати висоту зони відстоювання $H_i=2$ м, відношення довжини відстійника до висоти зони відстоювання $L/H_i=15\div 20$, ширину відстійника $B=3\div 6$ м, лінійну швидкість руху води $V=4\div 6$ мм/с.

При розрахунку тонкошарових нафтоуловлювачів слід приймати гідравлічну крупність, $U_0= 0,15$ мм/с, відстань між пластинами (ярусами) $h_{\text{яп}}=50$ мм, кут нахилу пластин $\alpha=45^\circ$

3.6. Фільтрування води

Фільтрування – це метод очищення води від завислих речовин при пропусканні її через пористий матеріал. Як пористий матеріал використовують різноманітні завантаження, які складаються з кварцового піску, дробленого керамзиту, антрациту. Фільтруючим матеріалом можуть бути спеціальні тканини, керамічні і скляні пористі перегородки, синтетичні полімерні мембрани.

На крупних станціях водопідготовки та водоочищення використовують

зернисте завантаження із кварцового піску, керамзиту та антрациту.

У процесах очищення води фільтруванням розрізняють два механізми фільтрування. По першому механізму забруднення збирається тонким шаром на поверхні фільтруючого зернистого завантаження або фільтруючого матеріалу. Цей механізм реалізується тоді, коли пори фільтруючого матеріалу менші за розміри завислих часток або фільтрування відбувається через наливний шар.

Наливний шар – це тонкий шар дрібнодисперсних речовин, який осідає на поверхні фільтруючого матеріалу. Він може формуватися із домішок, які є у воді або із домішок, які спеціально вносяться у воду. Другий механізм реалізується при затриманні завислих речовин в об'ємі фільтруючого завантаження. Завислі речовини затримуються за рахунок адгезії до часток фільтруючого матеріалу. Даний механізм реалізується при використанні насипних фільтруючих матеріалів у швидких фільтрах.

На станціях водопідготовки та очищення стічних вод частіше за все використовують насипні фільтри. Їх умовно поділяють на повільні та швидкі фільтри. При експлуатації будь-яких фільтрів із насипним завантаженням процес фільтрування проходить періодично. На першій стадії відбувається очищення води при пропусканні через пористий матеріал до вичерпання брудомісткості фільтрів. Цей період називається фільтроциклом. Про завершення фільтроциклу судять за проскоком завислих речовин або за підвищенням до критичних значень гідравлічного опору фільтрів. Після завершення фільтроциклу, фільтри відключають на очищення - це друга стадія. У разі швидких фільтрів їх просто промивають інтенсивним потоком води. В окремих випадках подають разом з водою стиснуте повітря, тобто реалізується водоповітряна промивка. Для промивання фільтрів використовують очищену воду. Подача води при промиванні фільтрів може бути знизу вгору і зверху вниз. Частіше промивну воду подають знизу вгору. При очищенні повільних фільтрів механічно знімають верхній наливний шар. Після очищення фільтр знову використовують в процесі фільтрування води. Як правило, на станції є певна кількість фільтрів. Для забезпечення безперервної роботи станції фільтри на очищення

відключають по чергово.

3.6.1. Повільні фільтри

Це фільтри, які працюють зі швидкістю фільтрування 0,1 – 0,2 м/год. Якщо концентрація завислих речовин не більше 25 мг/дм³, тоді швидкість фільтрування $V = 0,2$ м/год. Якщо концентрація завислих речовин до 50 мг/дм³, тоді швидкість фільтрування повинна бути до 0,1 м/год.

В повільних фільтрах реалізується перший механізм фільтрування, тобто механізм, при якому на поверхні зернистого матеріалу утворюється наливний шар із завислих речовин і всі забруднення затримуються на поверхні фільтруючого матеріалу. Досягається це за рахунок дуже повільного фільтрування води.

Після механічного очищення фільтру наливний шар формується протягом 1 – 2 діб. Після формування наливного шару фільтр працює протягом кількох місяців, а то і навіть років. По досягненні критичного гідравлічного опору, фільтри відключають на очищення, яке здійснюють механічно, знімаючи наливний шар забруднення.

Перевагою фільтрів є їх висока ефективність при очищенні води. Вони забезпечують практично повне видалення завислих часток без застосування коагулянтів і флокулянтів, при цьому вони забезпечують видалення більшості мікроорганізмів з води.

Недоліком є те, що вони мають велику площу фільтрування (м²) внаслідок малої швидкості фільтрування, що потребує великих капітальних затрат на їх будівництво:

$$F = \frac{Q}{V}, \quad (3.102)$$

де Q – витрата води; V – швидкість фільтрування.

Іншим недоліком є те, що їх складно очищати. Механічне очищення здійснюється вручну, саме тому повільні фільтри, які використовувались широко

до 60-х років минулого століття на станціях водопідготовки, практично повністю замінено на швидкі фільтри. Проте сьогодні в розвинених країнах повертаються до використання повільних фільтрів, але їх використовують не на основній стадії фільтрування, а на стадії доочищення води. При цьому концентрація завислих речовин перед повільними фільтрами знаходиться в межах $1 - 5 \text{ мг/дм}^3$, що дозволяє збільшити фільтроцикл до 2 – 3 років. В цьому випадку використання фільтрів є рентабельним.

У повільних фільтрах основний шар фільтруючої заправки має товщину $h = 1200 \text{ мм}$ з розмірами зерен $d = 0,3 - 1 \text{ мм}$. Підтримуюча заправка складається із кількох шарів товщиною $50 - 150 \text{ мм}$: $h_1 = 50 \text{ мм}$, $d = 1 - 2 \text{ мм}$; $h_2 = 100 \text{ мм}$, $d = 2 - 4 \text{ мм}$; $h_3 = 100 \text{ мм}$, $d = 4 - 8 \text{ мм}$; $h_4 = 100 \text{ мм}$, $d = 8 - 16 \text{ мм}$; $h_5 = 150 \text{ мм}$, $d = 16 - 32 \text{ мм}$. Висота шару води над фільтруючою загрузкою досягає 2 м .

3.6.2. Швидкі фільтри

Ці фільтри працюють при швидкості фільтрування $5 - 10 \text{ м/год}$. В них реалізується другий механізм фільтрування. Забруднення затримуються в товщині шару фільтруючого матеріалу.

Процес очищення краще проходить при використанні коагулянтів, які сприяють підвищенню адгезії зерен матеріалу із частинками завислих речовин. Поверхня зерен кварцового піску характеризується негативним значенням електрокінетичного потенціалу (χ). Домішки, які є у воді, також характеризуються негативним значенням χ - потенціалу, тому золі, які утворилися при гідролізі коагулянту і мають позитивне значення χ - потенціалу, сприяють зв'язуванню завислих речовин із зернами фільтруючого матеріалу.

При застосуванні швидких фільтрів станція водопідготовки працює в безперервному режимі з послідовним почерговим відключенням фільтрів на промивку. При нормальній роботі станції тривалість фільтроциклу складає $8 - 12 \text{ год}$, число промивок $n = 2 - 3$ на добу.

Розрахунок площі фільтрування для швидких фільтрів проводять з урахуванням відключення фільтрів на промивку. При цьому враховується нормальна швидкість фільтрування та швидкість фільтрування в форсованому режимі.

Площа фільтрування, m^2 , розраховується за формулою:

$$F = \frac{Q}{TV_H - 3,6wt_1n - t_2V_Hn}, \quad (3.103)$$

де Q – об'єм води який фільтрується за добу, m^3 ; T – час роботи станції протягом доби, $T = 24$ год; V_H – швидкість фільтрування, $V_H = 5 - 10$ м/год; w - інтенсивність подачі води на промивання фільтрів, $w = 12 - 18$ $dm^3/c \cdot m^2$; t_1 – час промивання фільтру, $t_1 = 0,1$ год; n – число промивань фільтру, $n = 2$ або 3 ; t_2 – час простою фільтрів у зв'язку з промивкою: при водній промивці $t_2 = 0,33$ год, при водоповітряній $t_2 = 0,5$ год.

Число фільтрів визначають за формулою:

$$N = \frac{1}{2}\sqrt{F}. \quad (3.104)$$

Площа одного фільтра вибирається, виходячи з типових розмірів будівельних бетонних конструкцій. Коли витрата води < 1600 m^3 /добу, то $N > 4$.

Розраховують швидкість фільтрування у форсованому режимі, м/год:

$$V_\phi = \frac{N}{N - N_1}V_H, \quad (3.105)$$

де N – число фільтрів; N_1 – число фільтрів, відключених на ремонт: $N < 20$, $N_1 = 1$; $N > 20$, $N_1 = 2$.

Після визначення швидкості фільтрування в форсованому режимі вона повинна бути в заданих в СНиП межах (табл. 2.6).

Якщо V_ϕ перевищує допустимі значення, то необхідно задатися меншим значенням V_H і перерахувати площу фільтрування та число фільтрів.

Схема швидкого фільтру приведена на рис. 3.15.

При фільтруванні вентилі 9 і 10 закриті, вода проходить через фільтруючий матеріал і через вентиль 8.

При промиванні вентиль 8 закритий. Вода в фільтр не подається. Вентилі 9 і 10 відкриті. Вода проходить знизу вверх, промиваючи пісок, і через жолоба

відводиться. Жолоба розміщені на висоті, що забезпечує відведення промивної води і запобігає винесенню піску та інших зернистих матеріалів через розширення завантаження при промивці.

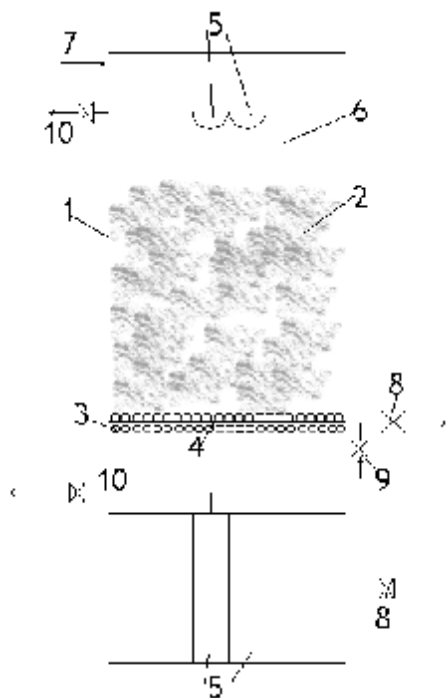


Рис. 3.15. Механічний фільтр із зернистим завантаженням:

1 – корпус швидкого фільтра; 2 – зернистий фільтруючий матеріал; 3 – підтримуюча загрузка (щебінь, гравій); 4 – дренажна система; 5 – жолоба для збору промивної води; 6 – шар води; 7 – подача води в фільтр; 8 – вентиль на лінії відведення фільтрованої води; 9 – вентиль на лінії подачі води на промивку; 10 – вентиль на трубопроводі відведення промивної води.

Висоту фільтрів визначають, виходячи із висоти шару підтримуючої загрузки, фільтруючої загрузки та висоти шару води.

Загальна висота фільтра:

$$H = H_{п.з} + H_{ф.з} + H_в + H_д + h_б, \quad (3.106)$$

де $H_д$ – додатковий рівень води, що створюється при відключенні одного з фільтрів на промивку, м; $H_{п.з}$ – висота шару підтримуючого завантаження, $H_{п.з} = 0,7$ м; $H_{ф.з}$ – фільтруюче завантаження, $H_{ф.з} = 1,5$ м; $h_б$ – будівельний запас висоти, $h_б = 0,3 - 0,5$ м; $H_в$ – висота шару води, $H_в \sim 2$ м.

$H_д$ створюється, коли $N < 6$:

$$H_д = \frac{W_д}{F_c}, \quad (3.107)$$

де F_c – площа працюючих фільтрів, при відключенні одного на промивку; $W_д$ – додатковий об'єм води, який необхідно профільтрувати при відключенні одного фільтра на промивку.

Додатковий об'єм води, м^3 , розраховується за формулою:

$$W_0 = F_1 V_n t_2, \quad (3.108)$$

де t_2 – час простою фільтру в зв'язку з промивкою, год; F_1 – площа одного фільтру, м^2 ; V_n – нормальна швидкість фільтрування, $\text{м}/\text{год}$.

Дренажна система використовується у фільтрах із підтримуючим завантаженням. Це система перфорованих труб, що знаходяться в нижній частині фільтру, в шарі підтримуючого завантаження.

В тому випадку, коли фільтруюче завантаження розміщено на металевій сітці, дренажну систему не розраховують і не використовують.

Як правило, дренажна система складається із колектора та відгалужень. Колектор – це труба великого діаметру, яка проходить через весь фільтр, до неї приєднані труби меншого діаметру, які перфоровані або мають отвори у вигляді щілин.

Відстань між відгалуженнями складає 250 – 350 мм. Дренажну систему розраховують за режимом промивки. Спочатку визначають витрату води у колекторі при промивці, $\text{м}^3/\text{с}$:

$$q_k = F_1 \omega \cdot 10^{-3}, \quad (3.109)$$

де F_1 – площа фільтру; ω – інтенсивність промивки, $\omega = 16 \text{ дм}^3/\text{с} \cdot \text{м}^2$.

Далі розраховують площу перерізу колектора, м^2 :

$$f_k = \frac{q_k}{V_k}, \quad (3.110)$$

де V_k – швидкість руху води в колекторі при промивці, $V_k = 0,8 - 1,2 \text{ м}/\text{с}$.

Діаметр колектора, м , розраховують за формулою:

$$d_k = 2 \sqrt{\frac{f_k}{p}}. \quad (3.111)$$

Витрата води у відгалуженнях, $\text{м}^3/\text{с}$:

$$q_b = \frac{q_k}{n}. \quad (3.112)$$

Число відгалужень при односторонньому розміщенні буде:

$$n = \frac{B \cdot 10^3}{l}, \quad (3.113)$$

де l – відстань між відгалуженнями – 250 – 350 мм; B – загальна ширина фільтру, м.

При двосторонньому розміщенні число відгалужень буде:

$$n = \frac{2B \cdot 10^3}{l}. \quad (3.114)$$

Площа перерізу відгалуження, м²:

$$f_{\epsilon} = \frac{q_{\epsilon}}{V_{\epsilon}}. \quad (3.115)$$

Швидкість руху води у відгалуженні: $V_{\epsilon} = 1,6 - 2$ м/с;

Діаметр відгалуження, м:

$$d_{\epsilon} = 2\sqrt{\frac{f_{\epsilon}}{p}}. \quad (3.116)$$

У відгалуженнях повинні бути отвори, розміщені в шаховому порядку під кутом 45° у нижній частині труби. Загальна площа отворів дорівнює 0,25– 0,5% від площі всього фільтру.

В тому випадку, коли підтримуюче завантаження не використовується, а дренажна система знаходиться у фільтруючому завантаженні, в трубах дренажної системи повинні бути щілини товщиною не більше 0,1 мм і загальна площа всіх щілин 1,5 – 2% від площі фільтру.

Жолоба для збору промивної води розміщені на відстані не більше 2,2 м. Жолоба розраховуються за витратою води на промивання.

Витрата води в одному жолобі:

$$q_{\text{ж}} = \frac{q_{\text{к}}}{n_{\text{ж}}}, \quad (3.117)$$

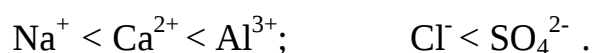
де $n_{\text{ж}}$ – кількість жолобів.

3.7. Проектування установок для іонообмінного очищення води

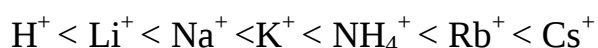
Іонний обмін застосовують при вилученні з води солей (при іонообмінному пом'якшенні та знесоленні води), для видалення з води іонів важких та кольорових металів (Zn, Cr, Ni, Cu, Pb, хроматів, молібдатів). Крім того, іонообмінні методи застосовуються для вилучення з води органічних речовин, здатних до іонізації або дисоціації у воді. Наприклад, для вилучення карбонових кислот, амінів, амонійних солей, включаючи піридин та його солі, фенолів та фенолятів, сульфових та сульфонатних сполук.

Для вилучення з води катіонів використовують катіоніти, аніонів – аніоніти. Процес іонного обміну – це процес вилучення певного виду іонів із розчину при їх заміні на іони того ж знаку в іонообмінному матеріалі. Іонообмінний матеріал або іонообмінна смола - це нерозчинна у воді речовина, частіше за все органічний полімер, на поверхні якого є хімічно зв'язані із нерозчинним матеріалом функціональні групи, здатні до дисоціації. Ці групи називаються потенціалвизначаючими іонами. Іони, які компенсують заряд фіксованих іонів або потенціалвизначаючих іонів, називаються протиіонами.

Процес іонного обміну – це процес заміни протиіонів, що знаходяться поблизу поверхні іоніту на протиіони, які знаходяться в розчині. Рушійною силою процесу є селективність іоніту по певних іонах. Як правило, в процесі іонного обміну двозарядні іони краще сорбуються за однозарядні і завжди витісняють останні з іоніту. В свою чергу, тризарядні іони краще сорбуються, ніж двозарядні і т.д. Пов'язано це з більш сильним електростатичним притягуванням полізарядних іонів порівняно з однозарядним:

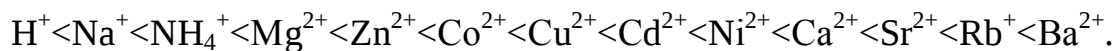


У ряду іонів з однаковим зарядом краще сорбуються іони з меншим радіусом гідратної оболонки або із більшим власним радіусом:

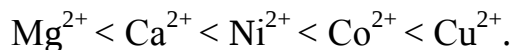


За наявності в стічних водах складної суміші катіонів велике значення має селективність їх сорбції катіонітами. Для визначення найменш сорбованих

катіонів при обміні на катіоніті КУ-2 слід брати до уваги ряд катіонів за енергією їх витіснення одного іншим:



При обміні на слабокислому катіоніті КБ-4 встановлено такий ряд селективності катіонів:



Визначено аналогічний ряд селективності аніонів на сильноосновних аніонітах: силікати < борати < фосфати.

Іоніти, в залежності від типу протиіонів, поділяють на катіоніти, аніоніти та поліамфоліти. У **катіонітах** фіксованими групами є карбоксильні, фосфонатні, сульфонатні кислотні групи. Потенціалвизначаючими є аніони, а протиіонами – катіони. В залежності від сили кислотної групи, привитої на полімер, катіоніти поділяють на:

- 1) слабокислотні (карбоксильні групи);
- 2) катіоніти середньої сили (фосфонатні групи);
- 3) сильнокислотні (сульфонатні групи).

Аніоніти – це іонообмінні матеріали, з поверхнею яких зв’язані амінні або амонійні групи - це групи катіонного характеру. Протиіонами в них є аніони.

Аніоніти поділяються на:

- 1) низькоосновні (містять первинні, вторинні та третинні аміногрупи);
- 2) аніоніти середньої сили (містять амінні та амонійні групи);
- 3) високоосновні аніоніти (містять четвертинні амонійні групи).

Іоніти, до полімерної матриці яких приєднані катіонні та аніонні групи, називаються **поліамфолітами**.

У залежності від типу протиіонів, які знаходяться в іоніті, визначають форму іоніту. Катіоніт може бути в кислій або сольовій формі, аніоніт – в основній або сольовій формі.

В процесі експлуатації іонообмінних фільтрів завжди реалізуються стадії сорбції та регенерації фільтру. Порядок роботи фільтру наступний:

- фільтрування води з вилученням певних іонів;

- відключення іонообмінного фільтру на регенерацію після насичення його іонами;
- спушення іонообмінного матеріалу зворотнім током води перед регенерацією;
- регенерація іонообмінного фільтру;
- промивка фільтру після регенерації.

3.7.1. Вибір технологічної схеми іонообмінного очищення води

Технологічна схема іонообмінного очищення води залежить головним чином від іонного складу води та витрати води. Коли витрата незначна, то фільтри можуть бути компактними, а установки регенерації фільтрів можуть бути за межами цеху, де застосовується іонний обмін. При великих витратах води ($>1000 \text{ м}^3/\text{добу}$) регенерація проводиться на місці використання іонообмінних установок. В тому випадку, коли вода містить різні катіони із різним зарядом, може бути одно-, дво- та триступеневе катіонування. На першій стадії катіонування затримуються катіони з максимальним зарядом, а на останній – однозарядні катіони. Для видалення однозарядних катіонів використовують сильнокислотні катіоніти в H^+ формі, для вилучення дво- та тризарядних катіонів можуть використовуватись слабкокислотні катіоніти та катіоніти середньої сили, а інколи і сильнокислотні катіоніти в Na^+ - або H^+ -формі (в залежності від умов очищення).

Слабокислотні катіоніти та катіоніти середньої сили ефективно сорбують катіони, коли знаходяться в H^+ -формі, лише за наявності в розчині в достатніх кількостях гідрокарбонатних аніонів. За наявності гідрокарбонатів при переході протонів у розчин утворюється вугільна кислота, яка виділяється з розчину у вигляді вуглекислого газу, що запобігає підкисленню води.

Слабокислотні катіоніти в основному добре сорбують іони важких та кольорових металів. Вони мають дещо вищу селективність по іонах важких металів в порівнянні з іонами кальцію та магнію, що дозволяє при їх застосуванні

в присутності солей жорсткості води видаляти важкі та кольорові метали.

Як правило, слабкокислотні катіоніти та катіоніти середньої сили є дорогими і дефіцитними на ринку України, тому часто застосовують двоступеневе катіонування з використанням на обох стадіях сильнокислотного катіоніту. На першій стадії катіоніт може використовуватись в кислій або сольовій формі та змішаній кисло – сольовій формі. На другій стадії - завжди в кислій формі.

Головна перешкода застосування сильнокислотних катіонітів на першій стадії катіонування - це складність процесу регенерації цих іонітів від дво- та тризарядних катіонів. Селективність катіоніту по цих іонах досить висока, тому необхідно використовувати значний надлишок реагенту при регенерації. Ємність сильнокислотних катіонітів по одно- та двозарядним катіонам досить велика.

При вилученні аніонів з води, в залежності від якості води та вимог до очищеної води, може бути використано одно- та двоступеневе аніонування. Як правило, стадія аніонування йде після стадії катіонування. Коли у воді присутні лише аніони сильних кислот або коли немає обмежень щодо вмісту аніонів слабких кислот, застосовують одноступеневе аніонування з використанням низькоосновних аніонітів. Ці аніоніти легко регенеруються розчинами лугу або інших основних реагентів, мають значну обмінну ємність по аніонах сильних кислот. За необхідності вилучення з води залишків аніонів слабких кислот (силікатів, боратів) застосовують високоосновні аніоніти в ОН⁻-формі на другій стадії аніонування.

3.7.2. Розрахунок іонообмінної установки

Проектування іонообмінних установок проводять, виходячи із витрати води або продуктивності станції та іонного складу води.

Вміст змулених речовин у воді, що надходить на іонообмінні фільтри, не повинен перевищувати 8 мг/дм³. Величина ХСК має бути не більшою за 8 мгО₂/дм³. В іншому випадку в схему іонообмінної установки включаються споруди попереднього очищення з механічними та сорбційними фільтрами.

У разі наявності у воді кількох катіонів та аніонів, які сорбуються одночасно, системи розраховуються як однокомпонентні за найменш сорбованими або лімітуючими іонами, при сорбції їх з індивідуальних розчинів.

В ряді випадків іонообмінні установки застосовують спеціально для виділення окремих специфічних компонентів із стічних вод.

Для заповнення Н-катіонних фільтрів при очищенні стічних вод, їх знесоленні використовують катіоніти КУ-1; КУ-2-8, КУ-2-20, КУ-23, КБ-4, КБ-4П-2, КБ-4-10П та імпорتنі аналоги.

Із аніонітів найчастіше використовують аніоніти: сильноосновні – АВ-17-8, АВ-29-12П; середньої основності – ЕДЕ-10П; слабкоосновні – АН-2-ФН, АН-18, АН-22, АН-31, АН-221, АН-251 та імпорتنі аніоніти.

У табл. 3.3 наведена характеристика деяких катіонітів, в табл. 3.4 – аніонітів. Іоніти для очищення стічних вод вибираються залежно від умов ведення процесу та вимог до якості очищеної води.

Для вибору іонообмінної смоли при очищенні води від специфічних сполук або елементів приводяться обмінні ємності іонітів за деякими компонентами, які є в стічних водах.

У табл. 3.5 наведена динамічна обмінна ємність (ДОЄ) ряду катіонітів за міддю, нікелем, цинком; в табл. 3.6 – ДОЄ аніонітів за хроматами; в табл. 3.7 – робоча обмінна ємність (РОЄ) аніоніту АВ-17 в ОН⁻-формі за аніонами сильних кислот при виділенні хроматів.

Таблиця 3.3. Характеристики катіонітів

Марка катіонітів	Розмір гранул катіоніту, мм	Вміст		Насипна густина товарного іоніту, т/м ³	Питомий об'єм набряклого катіоніту, м ³ /т	Середня робоча обмінна ємність, г-екв/м ³		Повна обмінна ємність в динамічних умовах, г-екв/м ³	Допустима температура води при очищенні, °С
		робочої фракції	вологи			при Н ⁺ - катіонуванні	при Na ⁺ - катіонуванні		
Сульфовугілля									
СМ-1	0,3-0,8	-	-	0,65	-	250	400	-	60
СК-1	0,5-1,1	-	-	0,65	-	200	350	-	60
КУ-1	0,4-2,0	92,2	40-50	0,63-0,75	2,9-3,2	300	330	550	80
КУ-2-8	0,315-1,25	93,0	40-60	0,72-0,8	2,9	800	800	1850	120
КУ-2-20	0,315-1,25	92,0	30-40	0,8	2,0	-	-	1300	-
КУ-23	0,315-1,25	95,0	50-70	0,72	4,3	400	-	1100	120
КБ-4	0,355-1,5	90,0	35-65	0,55-0,72	3,0	-	-	2000	120
КБ-4П-2	0,355-1,5	95,0	60-75	0,7-0,8	2,8	-	-	2500	150
КБ4-10П	0,355-1,5	95,0	55-70	-	3,3	-	-	1800	-

Таблиця 3.4. Характеристики аніонітів

Марка аніоніту	Фракційний склад набряклого аніоніту, мм	Вміст		Насипна густина товарного іоніту, т/м ³	Питомий об'єм набряклого іоніту, не більше, %	Повна обмінна ємність, г-екв/м ³			Обмінна ємність в динамічних умовах, г-екв/м ³	Допустима температура при очищенні, °С
		робочої фракції, не менше, %	вологи, %			за СГ - іонами	за SO ₄ ²⁻ - іонами	за SiO ₃ ²⁻ - іонами		
АН-2ФН	0,4-4,2	92,0	2-10	0,65-0,68	3,2	500	700	-	1700-1750	40
АН-18-8	0,4-1,25	92,0	30-50	0,68	2,5	850	1000	-	650	70
АН-18-П	0,355-1,5	92,0	35-60	-	3,5	1100	-	-	-	70
АН-22	0,315-1,25	90,0	30-50	0,79	2,3±0,5	1800	-	-	1000	100
АН-31	0,4-1,2	92,0	2-10	0,7-0,8	3,2	1500	-	-	1260	100
АН-221	0,315-1,25	90,0	40-60	0,83	3,9	1200	-	-	860	100
АН-251	0,63-1,6	90,0	< 50	0,34-0,46	3,0-3,6	1800	-	-	-	120
ЕДЕ-10П	0,4-1,8	92,0	2-10	0,6-0,7	3,45	800	1000	50	1020-1160	45
АВ-17-8	0,355-1,25	92,0	40-60	0,74	2,9	650	800	400	670-900	90
АВ-17-84С	0,4-1,25	95,0	-	-	3,3	1050	-	-	900	90
АВ-29-12П	0,355-1,5	95,0	55-65	-	33,6	1000	-	-	700	40

Таблиця 3.5. Динамічна обмінна ємність катіонітів

Марка катіонітів	ДОЄ, мг-екв на 1 г катіоніту за катіонами			ДОЄ, г на 1 кг катіоніту за катіонами		
	цинку	міді	нікелю	цинку	міді	нікелю
КУ-2-8	2...3	3,7...3,8	2,1...2,3	65...90	80...120	67...70
КБ-4	5	-	-	163	-	-
Сульфовугілля	0,2	2,5	0,4...1,0	6,5	70...80	11...30
КУ-1	0,4	-	-	13	70...90	-

Таблиця 3.6. Динамічна обмінна ємність аніонітів за хроматами

Марка катіоніту	ДОЄ, за Cr (VI) до проскоку	
	% за масою сухої смоли	г-екв/м ³
АВ-17-8	11-12	720...780
АВ-17-16	7,3-8,4	480...550
АН-18	6,9-10,4	450...680
АН-251	-	850

Таблиця 3.7. Робоча обмінна ємність аніоніту АВ-17 в ОН⁻ формі

Склад стічної води, мг-екв/дм ³					РОЄ, г-екв/м ³		Використання РОЄ по Cr (VI), %
Cr (VI)	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	ΣАн	ΣАн	Cr (VI)	
0,8...1,1	0,8...1,1	0,4...0,5	-	2,0...2,7	600...900	270...436	41...48
1,2...1,3	1,2...1,4	0,3...0,4	4,8...5,3	7,5...8,4	600...925	108...144	16...18
1,2...1,3	1,3...1,4	0,3...0,4	0,4	3,1...3,5	835...1095	328...348	32...39
1,2...1,4	1,2	0,3	0,2	2,9...3,1	760...860	336...376	44

В інших таблицях наводяться дослідні дані з ємності деяких іонітів за фенолом (табл. 3.8), катіонітів КУ-2 та КБ-4П-2 за піридином (табл. 3.9), аніонітів ЕДЕ-10П та АВ-17 за мурашиною кислотою (табл. 3.10) та деяких катіонітів за аніліном (табл. 3.11).

Таблиця 3.8. Ємність іонітів за фенолом

Марка іоніту	Ємність у статичних умовах, мг/г	У динамічних умовах		При сорбції фенолу із водних середовищ, мг/г
		до проскоку	до насичення	
Сульфовугілля	37...40	92	90...100	-
КУ-1	-	-	70...90	-
ЕДЕ-10П	54...55	120	54...68	80...100
АВ-17	85...89	147	90...95	100...120

Таблиця 3.9. Ємність катіонітів за піридином

Марка катіоніту	Статична обмінна ємність при сорбції із чистих розчинів		Динамічна сорбційна ємність при сорбції із стічних вод в присутності катіонів натрію та амонію			
			до насичення		до проскоку	
	мг-екв/г	мг/г	мг-екв/г	мг/г	мг-екв/г	мг/г
КБ-4П-2	-	-	1,0...1,1	80...88	0,7...1,0	56...80
КУ-2	3,2...3,3	250...269	1,5...2,2	120...180	1,3...2,1	105...170

Таблиця 3.10. Ємність аніонітів за мурашиною кислотою

Марка аніоніту	Ємність	
	мг-екв/г	мг/г
ЕДЕ-10П	4,5-4,6	206-209
АВ-17	3,7-3,9	170-180

Таблиця 3.11. Ємність аніоніту за аніліном

Марка катіоніту	ДОЄ до проскоку, мг/г, при концентрації аніліну 1 мг/дм ³	Повна динамічна обмінна ємність, мг/г
КУ-1	227	340
КУ-1Г	-	67
КУ-2	146	310
КБ-4П-2	330	422

Процеси іонообмінного очищення та знесолення стічних вод можуть здійснюватись у різних апаратах: іонообмінних фільтрах з обробкою води в щільному шарі, фільтрах для роботи з псевдозрідженим шаром іонітів, пульсаційних колонах.

Для очищення та знесолення стічних вод використовують Н⁺-катіонітні фільтри першого ступеню, вертикальні, паралельно-тічні. Їх характеристики наведені в табл. 3.12.

Таблиця 3.12. Характеристики Н⁺ – катіонових фільтрів

Характеристика фільтрата	ФИПа 1-1-6	ФИПа 1-1, 5-6	ФИПа 1-2-6	ФИПа 1-2, 6-6	ФИПа 1-3-6	ФИПа 1-3, 4-6
Робочий тиск, МПа	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Площа фільтрування, м ²	0,785	1,775	3,14	5,3	7,1	9,1
Діаметр фільтру, мм	1000	1500	2000	2600	3000	3400
Висота шару іоніту, м	2	2	2,5	2,5	2,5	2,5
Об'єм завантаження іоніту, м ³	1	3,56	7,85	13,25	17,75	22,75
Маса фільтру (з арматурою), т	0,905	1,692	2,796	4,558	5,527	7,848
Питомий тиск на фундамент, МПа	0,65	0,69	0,6	0,65	0,68	0,65

Фільтри змішаної дії (ФЗД) бувають двох типів: з внутрішньою

регенерацією та з виносною. Найбільше застосовується в практиці очищення та знесолення стічних вод ФЗД з внутрішньою регенерацією. Їх характеристики наведені в табл. 3.13.

Таблиця 3.13. Характеристики ФЗД з внутрішньою регенерацією

Характеристика фільтра	ФСДНр 2,0-10	ФСДНр 2,6-10	ФСДНр 3,4-10	ФСДНр 2,0-6
Тиск, МПа:				
робочий	1	1	1	0,6
пробний гідравлічний	1,3	1,3	1,3	0,9
Площа фільтрування, м ²	3,14	5,3	9,1	3,13
Діаметр фільтра, мм	2000	2600	3400	2000
Висота фільтруючого шару, м:				
загальна	1,2	1,2	1,2	1,2
катионіту	0,6	0,6	0,6	0,6
аніоніту	0,6	0,6	0,6	0,6
Об'єм фільтруючого завантаження, м ³ :				
катионіту	1,9	3,18	5,5	1,9
аніоніту	1,9	3,18	5,5	1,9
Маса, т:				
катионіту	1,35	2,26	3,9	1,35
аніоніту	1,4	2,35	4,1	1,4
навантажувальна	17	20,5	4,5	15,5
Питомий тиск на фундамент, МПа	0,6	0,5	0,6	0,6

Важливим у проектуванні іонообмінних установок є обчислення втрати напору в завантаженні іонітових фільтрів. У табл. 3.14 наведені дані про втрату напору залежно від розмірів зерен іоніту, висоти шару та швидкості фільтрування.

Таблиця 3.14. Втрати напору в загрузці фільтрів

Швидкість фільтрування, м/г	Втрати напору, м, при розмірі зерен іоніту, мм			
	0,3 ... 0,8		0,5 ... 1,2	
	Висота завантаження, м			
	2,0	2,5	2,0	2,5
5	5,0	5,5	4,0	4,5
10	5,5	6,0	5,0	5,5
15	6,0	6,0	5,5	6,0
20	6,5	7,0	6,0	6,0
25	9,0	10	7,0	7,5

При розрахунку H^+ – катіонітних фільтрів використовують такі технологічні дані:

швидкість фільтрування, м/г 10..15;

швидкість регенерації, м/г 1,0...1,5;

напрямок потоку при регенерації та відмиванні зверху вниз;

інтенсивність спущення катіоніту перед регенерацією, $\text{дм}^3/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$ 3,0;

термін спущення, хв 5...7;

швидкість відмивання катіоніту після регенерації, м/г 6,0...10;

розчин для регенерації 7 - 10%-ні розчини

HCl a60 H₂SO₄

ДОЄ КУ-2 за сумою іонів 2- та 3-валентних металів на 1 м³ набряклої смоли 15-19 кг (830-1050 г-екв)

KY-238 - 10,5 кг/м (450...580 г-екв/м³)

орієнтовний річний знос катіоніту 10 %.

При розрахунку аніонітових фільтрів користуються такими даними:

швидкість фільтрування, м/г 10..15;

швидкість регенерації, м/г 1,5...2;

напрямок потоку при фільтруванні, регенерації

та відмиванніЗВЕРХУ ВНИЗ;

інтенсивність спущення аніоніту перед регенерацією $\text{дм}^3/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$ 3 - 4;
 термін спущення завантаження, хв 5 - 7;
 швидкість відмивання після регенерації, м/г 5 - 6;
 розчин для регенерації 3 - 4% NaOH;
 ДОЄ аніонітів за аніонами сильних кислот, г-екв/м³ АН-2Ф – 800 - 1000;
 орієнтовне річне спрацювання 15 - 20%.

Об'єм іоніту в іонообмінній установці, м³, розраховують за формулою:

$$W = \frac{Q(C_{\text{поч}} - C_{\text{пр}})}{nE_p}, \quad (3.118)$$

де Q - об'єм води, який знесолюють протягом доби, м³; $C_{\text{поч}}$ - початкова концентрація даного типу іонів у воді, г-екв/м³; $C_{\text{пр}}$ - концентрація проскоку даного типу іонів, г-екв/м³; n - число регенерацій фільтру протягом доби (якщо фільтр регенерується раз в кілька днів, то n буде дробне число); E_p - робоча ємність іоніту, г-екв/м³.

$$E_p = \alpha E_n - K q_n C_n, \quad (3.119)$$

де E_n - повна динамічна обмінна ємність іоніту, г-екв/м³; α - коефіцієнт, який враховує ефективність або повноту регенерації іоніту (0,6÷0,91); q_n - питома витрата води на промивку іоніту м³/м³ ($q_n \approx 3 \div 5 \text{ м}^3/\text{м}^3$); K - коефіцієнт, який враховує повноту видалення іонів із промивної води ($K = 0,5$ - для катіонів, $K = 0,8$ - для аніонів); C_n - концентрація іонів у промивній воді.

Як правило, об'єм іоніту визначають для фільтра, на якому вилучаються іони, що присутні у воді в найбільшій концентрації. Після визначення об'єму іоніту для найбільшого іонообмінного фільтра або для стадії вилучення іонів з найвищою концентрацією всі інші об'єми іоніту прирівнюються до цього об'єму:

$$W = W_1 = W_2 = W_3 = \dots = W_n$$

Для іонообмінних фільтрів, де вилучаються іони із меншими концентраціями, визначають число регенерацій:

$$n_1 = \frac{Q(C'_{\text{поч}} - C'_{\text{пр}})}{WE_p}; \quad (3.120)$$

$$n_n = \frac{Q(C^n_{\text{поч}} - C^n_{\text{пр}})}{WE_p^n}. \quad (3.121)$$

Площу фільтру, м², визначають, виходячи із об'єму іоніту та висоти шару

іоніту:

$$F = \frac{W}{H}, \quad (3.122)$$

де H - висота шару іоніту.

Швидкість фільтрування, м/год, розраховується за формулою:

$$V = \frac{Q}{T_o n F} = \frac{E_p H}{T_o (C_{поч} - C_{пр})}, \quad (3.123)$$

де T_o - тривалість фільтрування, год; n - число регенерацій.

Площу іонообмінного фільтру вибирають такою, щоб при висоті шару іоніту 1 – 2,5 м співвідношення діаметру до висоти було:

$$\frac{D}{H} = 0,5 \div 1$$

Тривалість фільтроциклу можна розрахувати за формулою:

$$T_o = \frac{24 E_p W}{Q (C_{поч} - C_{пр}) n}. \quad (3.124)$$

Витрата реагента на регенерацію іоніту, кг:

$$G_p = \frac{W}{10m} E_p N q_p, \quad (3.125)$$

де m - концентрація реагенту, %; N - еквівалентна маса реагенту; q_p - питома витрата реагенту на регенерацію іоніту, г-екв/г-екв (2,5 - 3).

Витрату води на спущення іоніту, м³, визначають із інтенсивності подачі води на промивку, площі фільтру та часу спущення:

$$q_s = \frac{60}{1000} F I t, \quad (3.126)$$

де F - площа фільтру, м²; I - інтенсивність подачі води на спущення 3 - 4 дм³/с·м²; t - час спущення іоніту, 5 - 7 хвилин.

Витрата води на промивку фільтру після регенерації дорівнює 3 - 5 об'ємам на 1 об'єм іоніту ($q_{пр} = (3 \div 5)W$, м³).

3.8. Електрохімічні методи очищення води. Проектування електрокоагуляторів та електрофлотаторів

До найпоширеніших електрохімічних методів очищення води відносять електрокоагуляцію, електрофлотацію та електродіаліз.

Електрокоагуляція - це метод очищення води, оснований на електрохімічному розчиненні алюмінієвих або сталевих анодів з утворенням гідроксидів металів, які виступають коагулянтами. Даний метод застосовується при очищенні води на станціях з відносно низькою продуктивністю (до 5000 м³/добу).

Метод **електрофлотації** оснований на видаленні домішок за допомогою водню та кисню, які виділяються у вигляді бульбашок при електрохімічному розкладанні води. Домішки при цьому збираються у вигляді піни на поверхні води. Частіше за все метод застосовують для видалення домішок, які мають густину близьку до густини води. При флотації з води виділяються нерозчинні домішки, які утворюють агрегати із бульбашками газів, сумарна густина яких завжди менша за густину води. Можливе також відділення розчинних домішок, які мають властивості ПАВ чи утворюють хімічні або комплексні сполуки з ПАВ. В цьому випадку ПАВ концентруються на поверхні розділу фаз рідина - газ і видаляються у вигляді піни. Цей метод має *переваги* порівняно з іншими флотаційними методами тому, що при електролізі води утворюються дуже дрібні бульбашки кисню та водню, які добре зв'язуються із дрібнодисперсними нерозчинними речовинами. *Недоліком* електрофлотації та електрокоагуляції є виділення водню, який з повітрям утворює вибухонебезпечні суміші. Слід відмітити, що апарати для електрофлотації та електрокоагуляції обов'язково повинні бути обладнані пристроями для витяжної вентиляції. Підключення ведеться так, що при відключенні вентиляції одразу відключається установка електрофлотації чи електрокоагуляції. Крім того, електрофлотатор та електрокоагулятор повинні ставитись в окремих приміщеннях.

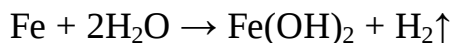
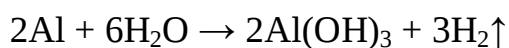
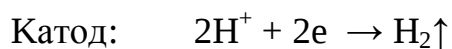
Електродіаліз використовується для очищення та знесолення води при

застосуванні іонообмінних мембран. В технологіях водоочищення застосовують типові установки по електродіалізу, тому в процесі проектування установки для електродіалізу лише вибираються для певного об'єму води. Як і електрофлотатори, так і електродіалізні установки застосовуються на станціях водопідготовки малої потужності.

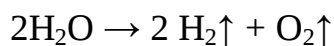
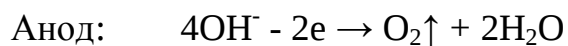
3.8.1. Розрахунок електрокоагуляторів

Електрокоагулятор – це резервуар, виконаний із полімерного матеріалу або із металу і покритий в середині кислотостійким, електроізоляційним полімером. В ньому розміщено блок або кілька блоків електродів. Електроди підключені до джерела постійного струму. Електроди переважно виготовлені із алюмінієвих або сталених листів товщиною 6 мм. Вважається, що при напрузі до 4 В відбувається ефективне розчинення анодів із незначним виділенням кисню. В цьому випадку, в основному, відбувається процес анодного окислення металу. При напрузі 4 – 20 В відбувається пасивація сталі або алюмінію, що суттєво сповільнює реакцію анодного розчинення металу та призводить до електрохімічного розщеплення води з виділенням кисню та водню. При таких напругах краще проходить процес електрофлотації, ніж електрокоагуляції.

Процеси, що відбуваються в електрокоагуляторі:



Процеси, що відбуваються в електрофлотаторі:



При розрахунку електрокоагуляторів використовують вихідні дані, які включають продуктивність установки q [$\text{м}^3/\text{г}$], концентрацію забруднень (C), з

якої визначають дозу коагулянту та питому витрату енергії q_e [А·с/м³], анодну густину струму $j = 120$ А/м², товщину електродів ($\delta = 0,006$ м), відстань між електродами ($\ell = 0,02$ м).

Питома витрата електрики може задаватись, а може розраховуватись із дози коагулянту, г/м³:

$$D_k = \frac{M}{W}, \quad (3.127)$$

де W – об'єм очищеної води, м³; M – маса розчиненого металу, г.

Маса розчиненого металу, г, визначається наступним чином:

$$M = K_F I T E, \quad (3.128)$$

де $K_F = 1/F$, F - константа Фарадея, E - маса еквіваленту металу.

Питома витрата електрики, А · год/м³, буде дорівнювати:

$$q_e = \frac{I T}{W}. \quad (3.129)$$

Звідки, враховуючи попередні рівняння, можна визначити питому витрату електрики, А · год/м³, виходячи з дози коагулянту, г/м³:

$$D_k = \frac{M}{W} = K_F \frac{I T E}{W} = K_F q_e E; \quad (3.130)$$

$$q_e = \frac{D_k}{K_F E}. \quad (3.131)$$

3.8.1.1. Розрахунок електрокоагулятора періодичної дії

Рекомендують приймати тривалість циклу $t_{\text{ц}} = 0,5$ години. При цьому тривалість електролізу $t_1 = 0,5 t_{\text{ц}}$. Час на спорожнення коагулятора $t_2 = 0,5 t_{\text{ц}}$.

Об'єм води, м³, який подається на очищення:

$$W = q t_{\text{ц}}, \quad (3.132)$$

де q – витрата води, м²/год; $t_{\text{ц}}$ - тривалість циклу, год.

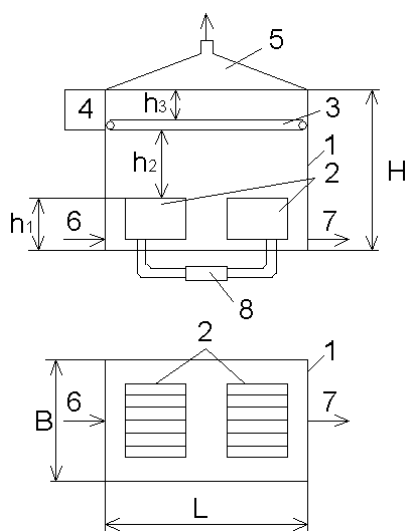


Рис. 3.16. Схема коагулятора періодичної дії:

1 – корпус; 2 – блоки електродів; 3 – механізм для збирання піни; 4 – піноприймач; 5 – пристрій для відведення водню (вентиляційна система); 6 – подача води; 7 – відведення води; 8 – джерело постійного струму; В – ширина, м; L – довжина, м; Н – висота, м.

Витрату електрики на очищення води, А·год, визначають:

$$Q_e = q_e W, \quad (3.133)$$

де q_e – питома витрата електрики, А · год/м³; W – об’єм води, м³.

Силу струму, А, визначають, виходячи з витрати електрики та часу електролізу:

$$I = \frac{Q_e}{t_1}. \quad (3.134)$$

Виходячи із сили струму та анодної густини струму, визначають площу анодів, м² :

$$f_a = \frac{I}{j}. \quad (3.135)$$

Загальний об’єм всіх електродів, м³, буде:

$$V_e = f_a d, \quad (3.136)$$

де d - товщина електродів, м.

Маса всіх електродів, т:

$$M_{el} = V_{el} r \quad (3.137)$$

де r - густина сталі або алюмінію, т/м³.

Маса одного електродного блоку:

$$M_1 = 0,05T.$$

Кількість електродних блоків:

$$n = \frac{M_{el}}{M_1} = \frac{M_{el}}{0,05} . \quad (3.138)$$

Об'єм води в міжелектродному просторі, м³:

$$V_{\epsilon} = f_a \epsilon , \quad (3.139)$$

де ϵ – відстань між електродами.

Об'єм води в міжелектродному просторі одного блоку, м³:

$$V'_{\epsilon} = \frac{V_{\epsilon}}{n} . \quad (3.140)$$

Об'єм одного електродного блоку, м³:

$$W_{\epsilon} = V'_e + V'_{\epsilon} , \quad (3.141)$$

де V'_e - об'єм електродів в одному електродному блоці, м³.

$$V'_e = \frac{V_e}{n} . \quad (3.142)$$

Довжина електродного блоку кубічної форми, м, буде:

$$l_{\epsilon} = \sqrt[3]{W_{\epsilon}} . \quad (3.143)$$

Довжина електрокоагулятора, м:

$$L = nl_{\epsilon} + (n+1)l_{np} , \quad (3.144)$$

де l_{np} - проміжок між електродними блоками і стінками (0,07 м).

Ширина електрокоагулятора, м:

$$B = l_{\epsilon} + 2l_{np} . \quad (3.145)$$

Висота електрокоагулятора, м:

$$H = h_1 + h_2 + h_3 , \quad (3.146)$$

де h_1 - висота на рівні верхньої частини електродів, м; h_2 - висота шару води над електродами, м; h_3 - висота пристрою для збирання піни.

Висота на рівні верхньої частини електродів, м, буде дорівнювати:

$$h_1 = l_{\epsilon} + l_{np} . \quad (3.147)$$

Тоді,

$$h_2 = \frac{W''}{LB}, \quad (3.148)$$

де W'' - об'єм води в шарі над поверхнею електродів, м³; LB - площа дзеркала води, м².

$$W'' = W - W_{н.ч.}, \quad (3.149)$$

де $W_{н.ч.}$ - об'єм води в нижній частині, м³.

$$W_{н.ч.} = LB \cdot h_1 - V_e. \quad (3.150)$$

Висота пристрою для збирання піни (h_3) вибирається.

Число електродів у електродному блоці розраховують за формулою:

$$n_1 = \frac{l_\sigma}{d + \sigma}, \quad (3.151)$$

де $d + \sigma$ - сумарна товщина електроду та міжелектродного проміжку, м.

Маси анодів та катодів, т, рівні:

$$m_a = m_k = \frac{1}{2} \cdot \frac{M_1}{n_1}. \quad (3.152)$$

3.8.1.2. Розрахунок електрокоагуляторів безперервної дії

Спочатку визначають силу струму, А, виходячи з витрати води і витрати електрики:

$$I = qq_e. \quad (3.153)$$

Потім розраховують площу анодів, м²:

$$f_a = \frac{I}{j}. \quad (3.154)$$

Далі розрахунок ведуть як в попередньому випадку. Такі електрокоагулятори мають фіксатор зливу.

3.8.1.3. Розрахунок електрокоагуляторів для очищення води від хроматів

Електрокоагулятори зі сталевими електродами для очищення хромовмісних стічних вод відносять до нестандартного устаткування. Корпус електрокоагулятора – це прямокутний резервуар, виготовлений із синтетичних, стійких до дії кислот, матеріалів (поліізобутилен, поліпропілен та ін.). Електрокоагулятор повинен бути обладнаний вентиляційним пристроєм для видалення газів, що утворюються при електролізі стічних вод. Доцільно, щоб дно коагулятора мало невеликий схил (до 5^0) у бік виходу стічних вод.

Найбільше застосування мають коагулятори з пакетами (блоками) плоских пластичних електродів, розміщених паралельно один до одного.

Рух потоку стічних вод слід здійснювати вздовж поверхні електродних пластин у вертикальному напрямі (знизу вверху або зверху вниз) або в горизонтальному.

Для рівномірного розподілу води між електродами рекомендується застосовувати приймальні та збірні камери. Приймальні камери відокремлюються від робочого простору електрокоагулятора дірчастими перегородками, які розраховуються як розподільники високого тиску (відношення сумарного перерізу отворів до загального перерізу електрокоагулятора становить $\geq 0,3$).

Електроди (анооди та катоди), які виготовляють із низьковуглецевої сталі (Ст3, Ст4, та ін.), можуть бути товщиною 3...6 мм. Початкова відстань між електродами має бути 5...10 мм.

Рекомендуються такі розміри електродних пластин: довжина 0,6...1 м, ширина 0,3...0,6 м. Доцільно використовувати електроди у вигляді блоків. Блок електродів – це пакет сталевих пластин, закріплених на спільній рамі. Пластини через одну підключаються до катодної та анодної шин джерела постійного струму. Щоб запобігти короткому замиканню, пластини в кількох місцях (2...3) за своєю висотою розділяються прокладками із діелектрика (текстоліт, вініпласт та ін.). Електродні пластини в основі або за висотою (з обох боків) рекомендується вставляти в «гребінець», виготовлений із діелектрика. Маса одного блоку має

бути не більше 50 кг.

Електродні шини виготовляють із мідних (латунних) або алюмінієвих прутів або смуг, закріплюють на ізоляторах на корпусі електрокоагулятора і з'єднують з відповідними полюсами джерела постійного струму. Діаметри електродних шин, а також шин (кабелів) підведення струму, що з'єднують електролізер з джерелом струму, обчислюють на максимальне навантаження за струмом.

При розрахунку електрокоагулятора визначають загальну поверхню та кількість електродів, конструктивні розміри, число коагуляторів та струм у електричному колі. При цьому основними вихідними параметрами для обчислення є: витрати стічних вод q , м³/год; початкова концентрація шестивалентного хрому C_{Cr} , мг/дм³; початкова концентрація інших важких металів C_M , мг/дм³; анодна густина струму I_a , А; питома витрата електрики, необхідна для обробки одиниці об'єму стічних вод $q_{ел}$, А · год/м³.

Струм в електричному колі, А, обчислюють за формулою:

$$I = 3,1 C_{Cr} q. \quad (3.155)$$

Загальну площу поверхні анодів, м², визначають із виразу:

$$f = I/j_a. \quad (3.156)$$

Якщо вибрали розміри однієї пластини такі: ширина b (0,3...0,6 м), робоча висота h_p (0,6...1 м), то площа робочої поверхні одного електрода, м², буде:

$$f_{pa} = 2 b h_p. \quad (3.157)$$

Загальна кількість електродних пластин:

$$N_{nl} = 2 \frac{f_a}{f_{pa}}. \quad (3.158)$$

Загальну масу електродних пластин обчислюють:

$$M = N_{nl} f_a \delta \rho_{Fe}, \quad (3.159)$$

де δ – товщина електродної пластини ($\delta = 0,03...0,06$ м); ρ_{Fe} – густина заліза, $\rho_{Fe} = 7,874$ т/м³.

Кількість електродних блоків визначають, виходячи з положення, що маса одного блоку не повинна перевищувати 0,05 т:

$$N_{\delta l} = \frac{M}{0,05} \cdot \quad (3.160)$$

Робочий об'єм електрокоагулятора, м³:

$$W_{ел} = f_a \epsilon', \quad (3.161)$$

де ϵ' – відстань між електродними пластинами ($\epsilon' = 0,005 \dots 0,01$ м).

Час обробки стічних вод (час перебування води в міжелектродному просторі), год:

$$t = W_{ел}/q. \quad (3.162)$$

Питома витрата заліза для обробки стічних вод, кг/добу,

$$Q_{Fe} = \frac{q_{Fe} C_{Cr} q \cdot 24}{1000k}, \quad (3.163)$$

де q_{Fe} – питома витрата мг заліза на 1 мг хрому, $q_{Fe} = 2,5$; C_{Cr} – концентрація хрому, мг/дм³; q – витрата води, м³/год; k – вихід за струмом, $k = 0,8$.

Ширину одного електродного блоку, м, при товщині пластини δ (звичайно $\delta = 0,003 \dots 0,006$ м) розраховують за формулою:

$$B = \frac{N_{nl}}{N_{\delta l}} d + \epsilon' \left(\frac{N_{nl}}{N_{\delta l}} - 1 \right), \quad (3.164)$$

де N_{nl} – загальна кількість пластин; $N_{\delta l}$ – кількість електродних блоків; δ – товщина пластини, м; ϵ' – відстань між електродними пластинами ($\epsilon' = 0,005 \dots 0,01$ м).

3.8.1.4. Розрахунок електролізерів для очищення стічних вод від ціанідів

Електролізер для обробки стічних вод, що містять ціаніди, відносяться до нестандартного устаткування. Це прямокутні сталеві резервуари, розділені перегородками із синтетичних матеріалів на кілька відсіків. У перегородках є кілька рядів отворів, сумарна площа яких становить 30% площі частини перегородки, що міститься у воді, висота якої відповідає висоті занурених у воду електродів.

Рух води в електролізері спрямований вздовж поверхні електродів у горизонтальному напрямі. Електролізер обладнується приймальною та збірною камерами, також відокремленими від робочого простору дірковими

перегородками. На дно електролізера (в кожному з відсіків) поміщаються трубки з отворами із синтетичних матеріалів, через які подається стиснене повітря для переміщення води барботажем.

В електролізері розміщують електроди двох типів: сталеві катоди (у вигляді пластин товщиною 1-2 мм) та аноди з графітованого вугілля у вигляді плит або стрижнів. Допускається використання титанових анодів з металоксидним покриттям (діоксид рутенію, магнетит та ін.). Орієнтовно термін використання анодів із графітованого вугілля становить 4 - 5 місяців. При обробці мідьвмісних стічних вод доцільне використання мідних катодів для утилізації додатково виділеної із стічних вод (у вигляді катодного осаду) металевої міді.

Визначаючи габаритні розміри електролізера, необхідно враховувати об'єм води, що постійно в ньому перебуває, а також об'єм, який займають перегородки, електроди (плити із графітованого вугілля, що випускаються промисловістю, мають розміри 1000x180x50 мм). Відстань між сусідніми електродами (катодом та анодом) слід брати 40 - 50 мм.

Електроди обох видів (катод та анод) закріплюються на мідних (латунних) стрижнях, кінці яких під'єднані до відповідних катодних (анодних) шин, закріплених на ізоляторах уздовж бортів електролізера. Аноди із графітованого вугілля (у вигляді плит) слід укладати на дно електролізера, футероване діелектриком. Площу перерізу струмопроводів та електродних шин обчислюють на максимальне струмове навантаження.

При значному розрахунковому струмі в електричному колі (більше за 3000 А) та необхідності відведення великих кількостей газових продуктів, що виділяються, рекомендується встановлювати кілька електролізерів, які забезпечують автономними джерелами електропостачання.

Технологічна схема електрохімічного очищення ціанвмісних стічних вод складається із двосекційного резервуара-усереднювача (кожна секція розрахована на годинну витрату стічних вод), електролізера, джерела постійного електричного струму (типу ВАКГ та ВАКР), бака для приготування розчину кухонної солі, бака для приготування розчину лужного реагенту, що використовується для

коригування вихідного рН очищуваної води (в разі необхідності), бака для збирання очищеної води.

До стічних вод в резервуарі-усереднювачі додають насичений розчин кухонної солі для досягнення її концентрації у воді в межах 5 - 10 г/дм³ та розчин лужного реагенту (в разі необхідності) до величини рН ≥ 10 . За наявності висококонцентрованих стічних вод ціанідів (відпрацьованих технологічних розчинів) слід передбачати додатковий бак для їх збирання з подальшою рівномірною подачею в стічні води, які надходять у резервуар-усереднювач, до досягнення розрахункової концентрації ціанідів не більше за 1 г/дм³.

При розрахунку електролізера для очищення води, що містить ціаніди, необхідні такі вихідні дані: виробнича потужність електролізера q , м³/год; початкова концентрація ціанідів у воді C , мг/дм³; термін електрохімічної обробки стічних вод t , год.

Необхідний струм у електрохімічному колі електролізера, A , обчислюють за формулою:

$$I = \frac{2,06C \cdot q}{h}, \quad (3.165)$$

де C – початкова концентрація ціанідів у воді, мг/дм³; η – коефіцієнт виходу за струмом, $\eta = 0,8$; q – виробнича потужність коагулятора, м³/год.

Об'єм стічних вод у електролізері, м³:

$$W = qt, \quad (3.166)$$

де t – термін обробки води в електролізері.

Загальна площа поверхні анодів, м²,

$$f_a = \frac{I}{j_a}, \quad (3.167)$$

де j_a – анодна густина струму, А/м².

У разі використання анодів із плит графітованого вугілля розмірами 1000x180x50 мм, загальна поверхня плити:

$$f'_a = 2 \cdot 0,18 = 0,36 \text{ м}^2.$$

Загальна кількість плит (анодів) із графітованого вугілля, що розміщується в одному електролізері:

$$N = \frac{f_a}{f_a} = \frac{f_a}{0,36} \cdot \quad (3.168)$$

Загальна площа поверхні катодів дорівнює загальній площі поверхні анодів. Розміри електролізера вибираються залежно від об'єму стічних вод, що є в ньому з урахуванням загального об'єма занурених у воду електродів.

3.8.1.5. Розрахунок електрокоагулятора для очищення води від фторидів

Метод електрокоагуляції для очищення води, що містить сполуки фтору, доцільно застосовувати при концентрації фторидів у стічних водах не більше за 100 мг/дм³. Якщо концентрації фториду вищі, очищення здійснюється у дві стадії: перша – обробка вапном, друга – доочищення методом електрокоагуляції.

За наявності у воді ПАР, стічні води перед подачею на відстійники необхідно двічі обробити в електролізерах.

Електрокоагулятор розраховується на максимальну концентрацію фторидів у стічних водах із запасом на 10 - 15%.

Виробнича потужність установки за кількістю стоку, що очищається, визначається з урахуванням запасу 30 - 35%.

Одноступінчата технологічна схема очищення складається із таких елементів: накопичувача, електрокоагулятора, реагентного господарства для приготування та дозування розчинів соляної кислоти або кухонної солі (в разі відсутності в стічних водах необхідної кількості хлоридів), споруди для виділення осаду, споруди для зневоднення осаду, трубопроводів, арматури, насосів.

Електрокоагулятор розраховують за такими параметрами:

- загальною напругою V , яка подається на електрокоагулятор від певного джерела струму (випрямляча) і має бути не більшою за 220 В;
- напругою на один проміжок (електродний проміжок анод-катод) 5 - 7 В;
- густиною струму для анодів із алюмінію, що береться 0,7 - 1,0 А/дм² - при концентрації хлоридів у воді до 200 мг/дм³; 1,5 - 2,0 А/дм² – при концентрації хлоридів до 1000 мг/дм³;

- відстанню між електродами, що дорівнює 7 мм;

- питомою витратою алюмінію на одну вагову частину фтору, що береться 5 - 7 г на 1 г F – при концентрації хлоридів до 100 мг/дм³, 20 - 40 г на 1 г фтору при доочищенні стоку після обробки вапном (за відсутності хлоридів їх необхідно додавати не менше, як 100 мг/дм³, при рН вище 5 - 6 додається соляна кислота, при рН не вище 2 - 4 - кухонна сіль);

- швидкістю руху по стоку між електродами, яка має дорівнювати 0,3 - 0,5 см/с.

Кількість алюмінію, що необхідна для очищення стічних вод, які містять фториди, г/год, розраховується за формулою:

$$M_a = C_0 D_n Q, \quad (3.169)$$

де C_0 – концентрація фторидів у воді, г/м³; D_n – питома витрата алюмінію на одну вагову частину фторидів, г/г; Q – виробнича потужність установки, м³/год.

Кількість алюмінію, розчиненого за рахунок проходження електричного струму, г/год, визначають із співвідношення:

$$M_e = \frac{M_a}{B}, \quad (3.170)$$

де B – коефіцієнт (вихід алюмінію), залежить від співвідношення концентрації фторидів та хлоридів у воді:

$$A = \frac{C_0^F}{C^{Cl}}$$

і визначається з табл. 3.15.

Кількість проміжків між анодами та катодами:

$$n = \frac{V}{V_n}, \quad (3.171)$$

де V – загальна напруга на електрокоагуляторі, В; V_n – напруга на проміжку між анодом та катодом, В.

За величиною M_e визначають повний струм на пакеті анодів, А:

$$I = \frac{M_e}{h \cdot 0,355n}, \quad (3.172)$$

де η – коефіцієнт виходу за струмом, $\eta = 0,8$; 0,355 – електрохімічний еквівалент для F;

n – число проміжків між анодом та катодом.

Таблиця 3.15. Залежність виходу алюмінію (коефіцієнта B) від співвідношення концентрації фторидів та хлоридів (A)

A	B	A	B	A	B
0,3	16,0	3,0	10,6	7,0	8,0
0,5	14,5	3,5	10,2	8,0	7,6
1,0	13,0	4,0	9,8	9,0	7,3
1,5	12,2	4,5	9,5	10,0	7,0
2,0	11,6	5,0	9,0	11,0	6,6
2,5	11,0	6,0	8,6	12,0	

За заданої густини струму визначають площу анода (при біполярному вмиканні), m^2 :

$$F = \frac{I}{j}, \quad (3.173)$$

де j – густина струму, A/m^2 ; I – струм, що споживається електрокоагулятором, A .

Кількість електродів в біполярному коагуляторі:

$$n_e = n + 1. \quad (3.174)$$

Розміри електрода визначають, виходячи із площі електрода. Довжина електрода a має бути в 2 - 3 рази більшою від ширини електрода b . Товщину електрода α вибирають, виходячи із товщини наявного листового алюмінію і вона має становити 3 - 5 мм.

Загальна товщина електродів, m :

$$A_e = \alpha (n + 1) = \alpha n_e, \quad (3.175)$$

де α – товщина листа алюмінію для виготовлення електродів, m ($\alpha = 0,003 - 0,005 m$); n_e – кількість електродів; n – число проміжків між електродами.

Умовна довжина сторони проточної частини електрокоагулятора, m , буде:

$$L = (\beta n) + \alpha, \quad (3.176)$$

де α – товщина електродів, m ; β – ширина проміжку між електродами ($\beta = 0,007 m$); n – кількість проміжків.

Ширина електрокоагулятора дорівнюватиме довжині електрода (a). Висота

електрокоагулятора, м, визначається із ширини електродної пластинки (e):

$$H = 2e, \quad (3.177)$$

де e – ширина електродної пластини, м.

Загальна висота електрокоагулятора має бути не більшою 1,4 – 1,6 м. Для визначення терміну роботи електрокоагулятора необхідно визначити масу електродів, т:

$$M = (n + 1) F \alpha \rho_{Al}, \quad (3.178)$$

де $n + 1$ – кількість електродів; F – площа електрода, м²; α – товщина електрода, м; ρ_{Al} – питома вага алюмінію, $\rho_{Al} = 2,7$ т/м³.

Фактична витрата алюмінію за добу, г, визначається за формулою:

$$M_a^q = M_a t, \quad (3.179)$$

де M_a^q – витрата алюмінію за 1 год, г/год; t – термін роботи електролізера протягом доби, год.

Кількість днів роботи електрокоагулятора визначають із співвідношення:

$$T = \frac{M \cdot 0,7 \cdot 10^6}{M_a^q}, \quad (3.180)$$

де M – маса електродів, т; 0,7 – коефіцієнт використання матеріалу анодів в електрокоагуляторі.

Днище електрокоагулятора має бути конічним з відповідним патрубком для видалення осаду. Стічні води підводяться знизу. Доцільно вмонтовувати розподільник із труб з отворами, діаметр отворів у розподільних трубах має становити 15 - 20 мм. Над електродами необхідно мати шар води товщиною 100 мм.

За наявності в стічних водах ПАР, над поверхнею води розміщується труба з отворами для подачі стисненого повітря. Струмін повітря спрямовується паралельно поверхні води для здування піни в спеціальний жолоб, у нижній частині якого має бути трубопровід для відведення концентратів ПАР.

Вода із електрокоагулятора відводиться через трикутні водозливи, які розміщуються проти кожного проміжку. Оброблений об'єм стічної води зливається до жолобу, з якого вода надходить на подальшу обробку.

Для монтажу та зміни електродів необхідно передбачити монтажну площу, монорейку та ручну таль.

3.8.2. Розрахунок електрофлотаторів

При розрахунку електрофлотаторів використовують вихідні дані, такі як витрата води q , час флотації t , висота шару води в електрофлотаторі H , анодна густина струму ($j = 200 - 350 \text{ А/м}^2$).

Спочатку визначають площу дзеркала води, м^2 :

$$F = \frac{qt}{60H}, \quad (3.181)$$

де t – час флотації (10 - 30 хв); q – витрата води, $\text{м}^3/\text{год}$; H – висота флотатора, м.

Площа поверхні всіх електродів буде, м^2 :

$$f = 0,5F, \quad (3.182)$$

де F – площа дзеркала води, м^2 .

Силу струму, А , визначають за формулою:

$$I = jf_a. \quad (3.183)$$

Площа анодів буде, м^2 :

$$f_a = 0,5f, \quad (3.184)$$

де H – висота флотаційної камери, вона може бути $1,5 \div 3 \text{ м}$, товщина електродів, $\delta = 0,002 - 0,003 \text{ м}$; відстань між електродами $\epsilon = 0,01 \text{ м}$.

3.9. Проектування напірних флотаційних установок

Всі методи флотації за способом диспергування газів у воді поділяються на напірну, пневматичну, електрохімічну, механічну та хімічну флотацію.

У напірній флотації на першій стадії відбувається насичення води повітрям під тиском 4 - 5 атм. При переміщенні води в флотаційну камеру тиск знижується до атмосферного, що сприяє виділенню надлишку розчиненого повітря у вигляді дрібних бульбашок.

У пневматичній флотації диспергування повітря відбувається при пропусканні його через пористу перегородку, яка знаходиться в нижній частині флотаційної камери.

У механічній флотації диспергування повітря відбувається за допомогою високооборотних мішалок (імпелерних мішалок).

В електрохімічній флотації газу утворюються за рахунок електрохімічного розкладу води.

У хімічній флотації газу утворюються в результаті хімічних реакцій.

Із розглянутих методів в процесах очищення води частіше за все застосовують метод напірної флотації. Дані установки використовують на станціях водоочищення великої і малої потужності.

Напірна флотаційна установка складається з двох вузлів: напірної камери та флотаційної камери.

В напірній камері вода насичується повітрям, а в флотаційній відбувається процес очищення води при виділенні газів. Газоповітряну суміш в напірній камері отримують при використанні частини очищеної води. Тиск в напірній камері або сатураторі досягає 4 - 5 атм. І вода, і повітря подаються під тиском. Як правило, для отримання водоповітряної суміші повертають близько 10% очищеної води.

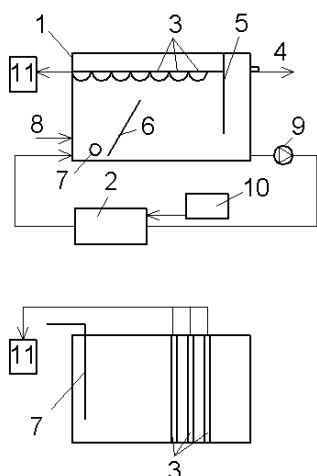


Рис. 3.17. Схема напірної флотаційної камери:

1 – флотаційна камера; 2 – напірна камера; 3 – лотки для збирання піни; 4 – фіксований водозлив; 5 – вертикальна підвісна перегородка; 6 – похила водорозподільна перегородка; 7 – водорозподільний пристрій; 8 – подача води на очищення; 9 – насос; 10 – компресор; 11 – піноприймач.

Установка працює так: на вхід у флотаційну камеру подається вода на очищення та водоповітряна суміш із напірної камери. Водоповітряна суміш подається через розподільний пристрій за допомогою фільтрів, в яких діаметр отворів вибрано так, щоб швидкість руху водоповітряної суміші була не нижчою за 15 м/с. Ці діаметри легко визначити з витрати газоповітряної суміші.

Подача води на утворення газоповітряної суміші, $\text{м}^3/\text{год}$, буде дорівнювати:

$$q = 0,1Q, \quad (3.185)$$

де Q – загальна витрата води, м³/год.

Піна, яка виділяється в флотаційній камері, збирається в верхній частині в спеціальних лотках. Можливе використання спеціальних пристроїв для збирання піни.

Від регульованого зливу флотаційна камера відділяється підвісною перегородкою, яка забезпечує подачу освітленої води на вихід із флотаційної камери. Фіксований водозлив забезпечує постійний рівень води в флотаційній камері, що дуже важливо для нормальної роботи установки.

При продуктивності установки не більше 1000 м³/год глибина камери складає 1 ÷ 1,5 м. Камера може бути квадратна або прямокутна в плані. При продуктивності більше 1000 м³/год глибина камери не менше 3 м. При цьому використовують камери круглі в плані.

Питоме навантаження на 1 м² площі камери складає 4 – 6 м³/год, час флотації 20 – 30 хвилин.

Площа дзеркала води в флотаційній камері, м², визначається:

$$F = \frac{Qt}{60H}, \quad (3.186)$$

де H – глибина флотаційної камери (1 – 1,5; 3 м); t – час перебування води в камері (20 – 60 хв); Q – витрата води, м³/год.

Об'єм напірної камери, м³:

$$V = \frac{qt'}{60}, \quad (3.187)$$

де q – подача очищеної води для утворення газоповітряної суміші ($q = 0,1Q$); t' – час перебування води в напірній камері (3 – 5 хв).

Подачу повітря, м³/с, розраховують за формулою:

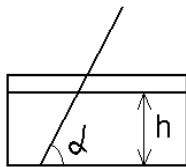
$$q_{нов} = FI, \quad (3.188)$$

де F – площа флотаційної камери, м²; I – інтенсивність барботажу, м³/с · м².

3.10. Проектування споруд очищення комунально-побутових та промислових стічних вод

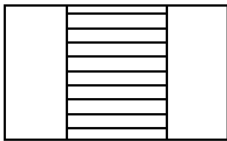
3.10.1. Проектування решіток

Решітки призначені для видалення крупних домішок з води. Як правило, використовують решітки із шириною прозорів 16 – 19 мм. Решітки можуть бути нерухомими і рухомими. В тому випадку, коли об'єм покидьків перевищує 0,1 м³/добу, передбачається механічний пристрій для знімання домішок.



Розрахунок ведуть, виходячи із витрати води. Решітки закріплені під кутом (α) 60° – 70° (рис. 3.18). Розрахунок проводять, визначаючи число прозорів у решітці за формулою:

$$n = \frac{q}{\epsilon h V}, \quad (3.189)$$



де h – рівень води в решітці, м; q – витрата води, м³/с; V – швидкість руху води в прозорах решітки (~ 1 м/с); ϵ – ширина прозору ($\sim 0,016 \div 0,019$ м).

Рис. 3.18. Решітки

Загальна ширина решітки, м, виходячи з числа прозорів буде:

$$B = \epsilon n + s(n - 1), \quad (3.190)$$

де s – товщина прута решітки.

Ширина однієї решітки, м, визначається з урахуванням числа секцій решітки:

$$B_1 = \frac{B}{N}, \quad (3.191)$$

де N – число секцій решітки.

Гідравлічний опір решітки, м, розраховується за формулою:

$$h_0 = P l \frac{V^2}{2g}, \quad (3.192)$$

де P – коефіцієнт, який враховує підвищення гідравлічного опору за рахунок механічних

пристроїв для зняття забруднень і самих забруднень (P приблизно рівний 3); V – швидкість руху води, м/с; g - прискорення вільного падіння; l - коефіцієнт гідравлічного опору, який залежить від форми стержнів, кута нахилу решітки і розраховується за формулою:

$$l = b \left(s / \epsilon \right)^{4/3} \sin \alpha , \quad (3.193)$$

де β - коефіцієнт, який залежить від форми прута решітки: для квадратних прутів – 2,42; для круглих прутів – 1,72; α - кут нахилу прутів решітки ($\alpha = 60 - 70^\circ$).

Об'єм покидьків, м^3 , затриманих протягом доби, розраховується за формулою:

$$W = \frac{a_o N_{np}}{1000 \cdot 365} , \quad (3.194)$$

де a_o - об'єм покидьків, який приходить на одного жителя на рік ($8 \text{ дм}^3/\text{жителя} \cdot \text{рік}$); N_{np} - приведене число жителів.

Маса покидьків, т, розраховується за формулою:

$$j = Wr , \quad (3.195)$$

де r - густина покидьків ($\sim 0,75 \text{ т/м}^3$).

N_{np} - це умовна одиниця, яка використовується при проектуванні очисних споруд. Її вводять тому, що традиційно очисні споруди розраховуються, виходячи із досвіду експлуатації аналогічних очисних споруд. Тому у СНиПах часто наводяться формули, де використовується приведене число жителів або число жителів. N_{np} розраховується за концентрацією завислих речовин або за БСК води.

За концентрацією завислих речовин N_{np} розраховується наступним чином:

$$N_{np}^c = \frac{QC}{a_e} , \quad (3.196)$$

де Q – витрата води, $\text{м}^3/\text{добу}$; C – концентрація завислих речовин, г/м^3 ; a_e - кількість завислих речовин, що приходить на одного жителя за добу, дорівнює 65 г/добу .

За БСК N_{np} розраховується наступним чином:

$$N_{np}^L = \frac{QL}{a_L} , \quad (3.197)$$

де L - БСК повне води, г/м^3 ; a_L - БСК повне води, яке приходить на одного жителя на добу (40 г/добу).

3.10.2. Проектування піскоуловлювачів

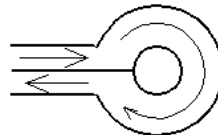
Піскоуловлювачі призначені для видалення з води піску та інших мінеральних домішок з великою гідравлічною крупністю ~ 20 мм/с.

Піскоуловлювачі бувають горизонтальні та вертикальні. Вертикальні піскоуловлювачі малоефективні і застосовуються дуже рідко.

Горизонтальні піскоуловлювачі поділяються на прямоточні та з круговим рухом води. Прямоточні піскоуловлювачі бувають звичайні та аеровані. Піскоуловлювачі з круговим рухом води є звичайні та тангенційні. Тангенційні і аеровані піскоуловлювачі відносяться до пісколовок з обертовим рухом води.

Горизонтальні піскоуловлювачі використовуються на очисних спорудах з продуктивністю понад $10\,000\text{ м}^3/\text{д}$, при цьому піскоуловлювачі з круговим рухом води використовуються на очисних спорудах з продуктивністю до $70\,000\text{ м}^3/\text{д}$, а тангенційні – до $50\,000\text{ м}^3/\text{д}$.

Аеровані піскоуловлювачі - це горизонтальні прямоточні піскоуловлювачі, в яких є аератори для подачі повітря для створення обертового руху води. Піскоуловлювачі з круговим рухом води - це піскоуловлювачі, де канал розміщений навкруги піскового приямку:



Тангенційні піскоуловлювачі - це піскоуловлювачі з круговим рухом води, у яких на вході воді за допомогою спеціальних пристроїв надається обертовий рух.

3.10.2.1. Розрахунок горизонтальних піскоуловлювачів

Горизонтальні піскоуловлювачі складаються з кількох каналів, схема яких приведена на рис. 3.19.

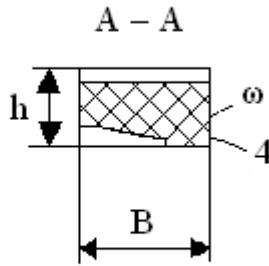
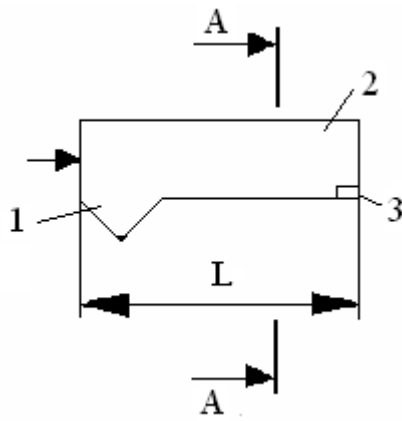


Рис. 3.19. Горизонтальний
пiскоуловлювач:

1 – пiсковий приямок; 2 – канал;
3 – порiг водозливу; 4 – пiсковий
лоток; L – довжина пiскоуловлювача;
B – ширина каналу; ω – перерiз
каналу пiскоуловлювача.

Спочатку розраховують площу перерiзу каналу пiскоуловлювача, m^2 :

$$w = \frac{q_{\max}}{nV}, \quad (3.198)$$

де n – число каналiв (секцiй) пiскоуловлювача; V – швидкiсть руху води ($V = 0,15 - 0,3$ м/с);
 $q_{\max}$ – максимальна витрата води, m^3/c .

Площа дзеркала води в однiй секцiї (каналi), m^2 :

$$F_1 = \frac{q_{\max} \cdot 10^3}{nU_0}, \quad (3.199)$$

де U_0 – гiдравлiчна крупнiсть осаду (18 – 24 мм/с).

Довжина горизонтального пiскоуловлювача:

$$L = Kh \frac{V}{U_0}, \quad (3.200)$$

де K – коефiцiєнт, який враховує зниження ефективностi роботи споруди за рахунок
вертикальної турбулентної складової руху води; h – рiвень води в каналi пiскоуловлювача, м.

K вибирають зi СНИПу (табл. 3.16) або розраховують за формулою:

$$K = \frac{U_0}{\sqrt{U_0^2 - w'^2}}, \quad (3.201)$$

де w' – вертикальна складова турбулентного руху води:

$$w' = 0,05V. \quad (3.202)$$

Час перебування води в пiскоуловлювачi, с, можна розрахувати за
формулою:

$$t = \frac{LBh \cdot n}{q_{\max}}, \quad (3.203)$$

де B - ширина секції піскоуловлювача, м, розраховується за формулою:

$$B = \frac{w}{h} \cdot \quad (3.204)$$

Таблиця 3.16. Значення K для піскоуловлювачів

Діаметр частинок піску	Гідравлічна крупність U_0 , мм/с	Значення K для піскоуловлювачів			
		горизонтальних	аерованих при відношенні ширини до висоти B/H		
			1	1,25	1,5
0,15	13,2	-	2,62	2,5	2,39
0,2	18,7	1,7	2,43	2,25	20,8
0,25	24,2	1,3	-	-	-

Об'єм піскового приймку, m^3 , розраховують, виходячи з приведенного числа жителів ($N^c_{пр.}$):

$$W = \frac{a_s N^c_{пр} t'}{1000 \cdot n}, \quad (3.205)$$

де a_s - об'єм піску, який приходить на одного жителя на добу ($0,02 \text{ дм}^3/\text{доб} \cdot \text{жит}$); t' - час накопичення піску (2 доби).

Для забезпечення нормальної роботи піскоуловлювача використовують поріг водозливу, який дозволяє підтримувати постійний рівень води в піскоуловлювачах при коливанні витрати води.

Висота порогу водозливу, м, знаходиться з формули:

$$P = \frac{h_{\max} - K_q^{2/3} h_{\min}}{K_q^{2/3} - 1}, \quad (3.206)$$

де $h_{\min}$ - рівень води при мінімальній витраті води, м; $h_{\max}$ - рівень води при максимальній витраті води, м; K_q - коефіцієнт коливання витрати води, визначають за формулою:

$$K_q = \frac{q_{\max}}{q_{\min}}, \quad (3.207)$$

Ширина порогу водозливу:

$$b = \frac{q_{\max}}{m\sqrt{2g(h_{\max} + P)^{3/2}}}, \quad (3.208)$$

де m - коефіцієнт витрати водозливу, який за СНиПом рекомендується прийняти 0,35 – 0,38.

3.10.2.2. Розрахунок піскоуловлювачів з круговим рухом води

Розрахунок такий же самий, як і у горизонтальних піскоуловлювачах, але спочатку розраховують довжину піскоуловлювача за формулою (3.197).

Потім розраховують площу перерізу каналу за формулою (3.195), ширину каналу за формулою (3.201).

Далі розраховують діаметр на середині каналу, м:

$$D_{ск} = \frac{L}{p}. \quad (3.209)$$

Після цього розраховують діаметр зовнішньої сторони каналу, м:

$$D_3 = D_{ск} + B. \quad (3.210)$$

Відповідно діаметр внутрішньої сторони каналу, м, буде дорівнювати:

$$D_6 = D_{ск} - B. \quad (3.211)$$

Розміри піскового прямоку розраховують, виходячи з його об'єму, який визначають за формулою (3.202).

3.10.2.3. Розрахунок аерованих піскоуловлювачів

Даний піскоуловлювач відрізняється тим, що вздовж однієї із стінок біля піскового лотка розміщено перфоровану трубу, що служить аератором. Вона розміщена на глибині, що дорівнює 0,7 від рівня води $h_1 = 0,7h$.

На дні піскового прямоку укладено труби, через які подається вода для змивання піску в пісковий прямоку. В даному випадку при проектуванні спочатку розраховують площу дзеркала води в одній секції за формулою (3.196).

Для аерованих піскоуловлювачів СНиП рекомендує приймати U_0 на рівні 13 – 18 мм/с.

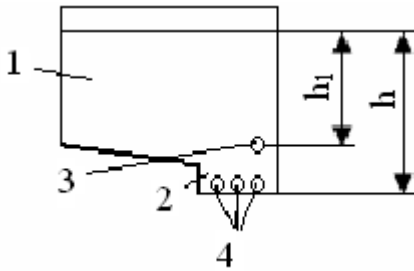


Рис. 3.20. Переріз каналу аерованого піскоуловлювача:

1 – переріз каналу піскоуловлювача; 2 – пісковий лоток; 3 – аератор; 4 – труби для подачі води для змиву піску в пісковий приямок; h_1 – глибина занурення аератора; h – глибина каналу піскоуловлювача.

Ширина піскоуловлювача, м:

$$B = \frac{F_1}{L}, \quad (3.212)$$

Довжину піскоуловлювача розраховують за формулою (3.197). Об'єм піскового приямку розраховується за формулою (3.202).

Витрату повітря, м³/год визначають за формулою:

$$q_{нов} = F_1 j, \quad (3.213)$$

де j – інтенсивність подачі повітря 3 - 5 м³/м² · год.

Для кращого транспортування піску в пісковий лоток дно каналу має схил ($i = 0,2 - 0,4$). Транспортуванню піску в лоток сприяє обертовий рух води.

Для кращого змиву піску в пісковий приямок подається вода по системі труб. Витрата води на змив піску, м³/с:

$$q_n = V_g l b, \quad (3.214)$$

де l – довжина піскового лотка, м; b – ширина піскового лотка, м; V_g – швидкість підйому води в пісковому лотку, м/с (0,0065 м/с).

Довжина піскового лотка:

$$l = L - D_{н.пр.} = L - B, \quad (3.215)$$

де $D_{н.пр.}$ – діаметр піскового приямку.

3.10.3. Споруди біологічного очищення води

До споруд біологічного очищення води відносяться: аеротенки, метантенки, біологічні фільтри, біологічні ставки, окислювальні канали. Крім того, біологічні методи очищення води реалізуються на полях зрошення та полях фільтрації.

Поля зрошення – це поля, на яких вирощують сільськогосподарські культури, на які можна подавати стічні води, що не містять токсичних компонентів.

Поля фільтрації – це ділянки землі, які відділені від річок, озер та інших водойм і не мають прямого зв'язку з водоносними горизонтами, на які можуть виливатися стічні води. Очищення води відбувається за рахунок фільтрування при проникненні води в ґрунт, а також за рахунок біологічних процесів, які відбуваються в ґрунтах.

Як правило, поля зрошення і поля фільтрації не придатні для очищення значних об'ємів стічних вод, вони не забезпечують ефективного очищення води в зимовий період і тому в теперішній час практично не використовуються.

При очищенні невеликих об'ємів стічних вод використовуються біологічні ставки, у яких очищення стічних вод відбувається за рахунок природних процесів. Проте сьогодні біологічні ставки і окислювальні канали в основному застосовуються для доочищення стічних вод перед скидом у водойми після аеротенків.

Біологічні фільтри можуть використовуватись як для доочищення води після аеротенків, так і для очищення стічних вод. Для очищення стічних вод біологічні фільтри використовуються, як правило, на локальних очисних спорудах невеликих об'єктів або окремих підприємств для видалення з води органічних речовин, що легко розкладаються біологічно. Наприклад, для очищення стічних вод м'ясокомбінатів, молококомбінатів та інших підприємств харчової галузі.

Біологічні фільтри – це споруди, в яких як фільтруюче завантаження використовують щебінь, гравій, волокнисте фільтруюче завантаження і інші матеріали, на яких може утворюватись біологічна плівка.

На відміну від звичайних фільтрів, у яких фільтроцикл складає 8 – 12 годин і використовується промивка фільтрів, біологічні фільтри довгий час працюють в режимі фільтрування. При цьому органічні забруднення поглинаються біологічною плівкою, яка покриває фільтруюче завантаження. Штучну аерацію води при цьому не проводять, насичення води киснем відбувається за рахунок простого контакту з повітрям перед подачею води на фільтри. При високих концентраціях органічних речовин можлива попередня аерація води.

Для уникнення попадання біомаси з біофільтрів в очищену воду доцільно періодично ці фільтри промивати для видалення надлишку біомаси з відділенням цієї біомаси в спеціальних відстійниках. Тривалість фільтроциклу може складати від кількох тижнів до кількох місяців в залежності від характеристик стічної води і конструкції біофільтрів.

Найбільш поширеними спорудами біологічного очищення води є **аеротенки**. Вони представляють собою басейни або канали, у нижній частині яких розміщені спеціальні аератори, через які у воду подається повітря. Через канали або басейни пропускається суміш води із активним мулом при інтенсивній аерації. Такі споруди характеризуються високою продуктивністю та високою ефективністю очищення води від розчинних та нерозчинних органічних домішок. Крім того, активний мул ефективно поглинає з води іони важких та кольорових металів та радіонукліди.

В тому випадку, коли замість повітря використовується кисень, споруди називаються окситенками. При цьому вони можуть бути закритого типу, що дозволяє насичувати воду киснем при підвищеному тиску. Це дозволяє підвищити окислювальну здатність споруди у порівнянні з аеротенками в кілька разів.

Крім аеробних біологічних процесів, для очищення води і утилізації осадів використовують анаеробні процеси. Частіше за все анаеробні процеси реалізуються в метантенках для збродження вологих осадів. Процес реалізується при температурі 50 – 52 °С за відсутності кисню в спеціальних метантенках, де передбачено відділення біогазів і накопичення їх в спеціальних газгольдерах. Після розділення суміші вуглекислого газу та метану, останній використовують

для отримання енергії (тепла, електроенергії та ін.). На сьогодні виділено штами мікроорганізмів, які дозволяють в анаеробних умовах розкласти органічні домішки у воді при звичайних температурах 10 – 20 °С. Ці штами застосовуються для очищення висококонцентрованих стоків, БСК яких досягає кількох тисяч мг/дм³.

У країнах із теплим кліматом часто використовують комбіновані біологічні очисні споруди, які передбачають анаеробне очищення води на першій стадії і аеробне очищення води на другій стадії. Така споруда може мати вигляд, приведений рис. 3.21.

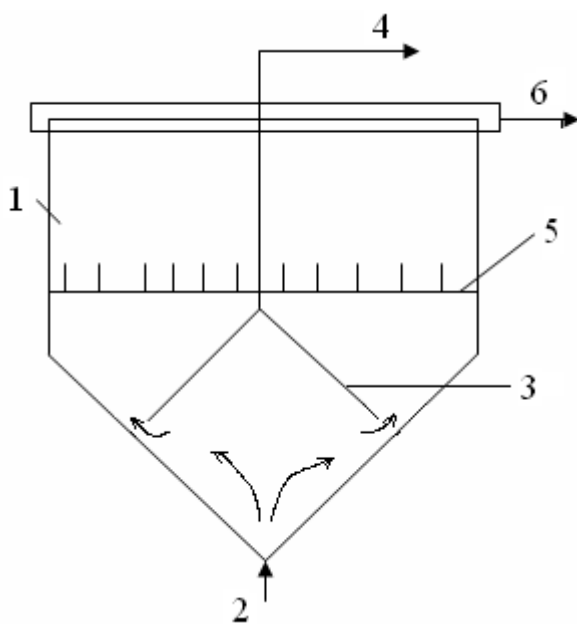


Рис. 3.21. Схема комбінованого біологічного очищення води:

1 – зона аерації; 2 – подача води; 3 – ковпак для збирання біогазу; 4 – відведення біогазу; 5 – аератор; 6 – відведення очищеної води.

На сьогоднішній день для інтенсифікації роботи аеротенків використовують спеціальні пластикові матеріали, які вносять в аеротенк для утворення на їх поверхні біоплівки.

Розміри цих пластикових фрагментів досягають від 5 мм до 1 см. Як правило, вони виготовляються із полістиролу та поверхня їх має достатню шершавість. В даній технології реалізуються процеси подібні до біофільтрів. Біоплівка покриває поверхню пластикового завантаження, але при цьому вода інтенсивно аерується. Такий підхід дозволяє виключити з технології рециркуляцію активного мулу, в кілька разів підвищити навантаження на аеротенк і значно підвищити ефективність роботи вторинних відстійників. Це досягається за рахунок того, що біоплівка, яка покриває пластик, досить ефективно поглинає органічні домішки при ефективній аерації, відшаровується від пластикової загрузки лише та частина біоплівки, яка відмирає. Ця частина біоплівки має високу зольність, низьку

гідрофільність і високу щільність, тому завислі частки, які виносяться із аеротенка у вторинний відстійник, досить легко і ефективно відстоюються.

Біологічні ставки – це звичайні водойми, в яких видалення домішок відбувається за рахунок процесів самоочищення води.

Окислювальні канали – це інженерні споруди, які можуть бути прямоточними і рециркуляційними. В них можуть бути спеціальні пороги для забезпечення інтенсивної аерації. Краще коли використовуються природні схили, які дозволяють забезпечити ефективне очищення води в окислювальних каналах. Окислювальні канали використовуються для доочищення води після аеротенків і вторинних відстійників, в яких БСК складає 10 - 20 мг/дм³, а в окислювальних каналах воно знижується до значень 4 – 6 мг/дм³.

3.10.3.1. Проектування аеротенків

Аеротенки – це очисні споруди, в яких очищення води відбувається при інтенсивній аерації повітрям при проходженні через аеротенк суміші води з активним мулом. Аеротенк використовується при очищенні води із високими значеннями БСК в діапазоні 150 – 1000 мг/дм³. Якщо БСК води перевищує 1000 мг/дм³, то тоді використовують дво-, триступеневі аеротенки. При цьому БСК на кожній стадії може знижуватись до 1000 мг/дм³.

Аеротенки поділяють на аеротенки-витиснювачі та аеротенки-змішувачі.

Аеротенки-витиснювачі – це аеротенки, в яких вода рухається вздовж каналу, а активний мул подається зосереджено на початку каналу. Суміш активного мулу та води відводиться в кінці каналу. Відношення довжини каналу до ширини в аеротенку даного типу має бути більше 30 ($L/V > 30$). Таке співвідношення вибирається для запобігання поздовжнього перемішування води.

В аеротенках-витиснювачах реалізується режим ідеального витіснення.

Часто при будівництві аеротенків-витиснювачів басейн розділяють рядом перегородок.

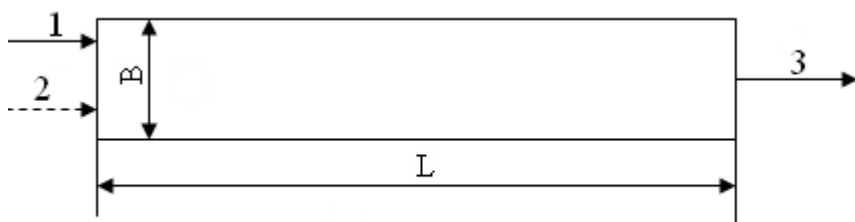


Рис. 3.22. Аеротенк-витиснювач:

1 – подача води; 2 – подача активного мулу; 3 – відведення суміші активного мулу з водою.

Аеротенки-змішувачі – це аеротенки, де реалізується режим ідеального змішування води з активним мулом. Вода і активний мул в аеротенках-змішувачах подається розосереджено вздовж більшої сторони басейну і відводиться розосереджено вздовж протилежної сторони басейну.

В аеротенки допускається подача води з концентрацією завислих речовин не більше 150 мг/дм^3 .

Одноступеневі аеротенки без регенерації активного мулу використовуються при БСК води до $150 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$, при більших значеннях БСК застосовуються аеротенки з регенерацією активного мулу.

Аеротенки-витиснювачі з регенерацією активного мулу застосовуються для очищення стічних вод з БСК до 300 мг/дм^3 . Аеротенки-змішувачі з регенерацією активного мулу застосовуються для очищення стічних вод з БСК до 1000 мг/дм^3 .

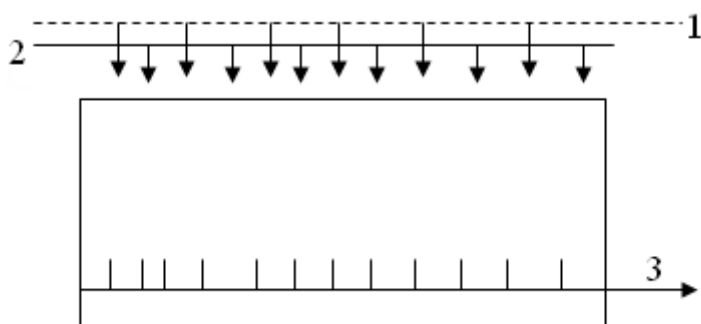


Рис. 3.23. Аеротенк-змішувач:

1 – подача води; 2 – подача активного мулу; 3 – відведення суміші активного мулу з водою.

Регенерація активного мулу – це стадія його інтенсивної аерації перед змішуванням із стічною водою. Аеротенк-витиснювач з регенерацією активного мулу має вигляд, як показано на рис. 3.24, аеротенк-змішувач з регенерацією активного мулу показано на рис 3.25.

В аеротенках з регенерацією активного мулу обов'язково є зона регенерації

активного мулу, де відбувається його відновлення і зона аерації, де відбувається аерація суміші мулу із стічною водою.

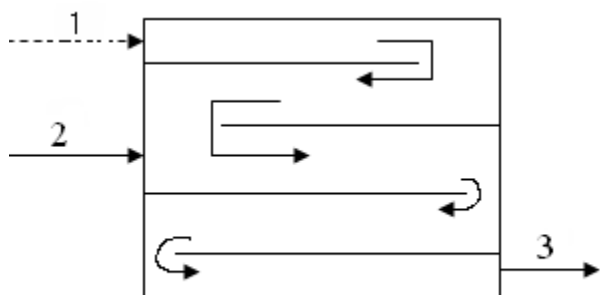


Рис. 3.24. Аеротенк-витиснювач з регенерацією активного мулу:

1 – подача активного мулу; 2 – подача стічної води; 3 – відведення суміші активного мулу з водою.

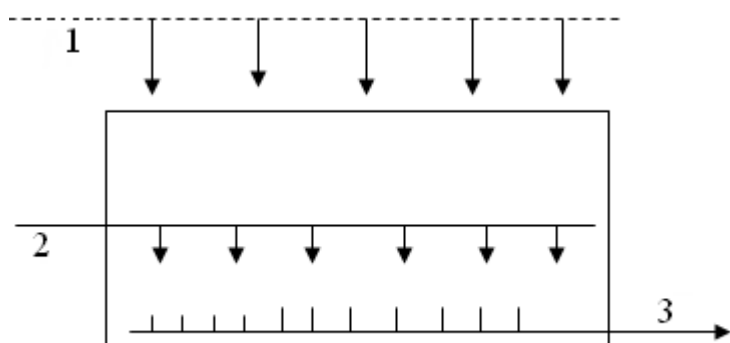


Рис. 3.25. Аеротенк-змішувач з регенерацією активного мулу:

1 - подача активного мулу; 2 – подача стічної води; 3 – відведення суміші активного мулу з водою.

Для аеротенків-витиснювачів інколи реалізується схема дробного пуску стічної води (рис. 3.26). По цій схемі частина стічної води подається на початку, а потім інша частина десь на середині аеротенка.

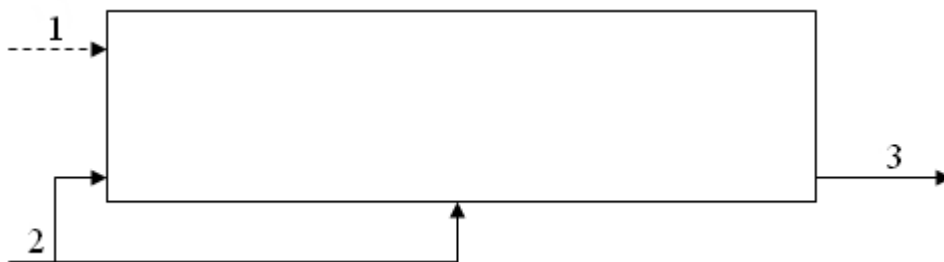


Рис. 3.26. Аеротенк-витиснювач з дробною подачею води:

1 - подача активного мулу; 2 – подача стічної води; 3 – відведення суміші активного мулу з водою.

Розрахунок аеротенків зводиться до визначення об'єму басейну, приросту активного мулу та подачі повітря на аерацію. Виходячи із витрати води та характеристик стічної води, розміри басейну аеротенка можна визначити за часом

перебування води в ньому. Тому на першій стадії розрахунку визначають час перебування води в аеротенку. Для аеротенків-змішувачів без регенерації активного мулу час перебування води, год, визначають за формулою:

$$t = \frac{L_a - L_t}{r a (1 - s)}, \quad (3.216)$$

де L_a - БСК_{повне} стічної води, що поступає в аеротенк, мг/дм³; L_t - БСК_{повне} очищеної води після вторинних відстійників, мг/дм³; ρ - питома швидкість окислення домішок, мг/г · год; a - доза активного мулу в аеротенку 2 - 4 г/дм³ (частіше 3 г/дм³); s - зольність активного мулу (для побутових стічних вод $s = 0,3$).

Питома швидкість окислення органічних домішок активним мулом, мг/г·год, розраховується:

$$r = r_{\max} \frac{L_t \cdot C}{L_t \cdot C + K_L C + K_0 L_t} \left(\frac{1}{1 + j a} \right), \quad (3.217)$$

де C - концентрація кисню у воді в аеротенку, мг/дм³; K_L - коефіцієнт, який враховує вплив органічних домішок на процес очищення води, мг/дм³; K_0 - коефіцієнт, який враховує вплив кисню на процес очищення води, мг/дм³; a - доза активного мулу, г/дм³; φ - коефіцієнт, який враховує сповільнення процесу розкладу домішок за рахунок продуктів розкладу (продуктів життєдіяльності та відмирання) активного мулу (для комунально-побутових стічних вод міст, дорівнює 0,07 дм³/г); $\rho_{\max}$ - максимальна швидкість окислення домішок активним мулом. Відповідно до СНиП, для міських стічних вод $\rho_{\max} = 85$ мг/г · год; $K_L = 0,33$ мг/дм³; $K_0 = 0,625$ мг/дм³, $\varphi = 0,07$ дм³/г; $s = 0,3$.

Для аеротенків-витиснювачів час аерації, год, розраховують за формулою:

$$t = \frac{1 + j a}{C \cdot r_{\max} a (1 - s)} \left[(C + K_0)(L_a' - L_t) + K_L C \ln \frac{L_a'}{L_t} \right] K_r, \quad (3.218)$$

де K_r - коефіцієнт, який враховує вплив поздовжнього перемішування на процес очищення води; L_a' - БСК повне води з врахуванням її розведення рециркуляційним активним мулом, мг/дм³:

$$L_a' = \frac{L_a + L_t R}{1 + R}, \quad (3.219)$$

де R - ступінь рециркуляції активного мулу.

Ступінь рециркуляції активного мулу визначається як:

$$R = \frac{a}{\frac{1000}{j} - a}, \quad (3.220)$$

де a - доза активного мулу в аеротенку $< 5 \text{ г/дм}^3$; j - муловий індекс $< 175 \text{ см}^3/\text{г}$.

Ступінь рециркуляції можна не розраховувати, а прийняти в залежності від вибраного способу транспортування. Якщо активний мул транспортують насосами, то ступінь рециркуляції дорівнює 0,3, якщо скребковим механізмом - 0,4, якщо самотоком - 0,6.

Навантаження на 1 г беззольної речовини активного мулу на добу, мг/г·д, розраховується за формулою:

$$q_{\text{мул}} = \frac{24(L_a - L_t)}{ta(1-s)}, \quad (3.221)$$

де t - час аерації, год.

При розрахунку аеротенків з регенерацією активного мулу спочатку визначають загальний час окислення, який включає час перебування активного мулу в регенераційній зоні і час обробки води. Цей час окислення, год, розраховується за формулою:

$$t_o = \frac{L_a - L_t}{Ra_R(1-s)r}, \quad (3.222)$$

де a_R - доза активного мулу в регенераторі, г/м^3 , розраховується за формулою:

$$a_R = \left(\frac{1}{2R} + 1 \right) a, \quad (3.223)$$

Час перебування води в аеротенку (час аерації), год:

$$t_a = \frac{2,5}{a^{0,5}} \lg \frac{L_a}{L_t}. \quad (3.224)$$

Час регенерації активного мулу, год, розраховують за формулою:

$$t_p = t_o - t_a. \quad (3.225)$$

Об'єм аеротенків без регенерації, м^3 , розраховують за формулою:

$$V = tQ(1 + R), \quad (3.226)$$

де Q - витрата води, $\text{м}^3/\text{год}$.

Для аеротенків з регенерацією об'єм регенераційної зони, м^3 , визначаємо з виразу:

$$V_p = t_p QR. \quad (3.227)$$

Об'єм зони аерації, м^3 , розраховують за формулою:

$$V_a = t_a Q(1 + R). \quad (3.228)$$

Приріст активного мулу, г/м^3 розраховують за формулою:

$$П = 0,8B - K' L_a, \quad (3.229)$$

де B – концентрація завислих речовин, мг/дм^3 ; K' – коефіцієнт, який враховує, яка частина БСК повного іде на збільшення приросту біомаси, $K' = 0,3 \div 0,5$.

Питому витрату повітря на аерацію води, $\text{м}^3/\text{м}^3$, розраховують за формулою:

$$D = \frac{Z(L_a - L_t)}{k_1 k_2 n_1 n_2 (C_p - C)}, \quad (3.230)$$

де Z – питома витрата кисню повітря (мг) на окислення одного 1 мг БСК; k_1 – коефіцієнт, який враховує тип аератора; k_2 – коефіцієнт, який враховує глибину розміщення аератора; n_1 – коефіцієнт, який враховує вплив органічних речовин або вплив якості стічної води на процес окислення; n_2 – коефіцієнт, який враховує вплив температури на процес очищення води; C_p – розчинність кисню при даній температурі, мг/дм^3 ; C – залишкова концентрація кисню у воді, за СНиП не менше 2 мг/дм^3 (в світі не менше 4 мг/дм^3).

Інтенсивність барботажу, $\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$, визначають з урахуванням часу окислення та глибини занурення аератора (H):

$$I = \frac{D \cdot H}{t} \quad (3.231)$$

3.10.3.2. Розрахунок метантенків

Розрахунок метантенка зводиться, в основному, до визначення кількості утворених на станції осадів, обґрунтованого вибору режиму бродіння, визначення необхідного об'єму споруд та ступеню розкладу беззольної речовини осаду.

Кількість сухої речовини осаду ($Q_{сх}$) та активного мулу ($M_{сх}$), т/добу , відповідно становить:

$$Q_{\text{сух}} = \frac{EC}{10^6} Q; \quad (3.232)$$

$$M_{\text{сух}} = \frac{0,8C(1-E) + aL_a - \epsilon}{10^6} Q, \quad (3.233)$$

де C – концентрація змулених речовин у воді, що надходить на первинні відстійники, мг/дм³; Q – середня витрата стічних вод, м³/добу; L_a – БСК_{повн} води, що надходить в аеротенк, мг/дм³; $a = 0,3 - 0,5$ – коефіцієнт приросту активного мулу; ϵ – винос активного мулу із вторинного відстійника, м²/дм³; E – ступінь очищення від змулених речовин на первинних відстійниках.

Кількість беззольної речовини осаду та активного мулу, т/добу, відповідно обчислюють за формулами:

$$Q_{\text{без}} = \frac{Q_{\text{сух}}(100 - B_{\text{г}})(100 - Z_0)}{10000}; \quad (3.234)$$

$$M_{\text{без}} = \frac{M_{\text{сух}}(100 - B_{\text{г}}')(100 - Z_{\text{м}})}{10000}, \quad (3.235)$$

де $B_{\text{г}}$, $B_{\text{г}}'$ – гігроскопічна вологість відповідно сирого осаду та активного мулу, %; Z_0 , $Z_{\text{м}}$ – зольність сухої речовини осаду та мулу, %.

Витрата сирого осаду та надлишкового мулу, м³/добу, буде:

$$V_{\text{ос}} = \frac{100 Q_{\text{сух}}}{(100 - W_0) \rho_0}; \quad (3.236)$$

$$V_{\text{м}} = \frac{100 M_{\text{сух}}}{(100 - W_{\text{м}}) \rho_{\text{м}}}, \quad (3.237)$$

де W_0 , $W_{\text{м}}$ – вологість відповідно сирого осаду та надлишкового мулу, %; ρ_0 , $\rho_{\text{м}}$ – відповідна густина осаду і мулу.

Загальна витрата осадів по станції:

за сухою речовиною, т/добу:

$$M_{\text{сух}}^3 = Q_{\text{сух}} + M_{\text{сух}}. \quad (3.238)$$

за беззольною речовиною, т/добу:

$$M_{\text{без}}^3 = Q_{\text{без}} + M_{\text{без}}; \quad (3.239)$$

за об'ємом суміші фактичної вологості, м³/добу:

$$V^3 = V_{\text{ос}} + V_{\text{м}}. \quad (3.240)$$

Знаючи фактичну вологість суміші, можна підрахувати необхідний об'єм метантенка, м³:

$$V = \frac{V^3 \cdot 100}{D}, \quad (3.241)$$

де D – добове завантаження осаду в метантенк, %.

Режим бродіння (термо- або мезофільний) вибирають з урахуванням методів подальшої обробки осадів. Коли для підсушування осаду проектуєть мулові майданчики, слід брати термофільний режим, а коли планується установка термофільної сушарки, краще вибрати мезофільний режим бродіння.

Проектуючи метантенки, слід вибрати типові їх конструкції, наведені в табл. 3.17.

Таблиця 3.17. Типові проекти метантенків

Проект	Діаметр, м	Корисний об'єм одного резервуару, м ³	Висота, м ³			Будівельний об'єм	
			верхнього конусу	циліндричної частини	нижнього конусу	приміщення обслуговування	кіоску газової мережі
902-2-227	12,5	1000	1,9	6,5	2,15	652	100
902-2-228	16	1600	2,35	7,5	2,6	2035	112
902-2-230	10	6000	2,90	10,6	3,5	2520	174
Люберецької станції аеротації	22,4	8000	4,45	16,3	3,7	2000	170

4. БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА

4.1. Генеральний план комплексів водопідготовки

Вибір майданчика для будівництва станцій водопідготовки, а також планування і забудова його території повинні виконуватися у відповідності з технологічними, протипожежними, санітарно-технічними та транспортними вимогами. На раціональне вирішення генерального плану великий вплив має рельєф місцевості.

Для майданчика комплексу водопідготовки, розташованого на прибережних ділянках водотоків і водойм, планувальна позначка повинна прийматися не нижче 0,5 м розрахункового максимального рівня води.

На генеральному плані комплексу водопідготовки показуються всі технологічні споруди, насосна станція другого підйому, склади реагентів, фільтруючих матеріалів, споруди для забезпечення повторного використання промивних вод, зневоднювання осаду, електричні підстанції, котельні, а також основні комунікаційні трубопроводи, дороги, благоустрій та озеленення території.

Проектуючи генеральний план, доцільно всі технологічні споруди і допоміжні приміщення розміщувати в одній будівлі. Горизонтальні відстійники зазвичай влаштовують назовні, заглибленими чи напівзаглибленими в ґрунт.

Склади для збереження сильнодіючих отруйних речовин на майданчику водопровідних споруд належить розміщувати від будівель і споруд з постійним перебуванням людей та від водойм і водотоків на відстані не менше 30 м; від житлових, громадських і виробничих будинків поза майданчиком при збереженні отруйних речовин у стаціонарних ємностях (цистернах, танках) - не менше 300 м і при збереженні в контейнерах чи балонах - не менше 100 м.

Пожежні резервуари чи водойми слід проектувати за умови обслуговування ними будівель, що знаходяться в радіусі 200 м при наявності автонасосів та 100...150 м - мотопомп.

Відстань від точки забору води з резервуарів чи водойм до будинків III, IV і

V ступенів вогнестійкості і до відкритих складів горючих матеріалів повинна бути не менше 30 м, а до будинків I-го і II-го ступенів вогнестійкості - не менше 10 м.

Водопровідні споруди повинні огорожуватися. Для майданчиків станцій водопідготовки, насосних станцій, резервуарів і водонапірних башт із зонами санітарної охорони першого поясу належить встановлювати глуху огорожу висотою 2,5 м. Вона повинна бути прямолінійною, з колючою проволокою з внутрішнього боку, вздовж неї встановлюється захисна зона шириною 5...10 м, яка огорожується на висоту 1,2 м. Не допускається примикання до огорожі будівель, крім прохідних і адміністративно-побутових.

Територія майданчика водоочисної станції озеленюється, а ґрунт закріплюється травою.

До будівель і споруд водопроводу, розташованих поза населеними пунктами і підприємствами, а також у межах першого поясу зони санітарної охорони водозаборів підземних вод, потрібно передбачати під'їзди і проїзди з полегшеним удосконаленням покриттям.

4.2. Компонування комплексів водопідготовки і об'ємно-планувальні вирішення будівель та споруд

Вибір схеми і системи водопостачання проводиться зіставленням можливих варіантів її реалізації з урахуванням особливостей об'єкта чи групи об'єктів, необхідних витрат води на різних етапах, джерел водопостачання, вимог до напорів, якості води і забезпеченості її подачі.

Споруди самопливних схем очищення води належить розташовувати на природному схилі місцевості з урахуванням втрат напору в спорудах, сполучних комунікаціях і вимірювальних пристроях.

Побудову висотної схеми починають від резервуару чистої води, максимальна відмітка поверхні води в якому приймається на 0,5 м вище поверхні ґрунту. Додаючи до цієї відмітки послідовно втрати напору в спорудах і

трубопроводах, визначають відмітки рівня води у всіх спорудах. Розрахунок проводять за напрямком, протилежним рухові води.

Величина перепаду рівнів води в спорудах і сполучних комунікаціях повинна визначатися розрахунками. Для попереднього висотного розташування споруд, втрати напору допускається приймати такими:

у спорудах	втрати напору, м
на сіткових барабанних фільтрах	
(барабанних сітках і мікрофільтрах)	0,4...0,6
у вхідних (контактних) камерах	0,3...0,5
у пристроях введення реагентів	0,1...0,3
у гідравлічних змішувачах	0,5...0,6
у механічних змішувачах	0,1...0,2
у гідравлічних камерах пластівцеутворення	0,4...0,5
у механічних камерах пластівцеутворення	0,1...0,2
у відстійниках	0,7...0,8
в освітлювачах зі змуленим осадом	0,7...0,8
на швидких фільтрах	3...3,5
у контактних освітлювачах і префільтрах	2...2,5
у повільних фільтрах	1,5...2
у комунікаціях	
від сіткових барабанних фільтрів або	
вхідних камер до змішувачів	0,2
від змішувачів до відстійників, освітлювачів	
зі змуленим осадом і контактних освітлювачам	0,3...0,4
від відстійників, освітлювачів зі змуленим	
осадом або префільтрів до фільтрів	0,5...0,6
від фільтрів чи контактних освітлювачів до	
резервуарів фільтрованої води	0,5...1

Додатково повинні враховуватися втрати напору у вимірювальній

апаратурі: на виході і вході зі станції - по 0,5 м; в індикаторах витрат на відстійниках, освітлювачах зі змуленим осадом, фільтрах і контактних освітлювачах - по 0,2...0,3 м.

Проектуючи станції водопідготовки, слід передбачати блокування ємнісних споруд і приміщень, пов'язаних загальним технологічним процесом.

Об'ємно-планувальні вирішення будівель станцій водопідготовки (загальна довжина і ширина, висота поверхів, розміри прольотів, кроків колон) залежать від технологічного процесу, розмірів обладнання і цехового транспорту.

Габарити павільйону чи підземної камери, в яких знаходиться устя водозабірної свердловини підземних вод, приймаються за умови розміщення електродвигуна, електроустаткування і контрольно-вимірювальних приладів. Висота наземного павільйону і підземної камери визначається розмірами обладнання, але може бути не менше 2,4 м.

Шахтні колодязі належить застосовувати, як правило, у перших від поверхні безнапірних водоносних шарах, складених пухкими породами і залягаючими на глибині до 30 м.

Верх шахтних колодязів повинний бути вище поверхні землі не менше ніж на 0,8 м. Навколо колодязя влаштовується вимощення шириною 1...2 м з ухилом 0,1 від колодязя, а навколо колодязів, що подають воду для господарсько-питних потреб, крім того, замок із глини чи жирного суглинку глибиною 1,5...2 м і шириною 0,5 м.

Водонапірні башти допускається проектувати з наметом навколо бака чи без намету в залежності від режиму роботи башти, об'єму бака, кліматичних умов і температури води в джерелі водопостачання.

Хлорне господарство слід розташовувати в окремих будівлях - хлораторних, у яких зблоковані склад видачі хлору, випарна і хлордозаторна установки. Випарники хлору розташовують у складах хлору чи хлордозаторному приміщенні. Хлордозаторні приміщення без випарників повинні бути відділені від інших приміщень глухою стіною і мати два виходи назовні, при цьому один з них через тамбур. Усі двері повинні відкриватися назовні. Не допускається

розміщення хлордозаторних у заглиблених приміщеннях.

Проектуючи склади реагентів, їх розраховують на збереження 30-добового запасу у період максимального споживання реагентів. При обґрунтуванні, об'єм складів допускається приймати на інший термін збереження, але не менше 15 діб. За наявності центральних складів, об'єм складів на станціях підготовки води допускається приймати на термін збереження не менше 7 діб.

Склади для збереження реагентів (крім хлору й аміаку) розташовують поблизу приміщень для приготування їх розчинів і суспензій.

У залежності від виду реагенту, склади проектують на сухе чи мокре зберігання у вигляді концентрованих розчинів.

Сухе зберігання реагентів слід передбачати в закритих складах.

Визначаючи площу складу для зберігання коагулянту, висоту його шару приймають 2 м, вапна 1,5 м; при механізованому вивантаженні висота шару може бути збільшена: коагулянту - до 3,5 м; а вапна - до 2,5 м.

Якщо використовується грудкове вапно, передбачають його гасіння і зберігання в ємностях у вигляді розчину 35 - 40% концентрації. Об'єм ємностей визначають з розрахунку $3,5 - 5 \text{ м}^3$ на 1 т товарного вапна. Ємності для гасіння вапна розміщують в ізольованому приміщенні.

Для кухонної солі переважно проектують склади мокрого збереження. Дopusкається застосування складів сухого зберігання, при цьому шар солі не повинний перевищувати 2 м.

Склад активованого вугілля потрібно розміщувати в окремому приміщенні.

Склад видачі хлору влаштовується в окремих наземних чи напівзаглиблених будинках, які мають два виходи з протилежних сторін або у прибудові до хлордозаторної і допоміжних приміщень хлорного господарства (компресорної, венткамери і т.п.), при цьому його відокремлюють від інших приміщень глухою стіною. При обґрунтуванні проекту, в хлораторних склад хлору може не передбачатися.

Збереження хлору передбачається в балонах чи контейнерах. Якщо добова витрата хлору більше 1 т, допускається застосовувати танки заводського

виготовлення місткістю до 50 т, при цьому розлив хлору в балони чи контейнери на станції забороняється. Вїзд автомобільного транспорту у приміщення складу хлору не допускається.

Проектуючи насосні станції, для зменшення їх габаритів в плані допускається встановлювати насоси з правим і лівим обертанням вала, при цьому робоче колесо повинне обертатися тільки в одному напрямку.

Для стоку води, підлоги і канали машинного залу влаштовують з ухилом до збірного приямку. На фундаментах під насоси передбачають бортики, жолобки і трубки для відводу води. За неможливості самопливного відводу води з приямка, встановлюють дренажні насоси.

У заглиблених насосних станціях, що працюють в автоматичному режимі, при заглибленні машинного залу більше 20 м, а також у насосних станціях з постійним обслуговуючим персоналом при заглибленні більше 15 необхідно влаштовувати пасажирський ліфт.

Насосні станції з розміром машинного залу 6×9 м і більше повинні обладнуватися внутрішнім протипожежним водопроводом з витратою води 2,5 л/с.

У насосних станціях передбачають допоміжні приміщення у відповідності з табл. 4.1.

Таблиця 4.1. Склад допоміжних приміщень насосних станцій

Продуктивність, м ³ /добу	Площа приміщень, м ²		
	службових	майстерень	комор
до 5 000	-	-	-
від 5 000 до 15 000	8	10	6
від 15 000 до 100 000	12	15	6

Також у насосній станції незалежно від ступеню її автоматизації влаштовують побутові приміщення: санітарний вузол (унітаз та раковину), гардеробні приміщення і шафки для збереження одягу експлуатаційного

персоналу.

Санітарний вузол не передбачається, якщо насосні станції знаходяться на відстані не більше 50 м від виробничих будинків, що мають санітарно-побутові приміщення та у насосних станціях над водозабірними шахтами.

Насосні станції протипожежного водопостачання допускається розміщувати у виробничих будинках, при цьому вони повинні бути відділені протипожежними перегородками.

Для визначення площі виробничих приміщень станцій водопідготовки, ширину проходів варто приймати, не менше: між насосами чи електродвигунами - 1 м; між насосами чи електродвигунами і стіною в заглиблених приміщеннях - 0,7 м, в інших - 1 м; при цьому ширина проходу з боку електродвигуна повинна бути достатньою для демонтажу ротора; між компресорами чи повітродувками - 1,5 м, між ними і стіною - 1 м; між нерухомими виступаючими частинами устаткування - 0,7 м; перед розподільним електричним щитом - 2 м.

Для експлуатації технологічного обладнання, арматури і трубопроводів у приміщеннях належить встановлювати підйомно-транспортне устаткування. Вантажопідйомність кранового устаткування визначають, виходячи з максимальної маси переміщуваного вантажу чи обладнання. Як правило, встановлюють: при масі вантажу до 5 т - таль ручну чи кран-балку підвісну ручну; при масі вантажу більше 5 т - кран мостовий ручний; при підйомі вантажу на висоту більше 6 м чи при довжині підкранової колії більше 18 м - електричний мостовий кран. У приміщеннях із крановим обладнанням влаштовують монтажний майданчик.

За ступенем пожежної небезпеки будівлі і споруди водопостачання відносять до виробництв категорії Д, відділення аміачне і активованого вугілля - до категорії В.

Будівлі та споруди станцій водопідготовки проектують переважно залізобетонними зі збірним або монолітним каркасом з урахуванням уніфікації будівельних елементів і конструкцій.

У відповідності до СНиП 2-09.02-85, об'єм виробничого приміщення на

кожного працюючого повинний складати не менше 15 м^3 , а площа - не менше $4,5 \text{ м}^2$.

Одноповерхові промислові будівлі можуть бути одно- та багато-прольотними. Розміри уніфікованих кроків та прольотів в одноповерхових промислових будівлях кратні модулю 60 М і дорівнюють: кроки 6, 12 та 18 м, прольоти 6; 12; 18; 24; 30 та 36 м. Висоти одноповерхових будівель кратні модулю 6М в межах від 3,0 до 6,0 м, модулю 12М в межах від 6 до 10,8 м і 18М - в межах від 10,8 до 18 м.

Багатоповерхові будівлі проектують прямокутними в плані для спрощення будівельно-монтажних робіт і для більш зручного розміщення технологічного обладнання.

Уніфікованими проектами багатоповерхових будівель передбачені будівлі висотою від 2-х до 5-ти поверхів включно з прольотами 6 і 9 м і кроком колон 6 м (кратні модулю 30М та 60М). Прольоти верхніх поверхів можуть бути збільшені до 12, 18 і 24 м.

Висота поверхів уніфікованих багатоповерхових будівель кратна модулю 12М і дорівнює 3,6; 4,8; 6 м; висота першого поверху може бути 7,2 м, а висота верхніх поверхів будівлі зі збільшеними прольотами за наявності електричних мостових кранів – 7,2; 8,4 і 10,8 м.

Для попередження деформацій будівлі під дією факторів навколишнього середовища влаштовують деформаційні шви. В уніфікованих будівлях зі збірним залізобетонним каркасом, які опалюються, гранична відстань між температурними швами дорівнює 60 - 72 м, а у будівлях, які не опалюються і відкритих спорудах - 48 м.

Для будівництва промислових будівель застосовують, в основному, типові збірні елементи конструкцій, деталі і вузли.

Розміри віконних переплетінь промислових будівель вибирають кратними по ширині модулю 5М (від 1,5 до 6 м), а по висоті – 6М (від 1,2 до 7,2 м).

Кількість виходів з будівель для евакуації повинна бути не менше двох, відстань між дверима 50 - 100 м, двері повинні відкриватися назовні, зовнішні двері повинні мати тамбур.

Ширина глухих однопільних дверей дорівнює 0,6; 0,7; 0,8; 0,9 та 1,1 м, висота 2,0 та 2,3 м, ширина глухих двопільних дверей – 1,2; 1,4 та 1,8 м, висота 2,0 та 2,3 м.

Ворота розміщують у поздовжніх або поперечних стінах будівель. Розміри воріт повинні перевищувати розміри габаритів транспортних засобів у навантаженому стані по ширині не менше 600 і по висоті не менше 200 мм і приймаються кратними модулю 6М. Типові ворота мають розміри 2,4х2,4; 3х3; 3,6х3; 3,6х3,6; 3,6х4,2 і 4,8х5,4 м.

Нахил маршів у сходових клітинах дорівнює 1:2 при ширині сходинок 0,3 м.

Сходи для виходу з заглиблених приміщень повинні бути шириною не менше 0,9 м з кутом нахилу не більш 45° , із приміщень довжиною до 12 м - не більш 60° . Для підйому на майданчики обслуговування ширина сходів повинна бути не менше 0,7 м з кутом нахилу не більше 60° .

Для одиночних переходів через труби і для підйому до окремих засувки і затворів допускається застосовувати сходи шириною 0,5 м з кутом нахилу більш 60° чи драбини.

Спуск у колодязі, прямки і ємнісні спорудження на глибину до 10 м допускається влаштовувати вертикальним. При цьому на драбинах висотою більше 4 м варто передбачати захисні огороження. У колодязях захисні огороження допускається не застосовувати.

Проектуючи прямокутні і круглі у плані ємнісні споруди, їх розміри і діаметри слід приймати кратними 3 м, а по висоті - 0,6 м. При довжині сторони чи діаметрі споруд до 9 м, а також для вбудованих ємнісних споруд, незалежно від їхніх розмірів, допускається приймати розміри прямокутних споруд кратними 1,5 м, круглих - 1 м.

Підземні ємнісні споруди, обваловані ґрунтом на висоту менше 0,5 м над

спланованою поверхнею території, повинні мати огорожу від можливого заїзду транспорту чи механізмів.

Відкриті ємнісні споруди, якщо їхні стіни піднімаються над позначкою підлоги або майданчика планування менше ніж на 0,75 м, повинні мати по зовнішньому периметру додаткову огорожу, при цьому загальна висота до верху огорожі повинна бути не менше 0,75 м.

Ємнісні споруди проектують, як правило, зі збірно-монолітного залізобетону. Допускається застосування інших матеріалів, що забезпечують належні експлуатаційні якості споруд. Для стовбурів водонапірних башт допускається застосовувати сталь чи місцеві негорючі матеріали, а для баків - сталь.

У будівлях станцій водопідготовки необхідно передбачати лабораторії, майстерні, побутові й інші допоміжні приміщення. Склад і площі приміщень слід приймати в залежності від призначення і продуктивності станції, а також джерела водопостачання.

Для станцій підготовки води на господарсько-питні потреби з поверхневих джерел водопостачання склад і площі приміщень слід приймати у відповідності до табл. 4.2.

Площі гардеробних, душових і санітарно-технічних вузлів визначають в залежності від чисельності працюючих у відповідності до СНиП 2.09.04-87.

Проектуючи водопровідні станції, потрібно також передбачати влаштування пунктів керування системами водопостачання, які розміщують на майданчиках водопровідних споруд в адміністративно-побутових будинках, будинках фільтрів чи насосних станцій (при створенні необхідних умов за рівнем шуму, вібрації), а також у будинку управління водопровідного господарства.

Таблиця 4.2. Склад допоміжних приміщень станцій водопідготовки на господарсько-питні потреби з поверхневих джерел

Приміщення	Площі, м ² , лабораторій і допоміжних приміщень при продуктивності станцій, тис.м ³ /добу				
	менше 3	3-10	10-50	50-100	100-300
Хімічна лабораторія	30	30	40	40	дві кімнати 40 і 20
Вагова	-	-	6	6	8
Бактеріологічна лабораторія	20	20	20	30	дві кімнати по 20
Автоклавна і мийна кімнати (кожна)	10	10	10	15	15
Кімната для гідро-біологічних досліджень	-	-	8	12	15
Приміщення для зберігання посуду і реактивів	10	10	10	15	20
Кабінет завідувача лабораторією	-	-	8	10	12
Кімната для чергового персоналу	8	10	15	20	25
Контрольна лабораторія	-	10	10	15	15
Кабінет начальника станції	6	6	15	15	25
Майстерня для поточного ремонту дрібного обладнання і приладів	10	10	15	20	25

4.3. Генеральний план очисних споруд

Територія майданчика очисних споруд повинна розташовуватися з підвітреної сторони для пануючих вітрів теплого періоду року стосовно житлової забудови і нижче населеного пункту за течією водотоку.

Планувальні відмітки майданчиків каналізаційних споруд і насосних станцій, розташовуваних на прибережних ділянках водотоків і водойм, приймають не менше чим на 0,5 м вище максимального рівня паводкових вод із забезпеченістю 3% з урахуванням вітрового нагону води і висоти нахату вітрової хвилі.

Очисні споруди виробничої і дощової каналізації, як правило, розміщують на території промислових підприємств.

Розміщуючи очисні споруди на майданчику, необхідно дотримуватися встановлених розривів між окремими спорудами, м:

між групами однотипних споруд	2...3
між групами різнотипних споруд	5...10
між спорудами механічного очищення та аеротенками (біофільтрами)	10...20
між спорудами та муловими майданчиками	25...30
між окремими спорудами (в залежності від їх об'єму)	20...50

Для зменшення несприятливого впливу шкідливих виробничих факторів на навколишнє середовище та здоров'я людей передбачається встановлення санітарно-захисних зон.

Розмір санітарно-захисних зон від каналізаційних споруд до межі житлової забудови, громадських будинків і підприємств харчової промисловості приймають від споруд і насосних станцій каналізації населених пунктів - за табл. 4.3; від очисних споруд і насосних станцій виробничої каналізації, не

розташованих на території промислових підприємств, як при самостійному очищенні і перекачуванні виробничих стічних вод, так і при спільному їхньому очищенні з побутовими такими ж, як для виробництв, від яких надходять стічні води, але не менше зазначених у табл. 4.3.

Таблиця 4.3. Розміри санітарно-захисної зони очисних споруд

Споруди	Санітарно-захисна зона, м, при продуктивності споруд, тис. м ³ /добу			
	до 0,2	від 0,2 до 5	від 5 до 50	від 50 до 280
Споруди механічного і біологічного очищення з муловими майданчиками, а також окремо розташовані мулові майданчики	150	200	400	500
Споруди механічного і біологічного очищення з термомеханічною обробкою осадів у закритих приміщеннях	100	150	300	400
Поля фільтрації	200	300	500	-
Землеробські поля зрошення	150	200	400	-
Біологічні стави	200	200	300	300
Споруди з циркуляційними окисними каналами	150	-	-	-
Насосні станції	15	20	20	30

Санітарно-захисну зону від фільтруючих траншів і піщано-гравійних фільтрів приймають 25 м, від септиків і фільтруючих колодязів - відповідно 5 і 8 м, від аераційних установок на повне окислювання з аеробною стабілізацією мулу при продуктивності до 700 м³/сут - 50 м; від поливних станцій - 300 м.

Санітарно-захисну зону від очисних споруд поверхневих вод із селітебних територій приймають 100 м, від насосних станцій - 15 м, від очисних споруд промислових підприємств - за узгодженням з органами санітарно-епідеміологічної служби.

Територія очисних споруд каналізації населених пунктів, а також очисних споруд каналізації промислових підприємств, розташованих за межами промислових площадок, у всіх випадках повинна бути обгороджена. Поля фільтрації допускається не обгороджувати.

4.4. Компонування очисних споруд

Склад очисних споруд вибирають в залежності від характеристики і кількості стічних вод, що надходять на очищення, необхідного ступеню їхнього очищення, методу обробки осаду і місцевих умов.

Компонування споруд на майданчику повинно забезпечувати: раціональне використання території з урахуванням перспективного розширення споруд; блокування споруд і будинків різного призначення і мінімальну довжину комунікацій; самопливне проходження основного потоку стічних вод через споруди з урахуванням усіх втрат напору із використанням схилу місцевості.

У складі очисних споруд, крім основних споруд, потрібно передбачати також пристрої для рівномірного розподілу стічних вод і осаду між окремими елементами споруд, для відключення споруд, каналів і трубопроводів на ремонт, для спорожнювання і промивання, пристрої для вимірювання витрат стічних вод і осаду; апаратуру і лабораторне устаткування для контролю якості поступаючих і очищених стічних вод.

Для побудови профілю руху води, різницю у відмітках рівня стічних вод перед спорудами та після них беруть такими, м:

приймальна заспокоювальна камера	0,05...0,1
решітки	0,1...0,25
пісковловлювачі	0,15...0,25
преаератори	0,15...0,25
відстійники:	
двооярусні	0,1...0,25

горизонтальні	0,1...0,25
вертикальні	0,5...0,7
радіальні	0,4...0,6
аеротенки	0,5...0,8
контактні резервуари	0,1...0,25
змішувачі	0,6...0,8
фільтри	N+2

Будинки і споруди каналізації приймають не нижче II-го ступеню вогнестійкості і відносять до II-го класу відповідальності, за винятком мулових майданчиків, полів фільтрації, біологічних ставків, регулюючих ємностей, каналізаційних мереж і споруд на них, які відносять до III-го класу відповідальності і ступінь вогнестійкості яких не нормується.

За пожежною небезпекою процеси перекачування й очищення побутових стічних вод відносяться до категорії Д. Категорія пожежної небезпеки процесів перекачування й очищення виробничих стічних вод, що містять легкозаймисті і вибухонебезпечні речовини, встановлюється в залежності від характеру цих речовин.

Компонуючи очисні споруди, необхідно блокувати в одному будинку різні за призначенням виробничі і допоміжні приміщення, якщо це не суперечить умовам технологічного процесу, санітарно-гігієнічним та протипожежним вимогам, і є доцільним з техніко-економічних міркувань.

Насосні станції для перекачування побутових і поверхневих стічних вод належить розташовувати в окремих будівлях, а для перекачування виробничих стічних вод - у блоці з виробничими будівлями чи у виробничих приміщеннях.

У загальному машинному залі насосних станцій допускається передбачати установку насосів, призначених для перекачування стічних вод різних категорій, крім тих, що містять легкозаймисті, вибухонебезпечні і леткі токсичні речовини.

Повітродувні станції для аерування стічних вод розміщують на території очисних споруд у безпосередній близькості від місця споживання стиснутого

повітря й електророзподільних пристроїв.

У будівлі повітродувної станції допускається встановлювати пристрої для очищення повітря, насоси для виробничої води, активного мулу, спорожнювання аеротенків, а також центральну диспетчерську, розподільні пристрої, трансформаторну підстанцію, допоміжні і побутові приміщення.

Машинний зал повинний бути відділений від інших приміщень і мати безпосередній вихід назовні.

Хлорне господарство на очисних спорудах слід проектувати у відповідності з п. 4.2.

Решітки-дробарки для механічного очищення стічних вод допускається встановлювати в каналах без будинків. При розміщенні решіток в будинках, підлогу слід влаштовувати вище розрахункового рівня стічної води в каналі не менше, ніж на 0,5 м. Для монтажу і ремонту решіток, дробарок і іншого устаткування встановлюють підйомно-транспортне обладнання.

У залежності від кліматичних умов і району будівництва, продуктивності очисних споруджень, режиму припливу стічних вод та їх температури, біофільтри розміщують в опалювальних або неопалюваних приміщеннях або на відкритому повітрі.

Аналогічних вимог дотримуються і при встановленні на території станції фільтрів із зернистим та полімерним завантаженням. При розташуванні фільтрів на відкритому повітрі, трубопроводи, запірна арматура, насоси та інші комунікації повинні розташовуватися в прохідних галереях.

Поля фільтрації для повного біологічного очищення стічних вод влаштовують, як правило, на пісках, супісках і легких суглинках.

При полях фільтрації слід передбачати душову, приміщення для сушіння спецодягу, для відпочинку і прийому їжі. На кожні 75 - 100 га площі полів фільтрації встановлюють будки для обігріву обслуговуючого персоналу.

Біологічні ставки влаштовують на нефільтруючих або слабо фільтруючих ґрунтах з підвітреної стосовно житлової забудови сторони пануючого напрямку вітру в теплий період року. Напрямок руху води в ставку повинен бути

перпендикулярним цьому напрямку вітру.

Мулові майданчики на природній основі допускається проектувати за умови залягання ґрунтових вод на глибині не менше 1,5 м від поверхні карт і тільки в тих випадках, коли допускається фільтрація мулових вод у ґрунт.

При меншій глибині залягання ґрунтових вод варто передбачати зниження їхнього рівня або влаштовувати мулові майданчики на штучній асфальтобетонній основі з дренажем. Можливе влаштування мулових майданчиків на намивному чи насипному ґрунті.

На мулових майданчиках повинні передбачатися дороги зі з'їздами на карти для автотранспорту і засоби механізації для збирання, навантаження і транспортування підсушеного осаду.

Якщо мулові майданчики розміщені поза територією станцій очищення, для обслуговуючого персоналу передбачають службове і побутові приміщення.

Допоміжні приміщення на очисних спорудах розміщують в одній будівлі. Склад і площі допоміжних і лабораторних приміщень необхідно приймати за табл. 4.4.

Склад і площі побутових приміщень у залежності від чисельності обслуговуючого персоналу і групи санітарної характеристики виробничих процесів приймають згідно СНиП 2-09.04-87.

За санітарною характеристикою виробничих процесів на спорудах каналізації населених пунктів роботи на очисних спорудах, насосних станціях по перекачуванню стічних вод, мережах каналізації, у лабораторіях відносяться до групи Шв, у хлораторних і на складах хлору - Ша, в повітрорудувних станціях і в ремонтних майстернях – Ів, у пункті керування - Іа.

Роботи на спорудах біологічного очищення виробничих стічних вод прирівнюються до робіт на очисних спорудах міської каналізації.

Санітарну характеристику робіт на спорудах механічного, хімічного й іншого методів очищення виробничих стічних вод приймають в залежності від складу стічних вод і методу очищення.

Таблиця 4.4. Склад допоміжних приміщень очисних споруд

Приміщення	Площа приміщень, м ² , при продуктивності очисних споруд, тис.м ³ /добу				
	1,4 ...10	10...50	50...100	100...250	більше 250
1	2	3	4	5	6
Фізико-хімічна лабораторія з контролю:					
стічних вод	20	25	25	40 (дві кімнати по 20)	50 (дві кімнати по 25)
осадів стічних вод	-	-	15	15	20
Бактеріологічна лабораторія	-	20	22	33 (дві кімнати 18 і 15)	35 (дві кімнати 20 і 15)
Вагова	-	6	8	10	12
Автоклавна і мийна кімнати (кожна)	-	10	12	15	15
Приміщення для збереження посуду і реактивів	6	6	12	15	20
Кабінет завідувача лабораторією	-	10	12	15	20
Приміщення для пробовідбірників	-	-	6	8	8
Кабінет начальника станції	10	15	15	25	25
Приміщення для технічного персоналу	10	15	20	25 (дві кімнати 10 і 15)	30 (дві кімнати по 15)

Продовження табл.4.4

1	2	3	4	5	6
Кімната чергового персоналу	8	15	20	25	25
Майстерня поточного ремонту дрібного устаткування	10	15	20	25	25
Майстерня приладів	15	15	15	20	20
Бібліотека і архів	-	-	10	20	30
Приміщення для інвентарю	-	-	6	8	8

4.5. Вимоги до графічної частини проектів

Графічні матеріали проектів, як правило, виконуються на аркушах формату А1. Допускається використання додаткових форматів.

У правому нижньому кутку креслень виконується основний напис за встановленою формою.

Креслення генерального плану виконують в масштабі 1:500, 1:1000, 1:2000 і.т.д..

На генеральному плані графічно показують: розміщення всіх будівель і споруд, зонування території за групами цехів і характером технологічного процесу; ширину запроектованих протипожежних і санітарних розривів між будівлями і спорудами; проїзди, в'їзди в цехи; автодороги і залізничні колії; інженерно-технічні мережі; огороження території з позначенням місць в'їзду, входу і виходу працюючих на виробничу територію; розміщення пожежних гідрантів, пожежних водойм, резервних ємностей, пожежних депо, автоматики електричної пожежної сигналізації; прийнятий благоустрій і озеленення території; ширину санітарно-захисної зони. У верхньому лівому

кутку креслення зображують “розу вітрів” із зазначенням сторін світу або магнітної стрілки.

Для виконання креслення користуються прийнятими умовними позначеннями. Об’єкти, показані на генеральному плані, нумерують. Перелік об’єктів наводиться експлікації, яка входить як додаток до пояснювальної записки.

Очисні споруди, які підлягають реконструкції, заштриховують. У випадку розміщення локальних очисних споруд у промислових будівлях, заштриховують останні.

На кресленні внизу аркуша також вказують основні техніко-економічні показники за генеральним планом: площа (га) території, зайнятої підприємством; довжина (км) внутрішньозаводських залізничних колій розміром 1524 і 750 мм і огорожень по зовнішній межі майданчика; коефіцієнти забудови, використання території й озеленення.

У пояснювальній записці дипломного проекту слід описати кліматичні умови майданчика (середня температура в літню та зимову пору року, види ґрунту, глибина промерзання ґрунту та рівень залягання ґрунтових вод, переважаючий напрям вітру, річна кількість опадів), а також основні характеристики генерального плану.

Технологічна схема комплексу водоочищення відображує послідовність виконання технологічних операцій за допомогою умовних позначень. Схема не відображує дійсного розміщення обладнання відносно одне одного.

Технологічна схема виконується на аркуші формату А1 без певного масштабу, але з дотриманням пропорцій обладнання. Технологічне обладнання зображується схематично, з допомогою умовних позначень. На технологічній схемі обладнання позначається цифрами у виносках. Назва і технічні показники обладнання вказуються у специфікації до технологічної схеми, яка наводиться в додатку пояснювальної записки.

Специфікація виконується на аркушах формату А4 або А3. Приклад виконання специфікації наведено на рис. 4.1.

Висотну схему виконують для того, щоб знати взаємне розміщення окремих елементів технологічної схеми комплексу водоочищення. Креслення виконують в тому ж масштабі, що і креслення генерального плану.

На кресленнях профілю руху показують усі основні та допоміжні споруди, відмітки поверхні води чи дна у кожній споруді, м; відмітки поверхні; відстані, м; порядкові номери точок (рис. 4.2). Назва об'єктів, які зображені на висотній схемі, наводяться в експлікації (рис. 4.3), яка включається як додаток до пояснювальної записки.

Позиція	Назва і технічна характеристика обладнання	Тип і марка	Одиниця		Розміри	Маса, кг
			Назва	Кількість		
1	2	3	4	5	6	7

Рис. 4.1. Специфікація обладнання

На кресленнях плану будівлі виконують креслення того поверху, де розміщене основне технологічне обладнання.

Для виконання плану поверху положення уявної горизонтальної січної площини приймають на рівні віконних отворів або на 1/3 висоти поверху, що зображується. У випадках, коли віконні отвори розміщені вище січної площини, по периметру плану розміщують перетини відповідних стін на рівні віконних отворів.

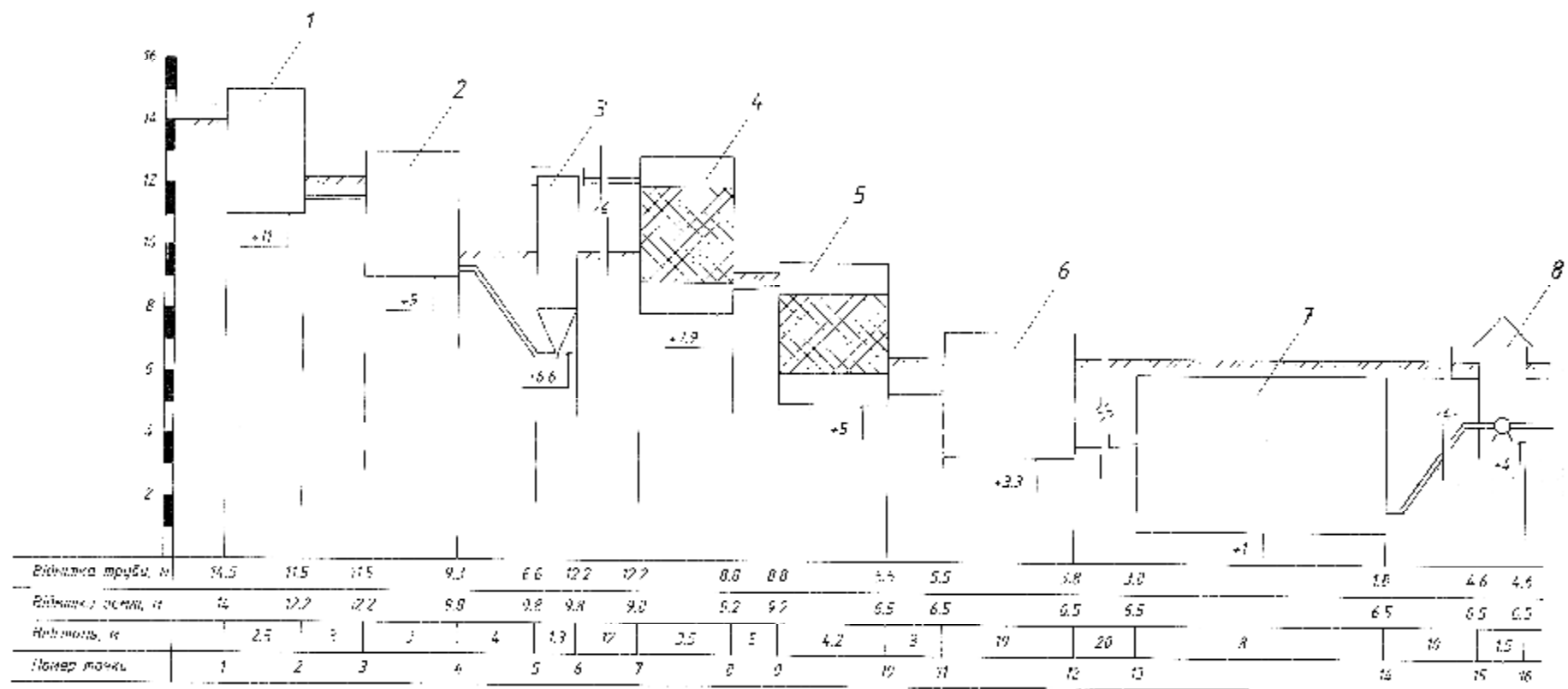


Рис. 4.2. Схема профілю руху води станції господарчо-питного водопостачання з підземного джерела

Номер позиції	Назва об'єкта
1	Аератор
2	Контактний резервуар
3	Змішувач
4	Піщаний фільтр
5	Вугільний фільтр
6	Контактний резервуар
7	Резервуар чистої води
8	Насосна станція II-го підйому

Рис. 4.3. Приклад експлікації до профілю руху води

Планам поверхів дають назви: «План 1-го поверху», «План 2-го поверху», «План на відм. 0,000».

Креслення плану поверху починають з нанесення на креслення розбивочних осей будівлі у відповідності до прийнятих розмірів кроків та прольотів. Після побудови розбивочних осей намічають контури колон і стін, при цьому потрібно дотримуватися правил прив'язки конструктивних елементів до розбивочних осей. Внутрішні стіни і колони викреслюють так, щоб їх геометрична вісь співпадала з розбивочною. Далі викреслюють віконні і дверні отвори, сходи, перегородки, показують технологічне та санітарно-технічне обладнання.

На планах поверхів контури конструкцій, які розміщені в січній площині, обводять суцільною основною лінією (товщина $s = 0,5 \dots 1,5$ мм). Контури елементів, розміщені нижче січної площини (санітарно-технічне і технологічне обладнання, майданчики, розміщені на висоті не більше 2 м від підлоги, прямки і т.д.) обводять тонкою суцільною основною лінією товщиною $s/3 \dots s/2$.

Майданчики, розміщені на висоті більше 2 м від рівня підлоги, показують штриховою лінією і діагоналями, що пересікаються.

Стіни та перегородки, що попали у переріз, виготовлені з основного матеріалу, не заштриховують. Штрихуванням виділяють ті ділянки, які виконані з іншого матеріалу.

Контури технологічного обладнання обводять тонкими суцільними лініями. Підкранові шляхи, мостові крани, кран-балки показують на плані штриховими лініями. Умовні зображення підкранових шляхів закінчують поперечною рисою, яка позначає кінцевий упор. Технологічне обладнання викреслюють в масштабі креслення, вказують його розміри, а також нумерують у відповідності з порядковим номером експлікації. За необхідності, обладнання, яке зображене на плані, супроводжують пояснючими написами.

На плани поверхів наносять: координаційні вісі будівлі; розміри, що визначають відстані між координаційними осями, товщину стін і перегородок; відмітки майданчиків, розміщених на різних рівнях; межі зон руху технологічних кранів; умовні графічні зображення елементів санітарно-технічних пристроїв; лінії розрізів та положення на планах січної площини і напрямку погляду; назви приміщень чи технологічних ділянок, їх площі, категорії за вибухопожежною і пожежною небезпекою.

Допускається назви приміщень, їх площі та категорії приводити в експлікації (рис. 4.4). У цьому випадку на кресленнях планів замість назв приміщень проставляють їх номери.

На планах поверхів по зовнішньому периметрі стін розміри рекомендується наносити в наступному порядку, починаючи від стіни: розміри простінків, віконних та дверних отворів; відстані між розбивочними осями; відстані між крайніми осями стін.

Номер	Назва приміщення	Площа, м ²	Категорія приміщення
1	2	3	4

Рис. 4.4. Експлікація приміщень

Всередині будівлі показують розміри приміщень, обладнання, товщину стін і перегородок, розміри дверних отворів та ін. Вказані елементи прив'язуються розмірами до розбивочних осей чи конструктивних елементів будівель.

Для виконання поздовжнього або поперечного розрізу будівлі чи споруди положення уявної вертикальної площини розрізу приймають, як правило, із таким розрахунком, щоб у зображення потрапляли основне технологічне обладнання, прорізи вікон, зовнішніх воріт і дверей. Розрізи виконують простими або складними, щоб показати більшу кількість обладнання. По ділянках, особливості яких не виявлені в основних розрізах, проводять місцеві розрізи.

Виконання креслень розрізів будівель починають з нанесення розбивочних осей, потім намічають контури колон і стін, з дотриманням правил прив'язки конструктивних елементів до розбивочних осей. Потім проводять розбивання будівлі на поверхи і викреслюють міжповерхове перекриття та покриття. Контури конструкцій будівлі, розміщені в січній площині, обводять суцільною основною лінією товщиною s , а контури, розміщені за січною площиною - суцільною тонкою лінією товщиною $s/3 \dots s/2$.

З видимих елементів на розрізах зображують тільки елементи конструкцій будівель чи споруд, підйомно-транспортне обладнання, відкриті східці і майданчики, що знаходяться безпосередньо за уявною площиною розрізу.

На розрізах будівлі або споруди без підвалів ґрунт і елементи конструкцій, розташовані нижче фундаментних балок і верхньої частини стрічкових фундаментів, не зображують. Тунелі показують схематично тонкою штриховою лінією.

Підлогу на ґрунті зображують однією основною лінією, підлогу на перекритті і покрівлю - одною суцільною тонкою лінією незалежно від числа шарів у їх конструкції.

Склад і товщину шарів покриття вказують у виносному написі. Якщо в декількох розрізах зображені покриття, що не відрізняються за складом, виносний напис приводять тільки на одному з розрізів, а в інших дають посилання на розріз, що містить повний виносний напис.

На розрізах будівель без підвалів показують тільки фундаментні балки. У будівлях з підвалами показують контури їх стін і підлоги, при цьому штрихування ґрунту біля зовнішнього контуру стін підвалу і підлоги не наносять.

Конструктивні елементи будівлі, виконані із основного для цієї будівлі матеріалу і розміщені за січною площиною на розрізах не заштриховують.

На розрізах виносять і вказують: координаційні осі будівлі (споруди) і відстані між ними і крайніми осями, осі біля деформаційних швів; відмітки рівня землі, чистої підлоги поверхів і площадок; відмітки низу несучих конструкцій покриття одноповерхових будівель (споруд) і низу плит покриття верхнього поверху багатопверхових будівель (споруд); відмітки верха стін, карнизів, уступів, стін, голівки рейок кранових шляхів; розміри і прив'язку по висоті отворів і ніш у стінах і перегородках, віконних отворів; товщину стін і їх прив'язки до координаційних осей будівель або споруд. Якщо на кресленні є однакові розміри (прольоти, кроки, простінки), вони вказується лише один раз.

Список рекомендованой литературы

1. Запольский А.К., Баран А.А. Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды. Свойства. Получение.- Л.:Химия, 1987.- 208 с.
2. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод/ Запольський А.К., Мішкова-Кліменко Н.А., Астрелін І.М. та ін. - К.: Лібра, 2000.-552 с.
3. Ласков Ю.М., Воронов Ю.В., Калицун В.И. Примеры расчетов канализационных сооружений: Учеб.пособие для ВУЗов.- 2-е изд.- М.:Стройиздат, 1987.- 255 с.
4. Лившиц О.В. Справочник по водоподготовке котельных установок.- М.: Энергия, 1976.- 237 с.
5. Москвитин А.С., Москвитин Б. А., Мирончик Г. Н., Шапиро Р. Г. Оборудование водопроводно-канализационных сооружений. Справочник монтажника. – М.: Стройиздат, 1979. – 430 с.
6. Николадзе Г. И. Водоснабжение. – М.: Стройиздат, 1989. – 496 с.
7. Проскуряков В.А., Шмидт Л.И. Очистка сточных вод в химической промышленности. - Л.:Химия, 1977.- 464 с.
8. Родионов А.И., Клушин В.Н., Торочешников П.С. Техника защиты окружающей среды. - М.: Химия, 1989.- 512 с.
9. Старинский В.П., Михайлик Л.Г. Водозаборные и очистные сооружения коммунальных водопроводов. - Минск: «Вышейшая школа», 1989.- 267 с.
10. Тугай А.М., Терновцев В.Е. Водоснабжение. Курсовое проектирование.- К.: Вища школа, 1980.- 208 с.
11. Василенко А.А. Водоотведение. Курсовое проектирование.- К.: Вища школа, 1988.-256 с.
12. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. - Введ. 01.01.1985.- М.: Стройиздат, 1985.- 134 с.
13. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения.- Введ. 01.01.1986.- М.:ЦИТП Госстроя СССР, 1986.- 72 с.

14. СНиП II-89-80. Генеральные планы промышленных предприятий. - Введ. 01.01.1982.- М.:Стройиздат, 1980.- 47 с.
15. СНиП 2.05.07-91. Промышленный транспорт. - Введ. 01.07.1992.- М.:Стройиздат, 1991.- 153 с.
16. СНиП 2-09.02-85. Производственные здания. - Введ. 01.01.1987.- М.:Стройиздат, 1985.- 17 с.
17. СНиП 2-09.04-87. Административные и бытовые здания. - Введ. 01.01.1989.- М.:Стройиздат, 1987.- 18 с.
18. ДСТУ Б А.2.4-2-95. СПДБ. Умовні графічні позначення і зображення елементів генеральних планів та споруд транспорту. – Чинний від 01.07.95.- К.:Укрархбудінформ, 1995.-30 с.
19. ДСТУ Б А.2.4-4-99. СПДБ. Основні вимоги до проектної та робочої документації. – Чинний від 01.10.99.-К.:Укрархбудінформ, 1999.- 56 с.
20. ДСТУ Б А.2.4-7-95. СПДБ. Правила виконання архітектурно-будівельних креслень. – Чинний від 01.07.95.-К.:Укрархбудінформ, 1995.- 55 с.
21. ДСТУ Б А.2.4-10-95. СПДБ. Правила виконання специфікації обладнання, виробів і матеріалів. – Чинний від 01.04.96.- К.:Укрархбудінформ, 1996.-8 с.
22. Методичні вказівки до курсового проектування систем очищення природних та стічних вод для студентів спеціалізації 25.13.02 "Раціональне використання водних ресурсів та очищення стічних вод"/Укл. М.Д. Гомеля, В.А. Барбаш, Л.Є. та ін.- К.:КПІ, 1995.-52 с.
23. Методичні вказівки до дипломного проектування систем очищення природних та стічних вод для студентів спеціалізації 25.13.02 "Раціональне використання водних ресурсів та очищення стічних вод"/Укл. М.Д. Гомеля, О.П. Шутько, В.М.Радовенчик -К.:КПІ, 1993.- 68 с.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА
СПОРТУ УКРАЇНИ**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”**

**Гомеля Микола Дмитрович
Глушко Олена Володимирівна
Камаєв Віктор Сергійович**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ
з курсу „Очисні споруди. Основи проектування”
для напряму підготовки 6.040106 «Екологія,
охорона навколишнього середовища та збалансоване
природокористування»**

***Рекомендовано Вченою радою
інженерно-хімічного факультету НТУУ «КПІ»
протокол № 3 від 27.02.12 р.***

(протокол № дата)

Віддруковано ТОВ «Інфодрук»
03113, м. Київ, вул. М. Шпака, 2, тел. 456-68-83
Підписано до друку 5.03.2012 р.
Тираж 300 прим.