

Міністерство освіти і науки України
Інженерний інститут
Запорізького національного університету

О.Г. Добровольська

В.Б. Світлична

МОНІТОРИНГ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ІНЖЕНЕРНИХ
ОБ'ЄКТІВ

Конспект лекцій

для здобувачів ступеня вищої освіти магістр
спеціальності 192 “Будівництво та цивільна інженерія” за освітньо-
професійними програмами
«Промислове та цивільне будівництво», «Міське будівництво та господарство»,
«Водопостачання та водовідведення»

Затверджено вченою
радою ЗНУ
Протокол № 10 від
14.06.2020

Запоріжжя

2020

УДК 696.1 (075)

Д 560

Добровольська О.Г., Світлична В.Б. Моніторинг та удосконалення інженерних об'єктів: конспект лекцій для здобувачів ступеня вищої освіти магістр спеціальності 192 “Будівництво та цивільна інженерія” за освітньо-професійними програмами «Промислове і цивільне будівництво», «Міське будівництво та господарство», «Водопостачання та водовідведення». Запоріжжя : ЗНУ, 2020. 133 с.

У конспекту лекцій подано в систематизованому вигляді програмний матеріал дисципліни “Моніторинг та удосконалення інженерних об'єктів”, питання удосконалення основних елементів інженерних об'єктів водопостачання та водовідведення, сучасні прийоми впровадження технологій, методики розрахунку інженерно-технічних систем.

Для здобувачів ступеня вищої освіти магістра спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» за освітньо-професійними програмами «Промислове та цивільне будівництво», «Міське будівництво та господарство», «Водопостачання та водовідведення».

Рецензенти:

Біляєв М.М., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Гідравліка та водопостачання» Дніпровського національного університету ім .академіка В. Лазаряна

В. А. Банах, доктор технічних наук, професор, проректор з науково-педагогічної роботи та технічної освіти Запорізького національного університету

Відповідальний за випуск

А. В. Банах, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри міського будівництва та господарства.

Навчальне видання
(українською мовою)

Добровольська Оксана Григорівна
Світлична Вікторія Борисівна

МОНІТОРИНГ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ІНЖЕНЕРНИХ ОБ'ЄКТІВ

Конспект лекцій

для здобувачів ступеня вищої освіти магістра

спеціальності 192 “Будівництво та цивільна інженерія” за освітньо-професійними програмами «Промислове та цивільне будівництво», «Міське будівництво та господарство», «Водопостачання та водовідведення»

Рецензенти:

В. А. Банах

В.В. Біляєв

Відповідальний за випуск *А.В. Банах*

Коректори:

Добровольська О.Г.

Світлична В.Б.

ЗМІСТ

Вступ.....	5
Розділ 1 Водопостачання.....	6
1.1 Інженерні об'єкти системи водопостачання	6
1.2 Показники інженерних об'єктів як елементів міського господарства	12
1.3 Інженерні об'єкти забору води.....	15
1.4 Моніторинг і аналіз роботи системи подачі води.	29
1.5 Удосконалення споруд коагуляції природної води.....	42
1.6 Удосконалення споруд коагуляції природної води.....	48
1.7 Удосконалення роботи очисних споруд.....	61
1.8 Удосконалення роботи систем розподілу води.....	74
Розділ 2 Водовідведення.....	89
2.1 Інженерні об'єкти системи водовідведення.....	89
2.2 Моніторинг роботи каналізаційних мереж та заходи щодо удосконалення експлуатації	96
2.3 Удосконалення мереж водовідведення	100
2.4 Моніторинг головних очисних об'єктів	106
2.5 Удосконалення роботи споруд механічного очищення стічних вод	111
2.6 Удосконалення споруд біохімічного очищення стічних вод.....	124
Використана література.....	133

ВСТУП

Підвищення благоустрою сучасних населених пунктів суттєво залежить від складу та надійності роботи інженерних об'єктів, які насамперед визначають комфортне життя мешканців, а саме, систем водопостачання та водовідведення.

Системи і споруди водопостачання та водовідведення є невід'ємною частиною інфраструктури і безпосередньо пов'язані з системами життєзабезпечення великих та середніх населених пунктів, міст та селищ, а також з екологічним станом водних об'єктів та водойм.

Основними проблемами інженерних об'єктів України являються:

- зношення основних фондів систем;
- надмірні об'єми води, що споживаються;
- надмірні витрати енергії;
- низька ефективність очистки води.

Органічною рисою цих систем являється необхідність їх періодичної реконструкції, модернізації та удосконалення, що пов'язано з довготривалістю дії таких систем. І характер задач, які виникають при роботі цих систем відрізняється від тих завдань, які розв'язувалися на стадії проектування. Особливістю завдань являється те, що необхідно привести у відповідність можливості системи до вимога споживачів, і, досить часто методами регулювання досягти цього не можливо, тому необхідно вирішувати, які зміни повинні бути зроблені в системі, щоб досягти необхідного результату. При цьому завдання повинні розв'язуватися з урахуванням наявного обладнання, існуючих споруд і економічних можливостей експлуатаційної організації.

Задачі моніторингу та удосконалення водопровідних і каналізаційних споруд можна сформулювати як задоволення підвищених вимог населення і промисловості до кількості та якості води при мінімальних витратах. При цьому виникають задачі наступних типів:

Збільшення кількості води, що подається.

Покращення якості води, що подається.

Зниження витрат (електроенергії, матеріалів, трудових ресурсів і т.д.).

Підвищення якості очистки стічних вод.

Збільшення надійності роботи споруд.

Зниження негативних екологічних наслідків функціонування споруд водопровідно-каналізаційного господарства.

Розділ 1. ВОДОПОСТАЧАННЯ

Тема 1.1 Інженерні об'єкти системи водопостачання

Мета вивчення теми: оволодіти знаннями щодо технологічних особливостей інженерних об'єктів систем водопостачання та типів основних завдань щодо удосконалення роботи.

1. Система водопостачання як комплекс взаємозалежних інженерних об'єктів.
2. Типи основних завдань при удосконаленні інженерних об'єктів.
3. Моніторинг досліджень і розрахунків споруд.

Ключові терміни: споруди; інженерні об'єкти, водопостачання, продуктивність.

Водопостачання - це комплекс заходів по забезпеченню водою її різних споживачів.

Комплекс інженерних об'єктів, які здійснюють задачі водопостачання, тобто забір води з природних джерел, її очистку, транспорт і подачу споживачам називається системою водопостачання.

Всі природні джерела води, які практично використовуються для водопостачання можна віднести до двох категорій:

- поверхневі джерела – ріки (в природньому чи зарегульованому стані), озера і моря;
- підземні джерела – ґрунтові і артезіанські води і джерела, які виходять на поверхню.

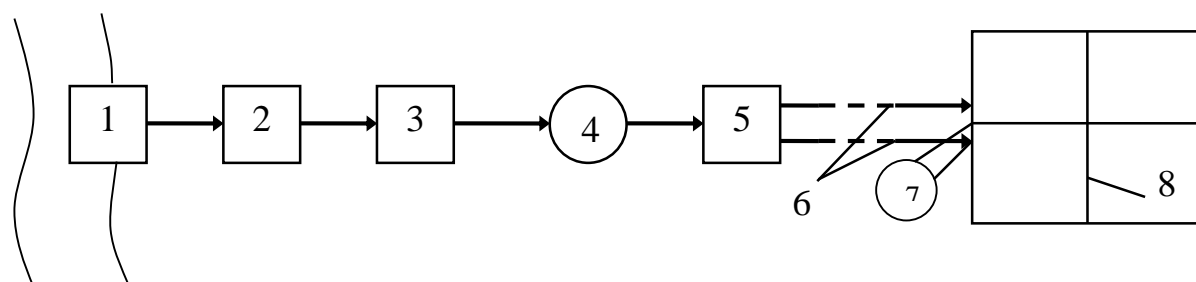
Річкова вода характеризується відносно великою *каламутністю* (особливо в період повені), високим вмістом *органічних домішок, бактерій*, значною *кольоровістю* води. Але зате річкова вода має малий вміст *мінеральних солей* і відносно невелику *твердість*.

Підземні води, як правило, не мають *завислих* речовин, тобто вони *прозорі і безкольорові*. Ці води мають *високі санітарні якості*. Але вони бувають сильно *мінералізовані* (підвищена *твердість*, наявність *неприємного смаку*, вміст *речовин*, які шкідливо впливають на організм людини).

Але не тільки якість води визначає вибір джерела водопостачання. Велике значення має його *потужність, віддаленість, вартість подачі і очистки* води.

Система водопостачання повинна забезпечувати одержання води з природних джерел, її очистку, якщо це викликається вимогами споживачів, і подачу до місця використання. Для виконання цих задач в систему водопостачання міст включається комплекс споруд, приведених на рис. 1.1.

В залежності від місцевих природних умов і характеру використання води, а також в залежності від економічних міркувань схема системи водопостачання і її складові елементи можуть змінюватися дуже сильно. Великий вплив на схему системи водопроводу робить джерело водопостачання, його характер, потужність, якість води в ньому, відстань від об'єкту, якому постачається вода і т.д. Цей вплив проявляється не тільки на конструкції водозабірних споруд, але і в необхідності водоочисних споруд для забруднених вод чи їх відсутності при чистих водах. Якщо очистка не потрібна, схема сильно спрощується. Прикладом схеми системи водопостачання без очисних споруд може бути система водопостачання з підземних джерел рис. 1.2 та 1.3



- 1 - водозабірні споруди ;
- 2, 5 - насосні станції;
- 3 - споруди для очистки води;
- 6, 8 - водоводи (водогони) і водопровідні мережі;
- 7, 4 - башти і резервуари .

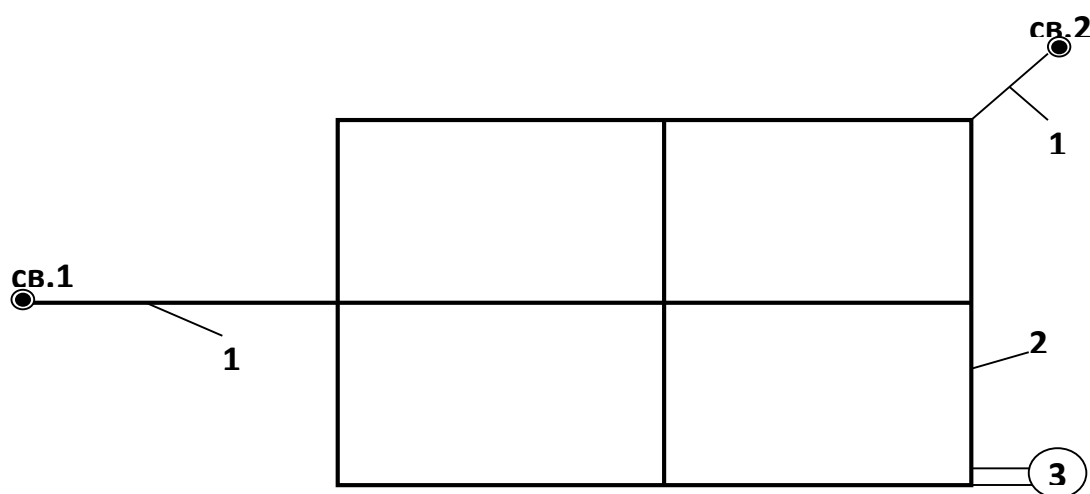
Рисунок 1.1 – Схема системи водопостачання на господарсько-питні потреби міста з поверхневого джерела



- св.1-св.3 – артезіанські свердловини;
- 1 – резервуари чистої води;
- 2 – насосна станція;
- 3 – водогони;
- 4 – водонапірна башта;
- 5 – водопровідна мережа.

Рисунок 1.2 – Схема системи водопостачання при заборі води з підземного джерела

Сучасні системи водопостачання мають нестабільні характеристики. Ця нестабільність пов'язана з динамікою роботи системи, яка визначається характером водорозбору на протязі доби, що залежить від особливостей життя і праці населення міста. З однієї сторони вона визначається тенденцією концентрації населення в містах, яка приводить до росту водоспоживання і зміни структури водорозподільчої мережі, з другої сторони - особливостями формування і розвитку промислового виробництва, з третьої - нестабільністю в часі характеристик окремих елементів систем водопостачання (зменшення пропускної можливості мереж і водоводів як наслідок корозії в них, зміни характеристики насосів як наслідок їх зносу і т.д.) [1].



св.1-св.2 – артезіанські свердловини;
1 – водоводи;

2 – водопровідна мережа;
3 – водонапірна башта.

Рисунок 1.3 – Схема системи водопостачання з підземного джерела з безпосередньою подачею води в мережу

Загальна задача удосконалення роботи системи зводиться до визначення і реалізації заходів, які можливості системи водопостачання приводять у відповідність до вимогам споживачів. Розв'язування цієї задачі досягається розв'язуванням наступних приватних завдань:

- збільшення пропускної можливості мережі;
- перерозподіл потоків в мережі;
- зонування мережі;
- збільшення продуктивності головних споруд систем водопостачання (водозаборів, насосних станцій I і II підйомів, очисних споруд);

- заміна технологічного і механічного обладнання для збільшення продуктивності;
- заміна морально застарілого обладнання;
- переобладнання окремих споруд в інший вид.

Збільшення пропускної спроможності мережі досягається заміною окремих ділянок з малими діаметрами на трубопроводи більших діаметрів, прокладкою ліній паралельних існуючим лініям, прокладкою нових додаткових ділянок, заміною старих трубопроводів на нові.

Перерозподіл потоків в мережі досягається прокладкою магістральних водоводів від вузлів, в які подається велика витрата, до вузлів, які вимагають підсилення. Інколи при малих перерозподілах виконується регулювання потоків засувками.

Необхідність зонування виникає в системах, які розвивались без перспективного плану. Воно дозволяє оптимізувати витрати електроенергії і знижує надлишкові напори і витрати з мережі.

Збільшення продуктивності водозаборів з підземних джерел досягається їх розширенням, тобто бурінням додаткових свердловин. В водозаборах з поверхневих джерел збільшення продуктивності передбачається на стадії проектування. Для цього передбачаються фундаменти для монтажу додаткових насосів або насосів з більшою продуктивністю.

Збільшення подачі насосних станцій II підйому досягається заміною встановлених насосів на насоси більшої продуктивності.

Збільшення продуктивності очисних станцій також досягається їх розширенням та добудовою додаткових технологічних ліній, які, як правило, аналогічно існуючим. В залежності від якості води в джерелі і потрібного росту продуктивності такого збільшення можна досягти переобладнанням одного типу споруд в інший (наприклад, горизонтальних відстійників у відстійники з тонкошаровими модулями, одного типу фільтрів в інший).

Необхідність удосконалення систем водопостачання диктується техніко-економічними міркуваннями тому, що частіше всього тому що, такі заходи являються більш вигідними у порівнянні з новим будівництвом.

Основою для вибору варіанту удосконалення роботи являються проекти, при розробці яких необхідна оперативна інформація про характеристики елементів системи водопостачання, які змінюються як на протязі доби, так і в процесі багаторічної експлуатації. Особливо це відноситься до найбільш дорогої і складної частини системи водопостачання - системи подачі і розподілу води, в

яку входять насосні станції, водоводи і водопровідна мережа з напірно-регулюючими, запасними і іншими спорудами. Вартість таких систем досягає 80% загальної вартості водопроводу, а вибір оптимальних розмірів споруд, контроль їх характеристик і оперативне керування ними пов'язані з великими складнощами.

Правильне розв'язування питань наладки, інтенсифікації і оптимізації роботи системи водопостачання можна досягти тільки на основі натурних досліджень роботи всіх споруд системи і прогнозування змін їх характеристик у часі.

Дослідження роботи систем водопостачання включає декілька етапів:

1) Збір інформації про водоспоживачів (склад, розміщення, витрати, які споживаються на момент дослідження і на найближчу перспективу) і про водопровідні споруди (тип водоживлювачів, їх кількість і розміщення; матеріал, діаметри і терміни експлуатації водопровідних ліній; частота пошкоджень, час ліквідації аварій; технологія обробки води; режим роботи насосних станцій і інше).

2) Натурні дослідження споруд (рівні води і дебіти водозабірних свердловин; напірно-витратні і енергетичні характеристики відцентрових насосів; гідравлічні опори водопровідних ліній відповідних матеріалів, діаметрів і термінів їх експлуатації; тиски в характерних точках мережі в різні періоди водоспоживання; рівні води в баштах і резервуарах; фактичні витрати від водоживлювачів; якість води в джерелі і води, яка подається споживачам, наявність витоків води з мережі).

3) Обробка результатів досліджень і виявлення фактичної картини роботи систем водопостачання:

- побудова ізоліній п'єзометричних напорів на ділянках водопровідної мережі для характерних періодів її роботи;
- виявлення ділянок з недостатньою пропускною спроможністю;
- встановлення причин обростання внутрішньої поверхні труб;
- встановлення причин аварій на мережах;
- з'ясування фактичної схеми живлення водопровідної мережі і ролі кожного її водоживлювача;
- визначення робочих точок сумісної роботи насосів і водопровідної мережі і виявлення перевитрат електроенергії на подачу води;
- аналіз роботи водозабірних споруд і з'ясування причин зміни їх дебіту в процесі експлуатації.

4) Побудування еквівалентної математичної моделі діючої системи подачі і розподілу води:

- складання розрахункової схеми системи подачі і розподілу води та визначення вузлових відборів води з мережі на період досліджень і на перспективу;

- визначення коефіцієнтів збільшення гідравлічних опорів водопровідних ліній в залежності від усіх факторів (матеріалу і діаметру труб, умов і термінів їх експлуатації) і обчислення фактичних опорів ділянок мережі;

- проведення гідравлічних розрахунків водопровідної мережі на ЕОМ, в результаті яких корегуються опори ділянок та вузлові відбори до співставлення результатів розрахунків з результатами натурних досліджень.

5) Розробка рекомендацій по інтенсифікації роботи системи подачі і розподілу води:

- збільшення пропускної можливості мережі шляхом заміни або додаткової прокладки окремих водопровідних ліній на період досліджень (I черга) і на найближчу перспективу (II черга);

- вибір оптимальних режимів сумісної роботи водоживлювачів (насосних станцій, водонапірних башт) і водопровідної мережі при умові забезпечення розрахункових витрат води і необхідних напорів в усіх точках мережі при мінімальній витраті електроенергії (в різні періоди водоспоживання), для чого і розглядаються питання заміни робочих колес у насосів, паралельної роботи кількох насосних агрегатів, заміни електродвигунів насосів або регулювання частоти обертання їх робочих колес;

- розробка заходів по зниженню витоків води з мережі, зменшенню числа аварій, зонуванню окремих районів мережі, а також по захисту сталевих труб від внутрішньої корозії за рахунок спеціальної обробки води і очистки їх від відкладень, які створюються в них;

розробка рекомендацій по збільшенню продуктивності водозабірних свердловин та покращанню умов їх сумісної роботи [1].

Натурні дослідження дуже трудомісткі. Тому вони проводяться в повному обсязі рідко. Більш доступними являються комбіновані методи, коли натурні вимірювання проводяться тільки для тих характеристик, які потрібні для виконання необхідних розрахунків на ЕОМ. Після цього за результатами розрахунків в характерних точках проводяться контрольні вимірювання і при необхідності проводяться повторні розрахунки.

Тема 1.2 Показники інженерних об'єктів як елементів міського господарства

Мета вивчення теми: оволодіти знаннями щодо основних показників інженерних об'єктів, як елементів міської інфраструктури.

1. Загально-екологічні показники.
2. Санітарно-гігієнічні показники.
3. Економічні показники.

Ключові терміни: санітарний стан, подача, якість, енергія.

Характерною рисою сучасного розвитку суспільства є урбанізація, тобто процес зосередження промисловості і населення у великих містах. Наслідком такої урбанізації є виникнення гігантських житлових і промислових районів з населенням у мільйони і десятки мільйонів чоловік. Процес урбанізації висуває ряд надзвичайно складних проблем.

Для забезпечення міст водою необхідно мати потужні системи водопостачання і джерела води, які їх забезпечують

Частина води, яка споживається містом, використовується для поліпшення його санітарного стану (фонтани, ставки, миття вулиць і тротуарів, поливання зелених насаджень і т.д.). Змиваючи пил і поверхневі забруднення ґрунту на території міста, вода з однієї сторони поліпшує санітарний стан міста, а з іншої негативно впливає на водойми на території міста. Зараз вважається доцільним створення в межах міста системи ставків, використовуючи для цієї мети балки і копані в межах міста і на його окраїнах, які обладнані водозливними греблями. У цих ставках буде акумулюватися частина дощових і поталих вод і звільнитися від наносів перед скиданням їх у водойму.

Подача в місто необхідної кількості води – це тільки перша частина задачі. Друга задача системи водопостачання – забезпечення необхідної якості води. Це задачу вирішують за допомогою очисних споруд. Рішення цієї задачі тим простіше, чим чистіша забирається вода. Вода, що подається в місто повинна задовольняти нормативним вимогам. Найчастіше вимоги до води на виробничі потреби нижче вимог до питної води. Тому основний потік на виробничі потреби організується окремо від системи господарсько-питного водопостачання міста. Якщо ж для окремих виробничих процесів потрібно вода за окремими показниками вище питної, то спочатку забирається вода питна, котра потім очищається до необхідного рівня (наприклад, водопостачання котелень, знесолення води в радіопромисловості і т.д.).

Для того щоб контролювати якість питної води, яка подається місту, організується систематичний контроль показників якості. При цьому динамічні характеристики вимірюються частіше (1 раз на годину), а показники, що підтримуються стабільно, вимірюються 1 раз на добу. Для цього на очисних спорудах є лабораторія, що стежить за показниками якості води на виході з очисної станції. Незалежним контролером виступають відповідні підрозділи санітарно-епідеміологічних служб. Таким чином, забезпечується безпека водопостачання.

Системи водопостачання є великими споживачами енергії і можуть істотно впливати на загальноміське енергетичне споживання. При цьому часто буває складно зіставити між собою енергоспоживання різних міст, тому що воно визначається не тільки характеристиками міста, але також і характеристиками джерела водопостачання. Хоча споживана потужність досить велика, але в місті з розвинутою промисловістю вона не може бути визначальною. Однак важливість системи водопостачання для життєдіяльності міста вимагає особливої уваги міської влади до надійності її енергопостачання. З іншого боку кожен систему водопостачання необхідно оптимізувати по споживанню електричної енергії.

Для цього у всіх елементах системи в першу чергу треба ліквідувати надлишкові напори, по-друге, необхідно проаналізувати вплив невігідних точок в окремих елементах на необхідні напори на вході в них, по-третє, зробити необхідне зонування і ввести місцеві підкачування, які дозволяють зменшити необхідні напори, по-четверте, використовувати устаткування з більш високим ККД.

Крім енергетичних витрат, системи водопостачання для ефективної роботи вимагають великих матеріальних витрат як на стадії їхнього створення, так і в процесі експлуатації.

Міська система водопостачання повинна бути надійною. З цією метою використовуються традиційні методи забезпечення надійності такі, як кільцювання, дублювання, створення запасів води. [1].

У закордонній практиці розрізняють технологічну і санітарну надійність, що тісно зв'язані між собою. У системах водопостачання великих закордонних міст до заходів щодо підвищення технологічної надійності відносяться такі заходи:

- використання не менше двох джерел;
- регулювання запасів води в джерелі водопостачання;
- збільшення кількості головних споруд;
- улаштування кільцевого водовода навколо міста, яке забезпечується водою, подачею води в нього з головних споруд;
- збільшення об'ємів запасно-регулюючих резервуарів в системі водопостачання;

- дублювання електропостачання;
- установка резервних теплових двигунів в якості приводів насосів чи генераторів електроенергії;
- автоматизація технологічних процесів;
- удосконалювання служби експлуатації з метою запобігання аварій і швидкої їхньої ліквідації.

До заходів щодо підвищення санітарної надійності систем водопостачання відносяться:

- улаштування прибережних (наливних) водоймищ при заборах води з рік і каналів, підданих випадковим, залповим забрудненням;
- застосування біотестів для безупинного контролю наявності токсичних забруднень у джерелі водопостачання;
- організація зон санітарної охорони джерел водопостачання;
- складання банку даних про потенційно небезпечні речовини, які зберігаються чи транспортуються на водозбірній площі і які в аварійних ситуаціях можуть забруднити джерело водопостачання;
- розробка моделей ймовірних забруднень джерела;
- розробка технології очищення води на очисній станції в умовах аварійного забруднення;
- улаштування автоматизованих постів контролю якості води в джерелі водопостачання вище водозабору;
- запобігання вторинного забруднення води в розподільній мережі;
- забезпечення населення питною водою в умовах катастроф і особливо великих аварій у системі водопостачання.

Дослідження показали, що «випадкові» забруднення в 69% випадків є результатом недбалості і можуть бути легко відвернені. У 20% випадків забруднення були наслідком непередбачених обставин, у 9% причини цього не встановлені, тільки в 2% випадків забруднення викликані аваріями під час перевезення шкідливих речовин автомобільним і водним транспортом. При цьому в 39% випадків забрудненнями були нафта і нафтопродукти, у 26,5% - продукти хімічної промисловості (кислоти, луги, феноли й ін.) у 34,5% випадків – різні речовини (шлам, папір, пластмаса і т.д.).

Для запобігання вторинного забруднення води на її шляху до абонентів домагаються глибокого очищення води з максимальним видаленням розчинених органічних сполук і, крім того, проводять поетапне хлорування в різних точках мережі (наприклад, у пригородах Парижа таких точок 15). Вторинне забруднення може бути пов'язано не тільки з конструкцією і довжиною водопровідних мереж, але і з їх аварійністю. Аварії на мережах також негативно позначаються на житті міста. Частота ушкоджень елементів мереж визначається за формулою:

$$Z_i = m_i / n_i \quad (1.1)$$

де m_i – число несправних i -тих елементів (стики, труби і т.п.);
 n_i – загальна кількість i -тих елементів.

По дослідженнях у залежності від виду ушкоджень частота коливається в межах від $0,0003 \cdot 10^{-3}$ (тріщини магістральних чавунних трубопроводів) до $0,06 \cdot 10^{-3}$ (розлад стиків на азбестоцементних трубах), а імовірність порушення роботи мережі через відмовлення i -го елемента коливається в межах від $0,006 \cdot 10^{-5}$ до $1,37 \cdot 10^{-5}$.

Час ліквідації аварії коливається в широких межах для різних міст у залежності від виду аварії й умов її усунення.

Для контролю за роботою мережі в ній періодично в намічених точках виконується вимір напорів. Періодичність визначається організацією системи контролю. В даний час із упровадженням систем АСУ контроль ведеться практично безупинно.

Якість води контролюється на очисних спорудах лабораторією з періодичністю від однієї години до 24 годин в залежності від виду аналізів. Крім того, центральною лабораторією підприємства в основних точках мережі на території міста щодоби виконується відбір проб води на аналіз.

Економічна ефективність роботи системи водопостачання оцінюється собівартістю подачі води споживачам.

Тема 1.3 Інженерні об'єкти забору води

Мета вивчення теми: оволодіти знаннями щодо основних завдань та методів удосконалення роботи водозаборів з підземних джерел.

1. Задачі і методи удосконалення водозаборів з підземних та поверхневих джерел.
2. Задачі вдосконалення водозаборів з поверхневих джерел.

Ключові терміни: водозабори, свердловини, регенерація, дезинфекція, колодязь.

Основними причинами погіршення роботи підземних водозаборів виникає у наступних випадках:

1. Дебіт свердловини знизився або його необхідно збільшити.
2. У воді, що відкачується, з'явилися частинки водоносної породи.
3. Погіршення якості води.
4. Необхідність зниження споживання енергії.

5. Вихід з ладу насосного обладнання. (основна причина погіршення роботи).

7. Замулювання піском.

Поліпшення роботи водозаборів з підземних джерел припускає рішення наступних задач:

- поповнення запасів підземних вод;
- удосконалювання методів захисту підземних вод від забруднення;
- створення надійних і високоефективних фільтрів;
- оцінка динаміки гідравлічних характеристик ґрунтових вод;
- удосконалення методів розрахунків водозборів із груп взаємодіючих свердловин і визначення оптимальної відстані між свердловинами;
- удосконалення техніки підйому води зі свердловин.

В складних умовах експлуатації насоси можуть втрачати за місяць до 2-3 % від початкової продуктивності внаслідок фізичного спрацювання. Таким чином з часом за 10-12 місяців експлуатації артезіанська скважина може зменшити свою продуктивність на 20-36%. Вже при втраті більше 25% продуктивності таку скважину експлуатувати економічно недоцільно, і слід зупиняти на ремонтні роботи для заміни насосного обладнання.

Замулювання піском може відбуватися при невірному виборі сітки або дроту фільтра; невірної установки фільтра; пошкодженнях на фільтрах; спрацювання самого фільтру, яке відбувається великими швидкостями руху води або руйнування робочої поверхні фільтру внаслідок хімічної або електрохімічної корозії.

Особливим видом погіршення роботи скважини є погіршення якості води. Причинами частіше мложуть бути: невірна конструкція ствола скважини, відхілення від проекту при бурінні і недотримання технічних умов, поганий стан зон санітарної охорони, спрацювання обсадних трубопроводів.

Роботу артезіанської сважини, яка виходить з ладу досліджують за допомогою гідрогеологічних методів за допомогою яких визначають причини погіршення роботи скважини та розробляють заходи щодо удосконалення роботи.

Обстеження споруд.

Обстеження підземних водозаборів здійснюється у декілька етапів:

- збирають та аналізують документацію по бурінню, відкачкам, монтажу водопідйомнику, експлуатації свердловини, аналізам води, здійсненим раніше ремонтам, обстеженням і т.д.;
- за паспортом свердловини звіряють місце розташування, назву організації, що бурила свердловину, спосіб буріння, абсолютну відмітку поверхні землі;
- аналізують геологічний розріз, зразки порід, конструкцію свердловини;
- отримані матеріали зіставляють з гідрогеологічними даними по району;
- поточніють відомості про фільтрову колону: довжину і діаметри надфільтрової

та робочої частини, відстійника, діаметр отворів і матеріал каркасу, сітки та дроту, назву та номер сітки або діаметр та крок дроту, крупність та товщину гравійної обсіпки, висоту, спосіб засипки, конструкцію сальника та пробки;

- поточнують статичний рівень (СР) води, дебіт, пониження, питомий дебіт при дослідному відкачуванні та в період її експлуатації.

- систематизують відомості по експлуатації свердловини: час експлуатації, перерви в роботі насосу, причини зупинок і т.д.

Потім здійснюють попереднє обстеження свердловини в натурі. Визначають марку насосу, його технічний стан, наявність та стан системи контролю та управління, арматуру, обв'язку свердловини. Оглядають устя свердловини, перевіряють цементацию міжтрубного простору, встановлюють, як часто промивають резервуари чистої води, беруть пробу осаду з нього на аналіз (можлива наявність піску).

Найбільш розповсюдженими методами діагностики та дослідження скважин являються:

- *Застосування телекамер для моніторинга скважин.* Для огляду і візуального контролю підводних споруд глибиною 100м і більше, обсадних труб і фільтрів скважин середніх і малих діаметрів застосовують телекамери малих габаритів. Для дослідження глибоких скважин, шахтних колодязів, водопровідних мережі застосовують спеціальну телевізійну установку.

- *Гелієва зйомка водоносних горизонтів.* За допомогою зйомки здійснюється постійний моніторинг водоносних горизонтів, які розташовані на різних глибинах. При наявності гідравлічного зв'язку між водоносними горизонтами спостерігаються різні концентрації гелію.

- *Витратомірний спосіб.* Для спостереження скважин застосовують прилад, яким вимірюють витрату води і визначають напрям осевого потоку. Витратоміри дозволяють визначати стан обсадних трубопроводів скважини, визначати глибину залягання та потужність водоносних горизонтів нових скважин, досліджувати роботу фільтрів.

➤ **Бурові свердловини.**

За отриманими при обстеженні даними виконують перевірочний розрахунок системи «свердловина – споживач». Знаючи матеріал труб, діаметри, фактичний опір труб, будують п'єзометричну лінію та порівнюють її з даними манометричної зйомки. Оцінюють правильність підбору насосів, необхідність регулювання їх роботи, взаємовпливу свердловин. Удосконалення водозабірних свердловин може бути досягнуто як шляхом відновлення дебіту діючих, так і будівництва нових свердловин. В процесі експлуатації водозабірних свердловин питомий дебіт їх може зменшуватись. Це відбувається внаслідок наступних можливих причин:

- заростання отворів у фільтрі та пор в оточуючому фільтр водоносному шарі солями заліза, кальцію або біологічною плівкою;

- механічного заклинювання цих отворів частинками, більш дрібними, ніж основна маса водоносної породи;
- зниження статичного рівня через збільшення загального відбору води з водоносного пласту заново побудованими свердловинами;
- надходження води з водоносного пласту, що експлуатується, в ті, що не експлуатуються через тріщини у заробці затрубного та міжтрубного простору або через свищі, що утворились в обсадних трубах в результаті їх корозії;
- зміни характеристик насосного обладнання.

Погіршення якості води у більшості випадків відбувається в результаті порушення режиму в зоні санітарної охорони; через надходження забруднених поверхневих вод, що проникають у водоносний пласт. Якщо в процесі експлуатації виявлено погіршення мікробіологічних показників якості води, свердловину дезінфікують та виявляють джерела забруднення води. Для усунення більш стійких забруднень очищують труби та насосне обладнання і обробляють надводну та підводну частини свердловини розчином хлорного вапна (концентрацією до 50 мг/л), який вводять по заливочним трубам.

Методи відновлення:

➤ *Імпульсні методи* засновані на створенні всередині фільтру та прифільтровій зоні миттєвого перепаду тиску, що призводить до ударних навантажень різної інтенсивності, що утворюють фільтраційні потоки поперемінного напрямку. Сумісна дія ударних та фільтраційних сил здійснює руйнівний ефект на кольматант, що цементує отвори фільтрів та прифільтровий простір. Регенерація свердловин за цими методами здійснюється вибухом торпед з детонуючого шнуру, електрогідравлічним ударом, пневмовибухом та іншими способами. Вибухові методи очищення фільтрів та свердловин застосовують при закладанні їх в міцних тріщинуватих породах, а також при заростанні фільтрів щільними, міцними осадами, в яких переважають карбонати та солі кремнієвих кислот. Під дією вибуху торпеди з детонуючого шнуру в зоні фільтру та в зоні водоприймальної частини безфільтрової свердловини утворюються великі тріщини, а в результаті обвалення породи збільшується діаметр водоприймальної частини свердловини. Рекомендується використання вибухового методу в свердловинах не більше 3 разів через небезпеку руйнування фільтру та виходу свердловини з ладу [2].

Електрогідравлічна обробка ґрунтується на руйнуванні та видаленні кольматуючих відкладень хвилями, що виникають при імпульсних та електричних розрядах. Для цього використовуються спеціалізовані установки, що забезпечують створення електрогідравлічного удару за довжиною фільтру з тиском до 5-6 МПа. Пневмоімпульсна дія здійснюється спеціальними

установками, що утворюють за допомогою стисненого повітря (при високому тиску повітря) в стволі свердловини хвилі підвищеного тиску інтенсивністю до 4 МПа та фільтраційні потоки з високими градієнтами. Імпульсні методи регенерації дозволяють відновити продуктивність свердловин до 40-60% від початкової при міжремонтному періоді в умовах подальшої експлуатації не менше 1 року.

Реагентні методи обробки свердловин ґрунтуються на використанні реагентів, що сприяють розчиненню кольматантів у фільтрі та прифільтровому просторі. Вони дозволяють домогтись практично початкової продуктивності свердловин. Ефективний і надійний реагент вибирають після аналізу складу осадів, які відкладаються на водопровідних трубах, занурених насосах і внутрішній поверхні обсадних труб. Найбільш розповсюдженим реагентом являється соляна кислота, в яку для надання їй антикорозійних якостей часто вводять інгібітори (ПБ-5, сіль миш'яку і т.п.).

Для обробки свердловин, які обладнані фільтрами, стійкими до HCl, соляна кислота може використовуватись без інгібіторів. Оптимальна концентрація соляної кислоти для розчинення залізистих осадів знаходиться в межах 20-25%. Для підвищення ефективності обробки свердловини в розчин концентрованої соляної кислоти рекомендується вводити добавки поліфосфатів $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ в кількості 1-1,5%. При обробці свердловини необхідно враховувати об'єм води, який знаходиться в її стволі, розбавлення в якому зменшує концентрацію початкового розчину.

Об'єм розчину соляної кислоти, який заливається в свердловину з концентрацією $C_{\text{поч}}$ для розбавлення до оптимальної концентрації $C_{\text{опт}}$ визначається за формулою:

$$W_p = \frac{C_{\text{опт}} \times W_v}{C_{\text{поч}} - C_{\text{опт}}}, \quad (1.2)$$

де W_v - об'єм води в стволі свердловини, м^3 .

Загальна кількість кислоти, яка заливається в свердловину, залежить від кількості заліза G , що його необхідно видалити із свердловини:

$$W_{\text{заг}} = 5,1G.$$

Вельми ефективним методом солянокислої обробки свердловини являється циклічне витискування кислоти за контур фільтру і прифільтрової зони з використанням стиснутого повітря.

Для регенерації свердловини даним методом необхідно наступне обладнання: компресор з подачею 3-6 $\text{м}^3/\text{хв}$, пересувна ємність для доставки розчину кислоти до свердловини, труби для заливки, оголовок для герметичного

закриття устя свердловини, з'єднувальні гофровані гумові шланги, манометр та інше. Схема установки для регенерації свердловин приведена на рис. 1.4

Після монтажу обладнання зібрану систему випробовують на герметичність під тиском не менше 0,1МПа, потім в свердловину заливають розчин самопливом або закачують його кислотостійким відцентровим насосом. В кожний цикл обробки входять операції:

- заливка необхідної кількості розчину кислоти;
- закачка повітря для витиску рівня води до розрахункової позначки з метою витиснення розчину кислоти в прифільтрову зону, для чого закривають вентиль на трубі 2 і відкривають на трубі 1;
- витримка під тиском на протязі 3-5 хвилин для розчину заліза;
- видалення продуктів реакції із свердловини і встановлення рівня води, для чого відкривають вентиль на скидній трубі і витримують на протязі 5-10 хвилин. Після цього цикл повторюється. Кількість циклів при обробці звичайно складає 8-10, а час обробки не більше 2 годин.

Після реагентної обробки труби для заливки розчину кислоти використовуються в якості водопідйомних при ерліфтній прокачці свердловини для видалення із стволу і прифільтрової зони шламу, розчинених кольматуючих з'єднань і залишків кислоти, які не прореагували.

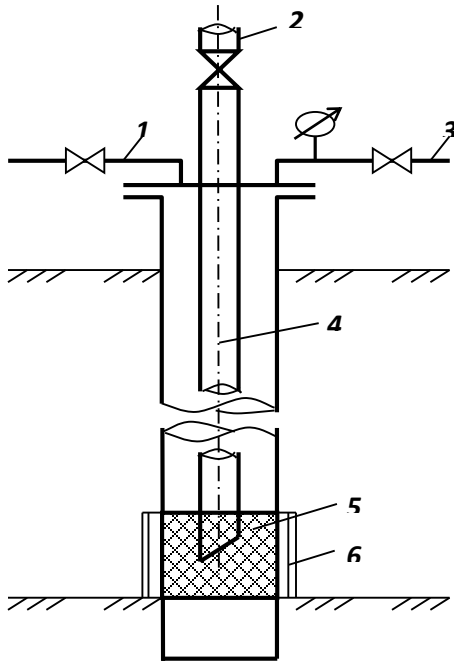
- В свердловинах господарсько-питного призначення в кінці відкачки відбирають проби на хімічні і бактеріологічні аналізи води. Підключення свердловин в водопровідну мережу після регенерації дозволяється тільки після висновку органів санітарного нагляду про відповідність якості води нормам. Ефективність регенерації свердловин оцінюють шляхом співставлення її питомих дебітів до і після обробки.

- *Дезінфекція водозабірних свердловин.* Виконується в тих випадках, коли після промивки якість води за бактеріологічними показниками не відповідає нормативним вимогам.

Дезінфекція проводиться в два етапи: спочатку надводної частини свердловини, потім - підводної. Для знезараження надводної частини у свердловині вище за верхній рівень водоносного обр'їю необхідно влаштувати пневматичну пробку, вище за якої свердловину заповнити розчином хлорного вапна або іншого хлорутримуючого реагенту з концентрацією активного хлору 50-100 мг/л залежно від ступеню передбачуваного забруднення. Через 3...6 годин контакту слід пробку видалити й за допомогою спеціального змішувача ввести хлорний розчин у підводну частину свердловини з таким розрахунком, щоб концентрація активного хлору після змішення з водою була не менш 50 мг/л.

Через 3-6 годин контакту провести відкачування до зникнення у воді помітного запаху хлору, після чого відібрати проби води для контрольного бактеріологічного аналізу.

Розрахунковий об'єм хлорного розчину приймається більше об'єму свердловини (по висоті й діаметру): при знезаражуванні надводної частини - в 1,2... 1,5 рази, підводної частини – в 2...3 рази.



- 1- шланг для подачі повітря від компресора;
- 2 - шланг для подачі розчину кислоти;
- 3 - скидна труба;
- 4 - заливна труба;
- 5 - фільтр;
- 6 - прифільтрова зона.

Рисунок 1.4 - Схема установки для регенерації свердловин

➤ *Комбінований імпульсно-реагентний (вібраційно-реагентний) метод* відновлення дебіту свердловин заснований на дії на кольматант реагенту у поєднанні з його гідродинамічною обробкою. Наведені вище методи обробки свердловин дозволяють домогтися високих показників відновлення їх продуктивності – до 70% відносно початкової та значного збільшення дебіту

У випадку сифонного водозабору (рис. 1.5) в першу чергу необхідно перевірити можливість роботи системи при збільшенні витрати. Розрахунок проводиться в такій послідовності:

а) Визначається або призначається (якщо колодязі однакові) витрата води з кожного колодязя, виходячи з загальної розрахункової витрати Q_p ;

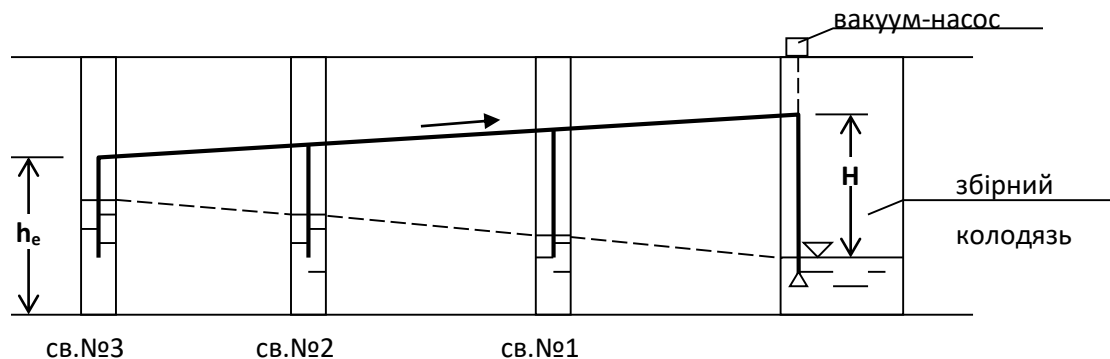


Рисунок 1.5 - Схема сифонного водозабору

б) Обчислюється зниження статичного рівня води в кожному колодязі з урахуванням їх взаємного впливу:

$$h_i = h_e - \sqrt{h_e^2 - \frac{1}{\pi K_\phi} \sum_{i=1}^n Q_i N_{ij}} \quad \left(\begin{array}{l} i=1,2,3,\dots,n \\ j=1,2,3,\dots,n \end{array} \right), \quad (1.3)$$

де h_e - глибина рівня води в свердловині від водонепроникненого шару до статичного рівня, м;

$N_{i,j}$ - гідравлічний опір, який обчислюється для кожного i -го розглядаемого колодязя за формулами:

- для колодязів, які забирають воду в ізолюваних необмежених шарах,

$$N_{i,j} = \ln 1,65 R / r, \quad (1.4)$$

- для колодязів, які розміщено в долинах річок,

$$N_{i,j} = \ln 3,3 x_0 / r, \quad (1.5)$$

де x_0 - відстань від вісі свердловини до урізу води в річці, м;

r - радіус свердловини, м;

R - радіус впливу.

Для кожного з інших j -их колодязів гідравлічний опір визначається за формулами:

- при заборі води з ізолюваних необмежених шарів

$$N_{i,j} = \ln R / l_{i,j}, \quad (1.6)$$

- з колодязів в долинах річок

$$N_{i,j} = \ln \rho_{i,j} / r_{i,j}, \quad (1.7)$$

де $l_{i,j}$ - відстань між колодязями, м;

$r_{i,j}$ і $\rho_{i,j}$ - величини, які обчислюються за формулами:

$$r_{i,j} = \sqrt{(x_{oi} - x_{i,j})^2 + y_{i,j}^2}, \quad (1.8)$$

$$\rho_{i,j} = \sqrt{(x_{oi} + x_{i,j})^2 + y_{i,j}^2}, \quad (1.9)$$

де $x_{i,j}$ і $y_{i,j}$ - координати j -ої свердловини відносно розглядаємої i -ої свердловини

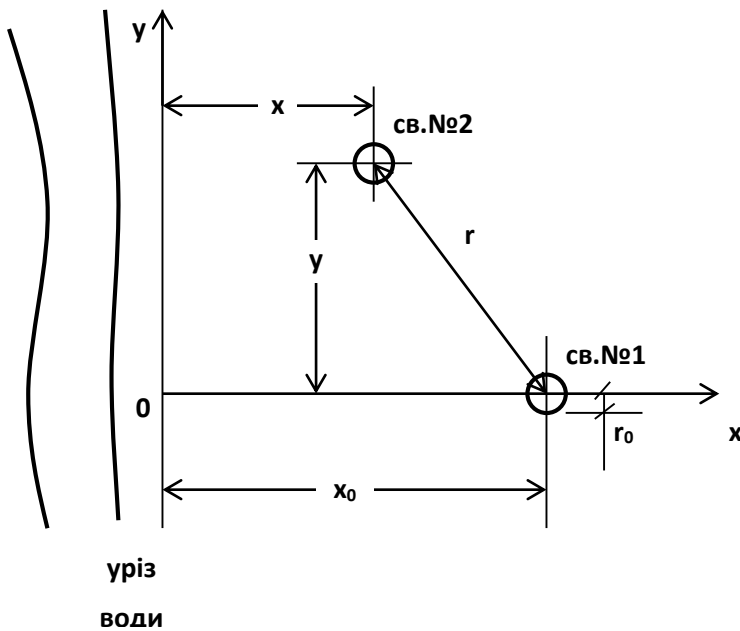
в) Визначається глибина води в збірному колодязі від рівня води в ньому до статичного горизонту за формулою:

$$H = H_{\phi} - H_{\Gamma} - (S_{\phi} + S_{\kappa} + S_{\epsilon}) \left(\sum_1^n Q_i \right)^2, \quad (1.10)$$

де H_{Γ} - геометрична висота підйому води від статичного рівня води в водоносному шарі до рівня води в баці башти (резервуару), куди подає її насосна станція із збірної камери;

H_{ϕ} і S_{ϕ} - параметри аналітичної характеристики Q-H насоса чи групи насосів;

S_{κ} і S_{ϵ} - опір комунікацій насосної станції і напірного водоводів відповідно.



св.№1 - і-та свердловина, яка розглядається;

св.№2 - свердловина, яка взаємодіє з св.№1.

Рисунок 1.6 - Схема геометричних зв'язків свердловин

г) Обчислюються умовні опори всіх загальних ділянок водоводів для кожного і-го з n колодязів, виходячи з системи рівнянь:

$$S_{\epsilon 1} = \left(\sum_1^n Q_i \right)^2 S_I / Q_1^2, \quad (1.11)$$

$$S_{\epsilon 2} = \left(\left(\sum_1^n Q_i \right)^2 S_I + \left(\sum_1^n Q_i - Q_1 \right)^2 S_{II} \right) / Q_2^2, \quad (1.12)$$

$$S_{\epsilon n} = \left(\left(\sum_1^n Q_i \right)^2 S_I + \left(\sum_1^n Q_i - Q_1 \right)^2 S_{II} + \dots + Q_n^2 S_n \right) / Q_n^2, \quad (1.13)$$

де Q_1, Q_2, \dots, Q_n - витрати води з кожної свердловини, які необхідно визначити, л/с;

$\sum_1^n Q_i$ - загальна (сумарна) витрата води з усіх свердловин;

S_I, S_{II}, \dots, S_n - повний опір відповідних загальних ділянок.

д) Уточнюються витрата води з кожного колодязя за формулою

$$Q_i = \sqrt{\frac{H-h_i}{S_{ei}+S_{ki}}}, \quad (1.14)$$

де S_{ki} - опір комунікацій в кожному колодязі;

h_i - глибина води в і-й свердловині від статичного рівня.

е) Перевірити для всіх колодязів виконання умови

$$|Q_{i(k)} - Q_{i(k+1)}| - \Delta Q \leq 0.$$

Якщо для якогось колодязя ця умова не виконується, то розрахунки продовжуються, починаючи з п.б. і приймаючи за розрахункові витрати $Q_{i(k+1)}$, які були отримані в попередньому циклі наближень.

➤ **Променеві водозабори.** Практика експлуатації промєневих водозаборів показала їх високу експлуатаційну надійність та простоту обслуговування. Багато з цих водозаборів добре працюють на протязі тривалого періоду часу, та їх дебіт за цей час не зменшився. Разом з тим нерідко мають місце випадки зменшення дебіту промєневих водозаборів в процесі їх експлуатації у порівнянні з початковим. Основними причинами зменшення дебіту промєневих водозаборів являються:

- замулення або кольматація русла ріки у місці розташування промєнів;
- занос фільтрових труб піском;
- заростання промєнів солями кальцію, заліза, марганцю та іншими хімічними з'єднаннями.

Заростання або кольматація русла ріки є головною причиною зменшення дебіту інфільтраційних промєневих водозаборів. Так, досвід експлуатації підруслового водозабору промєневого типу системи водопостачання м. Варшави, спорудженого під руслом ріки Вісла, показав, що за 10 років продуктивність водозабору знизилась з 150 тис. м³/добу до 100 тис. м³/добу в основному за рахунок кольматації русловими відкладеннями. Інші промєневі водозабори, побудовані в Німеччині, також показали значне зниження дебіту в процесі експлуатації.

Заходи по боротьбі з кольматацією дна ріки досить складні та трудомісткі.

Для цієї мети застосовують очистку русла з використанням земснарядів, спеціальні водоструминні пристрої та розпушувачі дна. Крім цього, прибігають до зміни гідрогеологічного режиму ріки або зменшенню інтенсивності забору води інфільтраційними променями. Якщо перераховані методи не дають помітного результату застосовують штучне поповнення ґрунтових вод.

Занос піском фільтрових труб в меншому ступені впливає на продуктивність променевих водозаборів. Однак, потрапляючи з фільтрових труб в колодязь, пісок може негативно впливати на роботу встановленого в ньому насосного обладнання. Крім того, він заважає щільному закриттю засувки, забиває водовідвідні труби, зменшуючи тим самим їх пропускну здатність, а також заклинює частину щілин. При цьому зростає опір променів, що призводить до пониження рівня води в колодязі.

Існує декілька причин заносу піску в фільтрові труби:

- при здійсненні робіт по прокладанню променів не встигають здійснити видалення піску з оточуючого фільтрову трубу ґрунту;
- при дуже інтенсивному відкачуванні води з колодязя відбувається суфозія ґрунту та мілкі частинки піску потрапляють у фільтрову трубу;
- прийнятий метод горизонтальної проходки по влаштуванню променів не прийнятний для даного ґрунту.

Очистку фільтрових труб від піску виконують порівняно успішно введенням в них промивної труби з наконечником. При цьому сильним струменем води пісок розмивається та виноситься в колодязь.

Заростання фільтрових труб солями різних хімічних з'єднань відбувається в результаті відкладання на стінках та в щілинах фільтрових труб солей кальцію, заліза, марганцю та ін. Як правило, заростання посилюється, якщо течія ґрунтових вод носить турбулентний характер, а також при наявності вільного кисню. Коли вода проходить через отвори фільтру з великою швидкістю, то внаслідок значного перепаду тиску ззовні та всередині фільтру з води виділяється деяка частина розчиненого в ній вуглекислого газу, що тягне за собою перетворення бікарбонатів в менш розчинені карбонати. В результаті відбувається їх осідання не тільки на поверхні та в щілинах фільтрової труби, але і в порах ґрунту, що оточує фільтр.

➤ **Шахтні колодязі.** Шахтні колодязі у порівнянні з водозабірними свердловинами мають більші розміри поперечного перетину та застосовуються для забору підземних вод, що залягають на порівняно невеликій глибині до 30м. Зниження дебіту шахтних колодязів в процесі їх експлуатації може відбуватись в результаті механічної та хімічної кольматації водоприймальної частини. Для відновлення продуктивності шахтних колодязів застосовують реагентні та комбіновані методи регенерації, що були описані раніше.

Основними причинами погіршення експлуатації водозаборів з поверхневих джерел виникає у наступних випадках:

- занос оголовку наносами, шугозатори;
- забруднення сміттєзатримуючих ґрат, сіток, пористих касет;
- відкладання донних наносів на напірних лініях;
- незадовільна робота насосів, що викликана невірним їх підбором (наприклад, без врахування добової нерівномірності), кавітацією і т.п.;

Можливо виділити два напрямки інтенсифікації роботи водозабірних споруд:

- поліпшення умов роботи і зменшення ступеню негативного впливу природніх та інших факторів;
- заміна елементів водозабірних споруд.

Аналіз роботи реальних водозаборів з поверхневих джерел дозволяє сформулювати наступні основні проблеми, що підлягають рішенню для поліпшення її роботи:

- збільшення пропускної здатності водоприймачів при зниженні їх забруднювання;
- удосконалювання методів рибозахисту в напрямку їхньої надійності і ув'язування з технологією забору води;
- забезпечення стійкої роботи водозаборів протягом року;
- спрощення експлуатації ґрат і сіток;
- удосконалення методів видалення осаду з прийомного відділення і відділення всмоктувальних труб берегового колодязя;
- удосконалення конструктивних рішень берегових колодязів;
- удосконалення затоплених водоприймачів руслових водозаборів;
- підвищення ефективності промивань самопливних і сифонних ліній;
- розробка ефективних методів кріплення самопливних і сифонних ліній для виключення їх спливання в аварійних умовах;
- удосконалення технології монтажно-такелажних робіт у водозаборах сумісного типу;
- удосконалення технічного забезпечення зон суворого режиму.

Для з'ясування причин зниження продуктивності водозабірних споруд проводять їх обстеження та аналіз. Для цього спочатку докладно вивчають технічну документацію, що є в наявності, виконавчу проектну зйомку, журнали експлуатації, наявність інструкцій по експлуатації та регламенту споруд. Аналізують частоту промивань ґрат, сіток, напірних ліній; якість промивань; частоту та повноту видалення осаду з приймального відділення; зміну глибин у оголовку; якість води; коливання рівнів води в річці та колодязі; аварії та їх причини; сумісні характеристики насосів та водоводів; режим роботи НС-1 за сезонами. Крім цього, вивчають гідрологічний режим джерела водопостачання, рух наносів та шуги в створі водозабору.

Після цього проводять обстеження водозабору, що включає:

- огляд (при необхідності водолазом) водоприймальних отворів оголовку, виміру навколо нього глибини;
- апробація роботи встановленого в колодязі обладнання: сіток, промивання сіток та подаючих ліній, ежектору або насосу для видалення осаду (можливість змучування осаду), а також контрольно-вимірювальних приладів (КВП);
- замір рівнів води в річці, приймальному та всмоктуючому відділенні при одночасному замірі подачі насосів.

Після цього будують сумісну характеристику насосів та водоводів, виконують перевірочний розрахунок та порівнюють розрахункові та фактичні опори подаючих ліній та водоводів. Потім визначають нерозриваючі швидкості для оголовків та незамулюючі для подаючих ліній з урахуванням дисперсійного складу наносів. При необхідності здійснюють промивання та знову повторюють заміри. Після цього намічають заходи по підвищенню продуктивності водозабірних споруд.

Також може розглядатися варіант будівництва додаткових водоприймальників та сифонних ліній. Що дозволить збільшити надійність роботи водозабірної споруди та попередити повну зупинку водозабору.

У випадку коли неможлива подальша експлуатація руслових водозаборів із-за суттєвих змін істотних умов влаштовують ковшові водозабори. В ситуаціях, коли забір води у берегів береговим водозабором становиться неможливим із-за інтенсивного відкладення наносів, зниження рівня води в річці та виникнення інших проблем експлуатації, можливо облаштування руслового затопленого водоприймача.

При аналізі роботи водозаборів в екстремальних умовах перевіряється:

- допустимість зміни витрати, яка подається;
- допустимість зниження рівня води в береговому колодязі;
- максимально можлива подача насосної станції I підйому при аварії;
- виключення спливання самопливних ліній.

При перевірках рівнів води в відділеннях водозаборів розрахунки ведуться на розрахункову витрату

$$q_p = \alpha q_v, \quad (1.15)$$

де α - допустимий коефіцієнт зниження витрати при аварії (для господарсько-питних систем водопостачання, а для промислових підприємств - на основі вимог технологів).

Позначки рівнів води в береговому колодязі визначаються за формулою

$$z_i = z_{вих} - h_i, \quad (1.16)$$

де $z_{вих}$ - вихідна позначка рівня води;

h_i - втрати напору на шляху від вихідного до i -го рівня.

Зниження величини витрати, яка подається, перевіряється в залежності від кількості ґрат чи сіток, які відключаються чи вийшли з ладу. Відключення

частини ґрат або сіток приводить до перевантаження тих, які знаходяться в роботі. При цьому швидкість в них зростає. Цю швидкість можна визначити за формулою:

$$v = 1,25 Q_p K / \Omega_{бр}, \quad (1.17)$$

де Q_p - розрахункова витрата води,

K - коефіцієнт, який враховує стиснення отворів стержнями ґрат або сіток:

- для ґрат

$$K = (a + d) / a \quad (1.18)$$

- для сіток

$$K = ((a + d) / a)^2 \quad (1.19)$$

Якщо швидкість зростає надмірно, треба знижувати витрати до величини $Q_{ав}$

$$Q_{ав} = \Omega_{бр} v_{дон} / (1,25 K), \quad (1.20)$$

де $v_{дон}$ - допустима швидкість в аварійних умовах.

Максимально можлива подача насосної станції I підйому в аварійних умовах визначається шляхом аналізу положення робочих точок насосів при різних аварійних ситуаціях на насосних агрегатах і комунікаціях.

Перевірка неспливання самопливних ліній виконується за умовою:

$$\rho_v W_{сл} < \rho_{тр} W_{тр} + \rho_{гр} W_{гр} + \rho_v W_v + \rho_{нов} W_{нов}, \quad (1.21)$$

де $\rho_{тр}$, $\rho_{гр}$, ρ_v , $\rho_{нов}$ - щільність труби, ґрунту, води, повітря відповідно;

$W_{тр}$, W_v , $W_{нов}$ - об'єм металу, води, повітря в самопливній лінії;

$W_{сл}$ - об'єм самопливної лінії;

$W_{гр}$ - об'єм ґрунту, який прикриває самопливну лінію.

Збільшення різниці рівнів води в джерелі водопостачання та колодязі у порівнянні з початковими значеннями, а також винос осаду в колодязь свідчить про засмічення оголовку та подаючих ліній. Якщо у водоприймальних отворах оголовку встановлені решітки, їх очистку здійснюють граблями з човну або з льоду (в зимовий період). У випадках, якщо в оголовку встановлені пористі касети, їх промивають таким же чином, як і подаючі лінії – зворотнім током води від насосів насосної станції першого підняття.

При заносі оголовку наносами здійснюють його промивання водоповітряною сумішшю, гарячою водою. При необхідності влаштовують щити, що регулюють річковий потік та рух наносів.

При вмерзанні оголовку у лід влаштовують кругову запань з дерев'яних коробів, яку зверху перекривають матами, соломною, снігом. Така ж запань може слугувати і для захисту від шуги. Сифоні лінії та оголовки промивають зворотнім током води. Однак, якщо ефективність зворотного промивання недостатня, застосовують імпульсне промивання. [3].

Біообростання пористих касет, встановлених у оголовку, видаляються попереднім хлоруванням води з введенням хлору перед водоприймальними вікнами (концентрація залишкового хлору 0,3 мг/л). При збільшенні перепаду рівнів води між приймальним та всмоктуючим відділеннями колодязя

здійснюють промивання сіток. Плaskі сітки промивають струменем води з бранзбойту, для чого їх піднімають в наземну частину колодязя, а на їх місце встановлюють резервні. Сітки, що обертаються, промивають водою під тиском 0.2 – 0.3 МПа при їх обертанні в напрямку, зворотньому проціджуванню. Особливу небезпеку при експлуатації водозабірних нрат викликає наявність у річці шуги, для боротьби з якою застосовують спеціальні міри: електрообігрів решіток, підвід теплої води або стисненого повітря, а також улаштування ковшових водозаборів.

Контрольні питання:

1. Причини зміни продуктивності свердловин? Методи усунення цих причин.
2. Причини погіршення якості води, що забирається підземним водозабором. Методи покращення якості води.
3. Як за результатами обстежень визначити причину зміни продуктивності водозабору?
4. Коротка характеристика методів відновлення продуктивності свердловин.
5. Перерахуйте роботи, що виконуються при обстеженні водозабору.
6. Як визначити необхідність промивання подаючих ліній та оголовку?

Тема 1.4 Моніторинг і аналіз роботи системи подачі води.

Мета вивчення теми: домогтися обізнаності здобувачів вищої освіти щодо питань моніторингу та аналізу роботи насосних станцій як одного з елементів системи водопостачання; задач удосконалення та особливостей оптимізації їх роботи.

1. Задачі удосконалення насосних станцій.
2. Особливості оптимізації роботи водопровідних насосних станцій.
3. Аналіз роботи насосних станцій як елемента системи водопостачання.

Ключові терміни: насоси, потужність, дроселювання, діаметр.

Насосні станції (НС) систем водопостачання та водовідведення являють собою комплекс споруд і встаткування, що забезпечують перекачування води. По своєму призначенню в загальній схемі водопостачання НС поділяються на:

- Насосні станції I підйому;
- Насосні станції II підйому;
- Насосні станції підвищувальні;

- Насосні станції циркуляційні (входять до схем зворотного технічного водопостачання промислових підприємств).

До складу НС входить обладнання, що поділяється на групи:

1. Основне енергетичне обладнання. Включає насоси та приводні двигуни. Комплекс, що складається з насоса та приводного двигуна, називається гідроагрегатом, або агрегатом насосної станції.

2. Трубопровідне обладнання. Вмикає трубопровідну арматуру - затвори, засувки, клапани, спеціальні фасонні частини, шандори водоприймальних вузлів, тощо.

3. Механічне обладнання. Вмикає підйомно-транспортні механізми, механізми для затримання сміття.

4. Допоміжне обладнання. Відносять систему технічного водопостачання, дренажні системи, вакуумні системи, обладнання для змашування.

5. Контрольно - вимірювальні прилади, системи автоматизації й управління: шафи, пульти управління, реле, контролери, прилади для вимірювання тиску, витрат, температури, потужності, сили струму тощо.

6. Електротехнічні пристрої. Включають силові трансформатори, розподільчі пристрої, виводи високої та низької напруги, струмопроводи, заземлюючі контури, електропривідну арматуру.

7. Протипожежні та санітарно - технічні пристрої: системи пожежогасіння, опалення, вентиляції, гарячого водопостачання, питного водопостачання та ін.

Необхідність удосконалення насосних станцій виникає при:

- механічному і моральному спрацюванні обладнання насосних станцій,
- зниженні подачі насосної станції,
- необхідності збільшення подачі насосної станції.

По мірі спрацювання обладнання воно замінюється на таке ж, однотипне або на подібне. При цьому може виникати необхідність в заміні обладнання, яке забезпечує роботу основних агрегатів (наприклад, електрообладнання, вимірювальне обладнання і т.д.). Така заміна може вимагати деяких будівельних, а інколи і технологічних змін в насосній станції.

Другою задачею являється встановлення причин зниження подачі води в мережу і вибір шляхів їх ліквідації. Як показує досвід натурних досліджень міських водопроводів, головними причинами зниження подачі води в мережу являються:

- штучне зменшення подачі насосів для виключення перегріву електродвигунів внаслідок зміни енергетичних характеристик насосів в бік збільшення необхідної для роботи потужності і наявності у електродвигунів обмеженої потужності;

- збільшення гідравлічного опору водопровідної системи в результаті утворення на трубах корозійних відкладень;
- зміна напірної характеристики насосів за рахунок спрацювання робочого колеса насосу;
- зниження напору за рахунок прикриття засувки на напірному трубопроводі.

Перша причина усувається заміною електродвигуна на більш потужний.

Усунення другої причини зниження подачі пов'язано з удосконаленням роботи не насосної станції, а водопровідної мережі.

Третя причина усувається заміною робочого колеса або насоса в цілому.

Основним етапом обстеження насосних станцій є паспортизація насосів, при якій установлюють:

- а) марки насосів;
- б) діаметр коліс;
- в) число обертів;
- г) марки електродвигунів і їх параметри;
- д) фактичні характеристики насосів:
 - подача - напір - $H(q)$;
 - подача - потужність - $N(q)$;
 - подача – припустимий вакуум – $N_{\text{вак}}(q)$;
 - подача - ККД - $\eta(q)$ (розраховується).

Подача насоса Q , м³/год. або л/с, виражається відношенням об'єму рідини, що подається, до часу роботи (кількість рідини, яку здатний перекачати насос в одиницю часу).

Тиск насоса H , вимірюваний у метрах стовпця перекачуваної рідини, визначається залежністю:

$$H = \frac{p}{\rho \cdot g}, \quad (1.22)$$

де p - тиск насоса, кгс/см²;

ρ - щільність рідини, кг/м³;

g - прискорення вільного падіння, м/с².

Тиск насоса прямо пропорційний тиску, що розвивається ним, і обернено пропорційний щільності рідини. Звідси витікає, що один і той ж насос розвиває різний натиск при перекачуванні різних рідин.

Потужність насоса N , кВт.

Коефіцієнт корисної дії (ККД), η - це відношення корисної потужності до потужності насоса й виражається в частках одиниці.

Швидкохідність насоса. Виражається числом обертів валу за хвилину.

Фактична характеристика насосів може помітно відрізнятися від заводської. Тому відповідно до Правил технічної експлуатації фактичні

характеристики насосів повинні визначатися не рідше 1 рази в 2 роки. Перед зняттям характеристик вимірюють діаметри трубопроводів, перевіряють вертикальність положення приладів для виміру тиску. Всі прилади повинні бути попередньо повірені.

Перелік необхідних приладів:

1. Вакуумметри.
2. Манометри.
3. Витратоміри (бажано на кожному насосі).
4. Ватметри або амперметри й вольтметри.

При вимірах варто застосовувати прилади тиску із класом точності не більше 2,5. В процесі випробування шкала приладу повинна використовуватися не менш чим на 2/3. При випробуваннях подачу насосів (відцентрових) змінюють від 0 до $Q_{\text{макс}}$ з інтервалом не більше 12% номінальної подачі за допомогою засувки на напірному трубопроводі й записують відповідні напори й потужності. Робочих точок повинно бути не менше 10. Показання приладів записують тільки при сталому режимі. Тривалість виміру - не більше 15 с, послідовність при всіх режимах роботи - та сама.

Налагодити роботу НА із заданою подачею можна зміною діаметру трубопроводу, рециркуляцією рідини, дроселюванням, зменшенням діаметру робочого колеса або зміною числа обертів робочого колеса. У кожному конкретному випадку можливо застосування одного з перерахованих способів або їхньої комбінації.

Зміна діаметру трубопроводу. При проектуванні насосних установок шляхом розрахунку декількох варіантів підбирають такі діаметри трубопроводів, при яких за рахунок зміни опору мережі досягається необхідна подача насоса, тобто змінюють положення робочої точки насоса по кривій характеристики в потрібному напрямі. При цьому користуються правилом, що в розрахунковому режимі ККД насоса складатиме не менше 0,9 його максимального значення для вибраного насоса.

Цей спосіб можна застосувати також у процесі експлуатації насоса при необхідності зміни його параметрів. Так, для збільшення подачі насоса в окремих випадках буває досить збільшити діаметр трубопроводу на магістральній ділянці, де швидкість рідини, а отже, втрати натиску, максимальні. Рішення про це слід приймати на підставі розрахунку. При гідравлічному розрахунку системи трубопроводів слід мати на увазі, що витрата електроенергії на перекачування рідини, а отже, і вартість перекачування, зростатимуть зі збільшенням швидкості її транспортування, тобто зі зменшенням діаметру.

У той же час для зменшення швидкості руху рідини необхідно збільшити діаметр трубопроводу, що веде до збільшення капітальних витрат на будівництво, хоч і знижує експлуатаційні витрати. Таким чином, доводиться вибирати оптимальний варіант, при якому капітальні і експлуатаційні витрати

відповідали б прийнятним нормам. Для цього проводиться техніко-економічний аналіз варіантів насосних установок.

Рециркуляція. Рециркуляцією зменшують подачу насоса за рахунок повернення частини перекачуваної рідини з напірного трубопроводу у всмоктувальний. Для цієї мети в насосній установці передбачають рециркуляційний трубопровід із регулюючим органом. Рециркуляція зменшує ККД насосної установки, що приводить до додаткового використання електроенергії в процесі подальшої експлуатації.

Дроселювання. Представляє собою гасіння тиску за рахунок проходження рідини (газу) через зменшений перетин. Зміна характеристики мережі при дроселюванні відображено на рисунку. Дроселюючим пристроєм може служити засувка (кран, вентиль). Для дроселювання використовують засувку тільки на напірному трубопроводі насоса, але не на всмоктувальному. Дроселювання всмоктувальною засувкою збільшить опір лінії всмоктування і може вивести насос на режим кавітації.

Регулювання подачі засувкою зручно тим, що з її допомогою можна швидко змінити режим роботи насоса залежно від обставин, тобто якщо насос працює в змінному режимі. У той же час, якщо потрібна якась певна подача, то після зупинки насос необхідно знову відрегулювати, виводячи його на заданий режим роботи. У цьому випадку слід застосовувати дросельну шайбу, яка забезпечить постійний перепад тиску (при постійній витраті).

При дроселюванні перекачуваної рідини знижується ККД насоса, бо частина потужності двигуна витрачається марно. Потужність, витрачена на дроселювання, тим більша, чим більше різниця тиску до й після пристрою, що дроселює.

Втрати електроенергії при дроселюванні складають від 5 до 13%.

Зниження напору за рахунок прикриття засувки на напірному трубопроводі усувається обточкою робочого колеса або зменшенням частоти обертання робочого колеса за рахунок заміни електродвигуна на електродвигун з меншим числом обертів або використання привода з частотою обертів, яку можна регулювати.

Величина обточки визначається за формулами

$$D_0 = D \sqrt{\frac{H_0}{H}} \quad \text{і} \quad D_0 = D \sqrt{\frac{Q_0}{Q}} \quad (1.23)$$

де D_0 і D - діаметр колеса, яке обточене, і ні відповідно;

H і H_0 - напори відповідно до і після обточки;

Q і Q_0 - подача до і після обточки відповідно.

Якщо коефіцієнт швидкохідності $n_s < 150$, тоді

$$D_0 = D \sqrt{\frac{H_0}{H}} \quad \text{і} \quad D_0 = D \frac{Q_0}{Q} \quad (1.24)$$

З двох D_0 обирається більший діаметр. При цьому перевіряється відсоток обточки колеса, який в залежності від коефіцієнта швидкохідності повинен бути в межах:

- | | |
|---------------------|---------------|
| - $60 < n_s < 120$ | - 15 - 20 % , |
| - $120 < n_s < 200$ | - 11 - 15 % , |
| - $200 < n_s < 300$ | - 7 - 11 % . |

Якщо напір регулюється зміною числа обертів робочого колеса, необхідне число обертів визначається за формулою:

$$n_l = n \sqrt{\frac{H_1}{H}} \quad \text{і} \quad n_l = n \frac{Q_1}{Q}, \quad (1.25)$$

де n і n_l - число обертів колеса в вихідному і необхідному стані відповідно, H і H_1 - напір насоса при числі обертів n і n_l і відповідно, Q і Q_1 - подача насоса при числі обертів n і n_l відповідно.

З двох визначених чисел обертів приймається більше.

Оптимізація роботи насосних станції зводиться до відновлення оптимальних умов насосів та електрообладнання, які змінюються в процесі експлуатації. Ця робота для насосних станцій I підйому пов'язана з своєчасною заміною окремих частин насосних агрегатів.

Складніше розв'язуються питання для насосних станцій II і наступних підйомів. Режим роботи таких насосних станцій тісно пов'язується з режимом роботи водопровідних мереж. Звичайно на стадії проектування розрахунок ведеться на прогностичний режим водоспоживання, який потім повинен корегуватися. Тому в процесі експлуатації може виникнути необхідність установки додаткових насосів меншої продуктивності, які працюють в нічний час або в години різкого зниження водорозбору. Ступеневе регулювання подачі води знижує непродуктивні витрати електроенергії, але все ж вони можуть залишатися достатньо великими з огляду на значні коливання на протязі доби втрат напору в мережах і коливань рівнів води в резервуарах. Більш ефективним являється використання регулювання частоти обертання колеса.

Особливістю насосного агрегату як елемента системи водопостачання являється те, що його технологічні параметри Q і H автоматично встановлюються поточними параметрами водопровідної мережі. Тому гідравлічні і техніко-економічні розрахунки насосних станцій необхідно виконувати з врахуванням сумісної роботи всього гідравлічного комплексу. Особливістю розрахунку сумісної роботи споруд систем, являється те, що обладнання, що встановлене в них, відоме.

Розглянемо характеристику сумісної роботи насосної станції і мережі (рис.1.7).

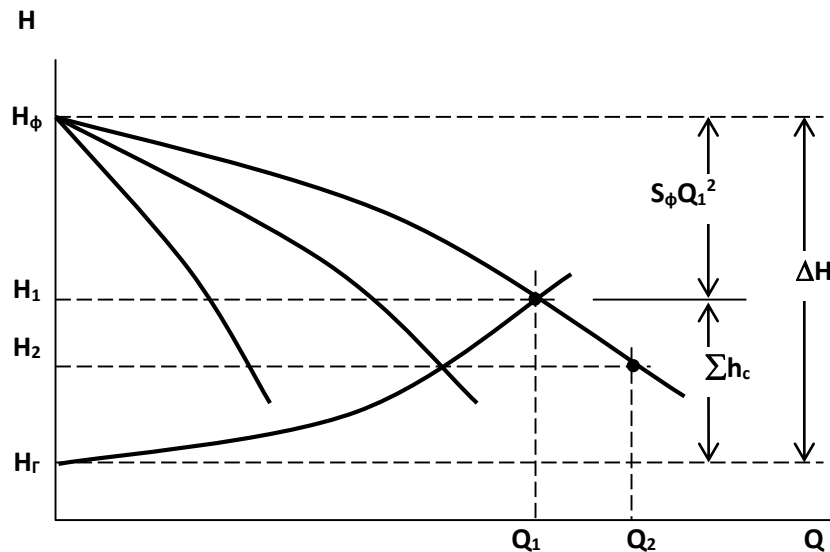


Рисунок 1.7 - Характеристики сумісної роботи насосів і водоводів

Напір в робочій точці визначається двома залежностями

$$H_1 = H_\phi - S_\phi Q_1^2,$$

$$H_1 = H_\Gamma + \Sigma h_c = H_\Gamma + \Sigma S_i Q_1^2.$$

Збільшити подачу насосної станції можна або за рахунок збільшення пропускної можливості мережі, або за рахунок збільшення напору і подачі насосів, або за рахунок комбінації цих способів.

Максимальні межі зміни напору насосної станції дорівнюють

$$\Delta H = H_\phi - H_\Gamma.$$

Для встановлених насосів ці зміни залишаються постійними, тобто, $\Delta H = const$. До модернізації залежність ΔH можна представити у вигляді

$$\Delta H = S_\phi Q_1^2 + \Sigma S_i Q_1^2, \quad (1.26)$$

де $S_\phi Q_1^2$ - спад напору насосів при витраті Q_1 ,

$\Sigma S_i Q_1^2$ - сумарні втрати напору в мережі.

Після удосконалення мережі для ΔH справедлива рівність

$$\Delta H = S_\phi \varphi^2 Q_1^2 + \Sigma S_i Q_1^2, \quad (1.27)$$

де φ - коефіцієнт збільшення витрати

$$\varphi = Q_2 / Q_1, \quad (1.28)$$

Q_2 - витрата після реконструкції,

$\Sigma S_i Q_1^2$ - сумарні втрати напору в мережі після реконструкції.

Сумарні втрати напору в мережі до модернізації можна представити у вигляді

$$h_1 = \sum S_i Q_i^2 = S_{екв} Q_1^2, \quad (1.29)$$

а після модернізації

$$h_2 = \sum S_i Q_{i1}^2 = S_{екв1} \varphi^2 Q_1^2.$$

Тоді, якщо умови роботи насосної станції зберігаються і після модернізації, будуть справедливими рівності

$$S_\phi Q_1^2 + S_{екв} Q_1^2 = \varphi^2 S_\phi Q_1^2 + \varphi^2 S_{екв1} Q_1^2$$

і

$$S_\phi + S_{екв} = \varphi^2 S_\phi + \varphi^2 S_{екв1}.$$

Звідси

$$S_{екв1} = (S_{екв} - (\varphi^2 - 1) S_\phi) / \varphi^2, \quad (1.30)$$

де $S_{екв}$ і $S_{екв1}$ - еквівалентні опори мережі до і після модернізації (еквівалентний опір - це опір мережі, який повинен бути, щоб при подачі розрахункової витрати втрати напору в ній були б такими ж, як і при реальних опорах окремих ділянок).

Еквівалентний опір мережі можна визначити за формулою

$$S_{екв} = (P_1 - P_k) / Q_1^2, \quad (1.31)$$

де P_1 і P_k - п'єзометричні позначки в точці підключення водоводів до мережі і в кінцевій точці сходу потоків.

На основі визначеної величини $S_{екв1}$ виконується аналіз доцільності зниження загального опору мережі за рахунок прокладки додаткових ліній і уточнюється положення робочої точки насоса.

Другий спосіб передбачає *установку паралельних насосів додатково до тих, які уже мають у машинній залі*. Характеристика сумісної роботи насосів в цьому випадку буде описуватися залежністю

$$H = H_\phi - \frac{1}{n^2} S_\phi Q^2 \quad (1.32)$$

Напір насосів при витраті $Q_2 = \varphi Q_1$ буде рівним

$$H = H_\phi - \frac{\varphi^2}{n^2} S_\phi Q_1^2.$$

Для забезпечення такого напору необхідно мати n насосів

$$n = \varphi Q_1 \sqrt{\frac{S_\phi}{H_\phi - H}},$$

де H - напір, який визначається за формулою

$$H = H_{\Gamma} - S_{екв} Q_I^2.$$

Додаткова кількість насосів, яку слід встановити на станції, буде

$$n_d = n - n_y, \quad (1.33)$$

де n_y - кількість насосів, які вже встановлені.

Якщо кількість додаткових насосів буде значною, використовується комбінований метод або при відповідному техніко-економічному обґрунтуванні проводиться заміна тих насосів, які знаходяться в діючій насосній станції, на насоси більшою продуктивністю.

Як відзначалося раніше, системи водопостачання є великими енергоспоживачами. Це викликається необхідністю забезпечення роботи насосних станцій і окремих насосів на очисних спорудах.

Тому одним із головних напрямків удосконалення при експлуатації насосів є енергозбереження. Одними з найважливіших характеристик насосних агрегатів є ККД і $\cos\varphi$. Підвищення цих показників зв'язано з потужністю двигунів (чим вище потужність, тим вище показники).

Одним із шляхів економії електроенергії при подачі питної води є її подача з постійним (необхідним для споживача) тиском.

Насосні агрегати в системах водопостачання другого і наступного підйомів працюють в умовах подачі перемінної витрати води. Щоб привести у відповідність споживану і подавану витрати, крім ступеневого режиму роботи насосів, часто використовують метод дроселювання, коли необхідну подачу регулюють засувкою на напірному трубопроводі. При цьому споживана потужність агрегатом знижується в залежності від того, з якою метою виконується дроселювання:

При необхідності зниження надлишкового напору при $Q = \text{const}$ споживана потужність знизиться до величини:

$$N_2 = N_1 * \frac{H_2}{H_1}, \quad (1.34)$$

де N_1 – споживана потужність до дроселювання.

H_1, H_2 – напір до дроселювання і після нього відповідно.

-При зниженні подачі і напору споживана потужність стане рівною:

$$N_2 = N_1 * \left(\frac{Q_2 * H_2}{Q_1 * H_1} \right),$$

де Q_1, Q_2 – подача до дроселювання і після нього відповідно.

Фактична споживана потужність буде більше розрахованої по зазначеним вище формулах через зниження ККД насоса і двигуна. Уникнути цього можна,

якщо регулювати подачу і напір за допомогою зміни частоти обертання робочого колеса насоса. При такому регулюванні потужність знижується значно сильніше в порівнянні зі зміною витрати і напору:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2} ; \quad \frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2 ; \quad \frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^3 .$$

З цих залежностей видно, що при зменшенні подачі в два рази, потужність споживана теоретично знижується в 8 разів.

Двигуни насосів доцільно вибрати на основі техніко-економічного порівняння. Методика такого порівняння не залежить від типів порівнюваних двигунів.

Нехай, наприклад, треба вибрати з двох синхронних двигунів з однаковим числом обертів, але різної потужності.

Порівняння виконується в наступній послідовності.

По довідниках вибирається сумарний коефіцієнт відрахувань з урахуванням амортизації й інших експлуатаційних витрат для конденсаторів, що компенсують реактивну потужність, $P(P=0,23)$, питому вартість втрат активної потужності на 1 кВАр потужності $K_{у.п.}$ і питомі втрати активної потужності $\Delta P_{у.п.}$ (0,003кВт/кВАр);

Визначається економічний еквівалент реактивної потужності пристрою, що компенсує реактивну потужність, по формулі:

$$K_{e.к.} = \frac{P * K_{у.п.}}{\sigma} + \Delta P_{у.п.} , \quad (1.35)$$

де σ – вартість 1 кВт-року для електродвигунів.

Для кожного двигуна визначаються втрати активної потужності по формулі:

$$\Delta P_{Hi} = \frac{P_i * (1 - \eta_{Hi})}{\eta_{Hi}} , \quad (1.36)$$

де P_i - номінальна потужність і-го двигуна.

η_{Hi} – ККД і – го двигуна

Для кожного двигуна обчислюється реактивне навантаження за формулою:

$$N_{Hip} = P_{Hi} * \operatorname{tg} \varphi_{Hi} / \eta_{Hi} , \quad (1.37)$$

$\operatorname{tg} \varphi_{Hi}$ – відповідають значенню коефіцієнта потужності ЕД $\cos \varphi$ при номінальному режимі роботи,

φ_{Hi} – кут зсування фаз між струмом і напругою.

Обчислюються приведені втрати активної потужності для кожного двигуна:

$$\Delta P'_{Hi} = \Delta P_{Hi} - K_{эк} * N_{Hip} .$$

Обчислюються приведені витрати для кожного двигуна

$$\Pi_i = p * K_i + \Delta P_{Hi} * \sigma , \quad (1.38)$$

де K_i – капітальні витрати на i – ий двигун.

Річний економічний ефект дорівнює:

$$\Delta \Pi = \Pi_1 - \Pi_2, \quad (1.39)$$

де Π_1, Π_2 – приведені витрати для першого і другого двигуна відповідно.

У наш час найбільш широке застосування отримали електронні пристрої, використання яких дає можливість змінити (зменшувати /збільшувати) частоту обертів ротора асинхронних приводних електродвигунів насосних агрегатів. Швидкість (частоту обертів) ротора електродвигуна можна регулювати зміною частоти напруги живлення, амплітуди напруги живлення, числом пар полюсів статора. Найбільш розповсюдженим методом є зміна частоти напруги живлення в межах від 0 до 25 - 33 Гц. [5].

Згідно з нормативними документами регульованим електроприводом обладнують, як правило, один насос в групі з 2-3 робочих агрегатів. Керування регульованим електроприводом здійснюється автоматично в залежності від тиску в диктуючих точках водопровідної мережі, витрати води, яка подається в мережу, рівня води в резервуарах. Частотні перетворювачі які випускає виробництво має можливість підключення до них по чергово працюючих насосів, що забезпечує рівномірне використання насосних агрегатів. Одним із головних недоліків цих пристроїв є значна вартість обладнання, але обсяги економії по електроенергії досягають 15-20%.

Принцип регулювання плавною перебудовою частоти (ППЧ).

На напірному трубопроводі встановлюється датчик тиску з “інтелектуальним” виходом, з його виходу отримують стандартний електричний сигнал 4 - 20 мА, величина якого залежить від тиску в напірному трубопроводі. У цей же датчик уводиться установка (завдання), що обмежує верхній рівень необхідного тиску в мережі.

При зменшенні витрат води на виході насосного агрегату тиск у напірному трубопроводі підвищується. Датчик тиску вимірює нове значення H , порівнює його зі значенням максимального обмеження (установкою) і видає управляючу команду на перетворювач частоти. Відповідно до отриманого ДН, перетворювач знижує частоту обертів ротора приводного електродвигуна i , відповідно, робочого колеса насоса. При подальшому зниженню витрат процедура

повторюється. Процес зниження витрат у мережі може спостерігатися при переході водоспоживання на нічний період.

Зворотній процес відбувається при підвищенні витрат води в напірному трубопроводі.

Контрольні питання:

1. Склад обладнання насосних станцій та послідовність налагодження.
2. Приведіть основні залежності між подачею, тиском і потужністю насосного агрегату.
3. Яким чином змінюються характеристики насосного агрегату й мережі при дроселюванні.
4. Яким чином змінюються характеристики насосного агрегату й мережі при обточуванні робочого колеса.
5. Яким чином змінюються характеристики насосного агрегату й мережі при зміні числа обертів робочого колеса.

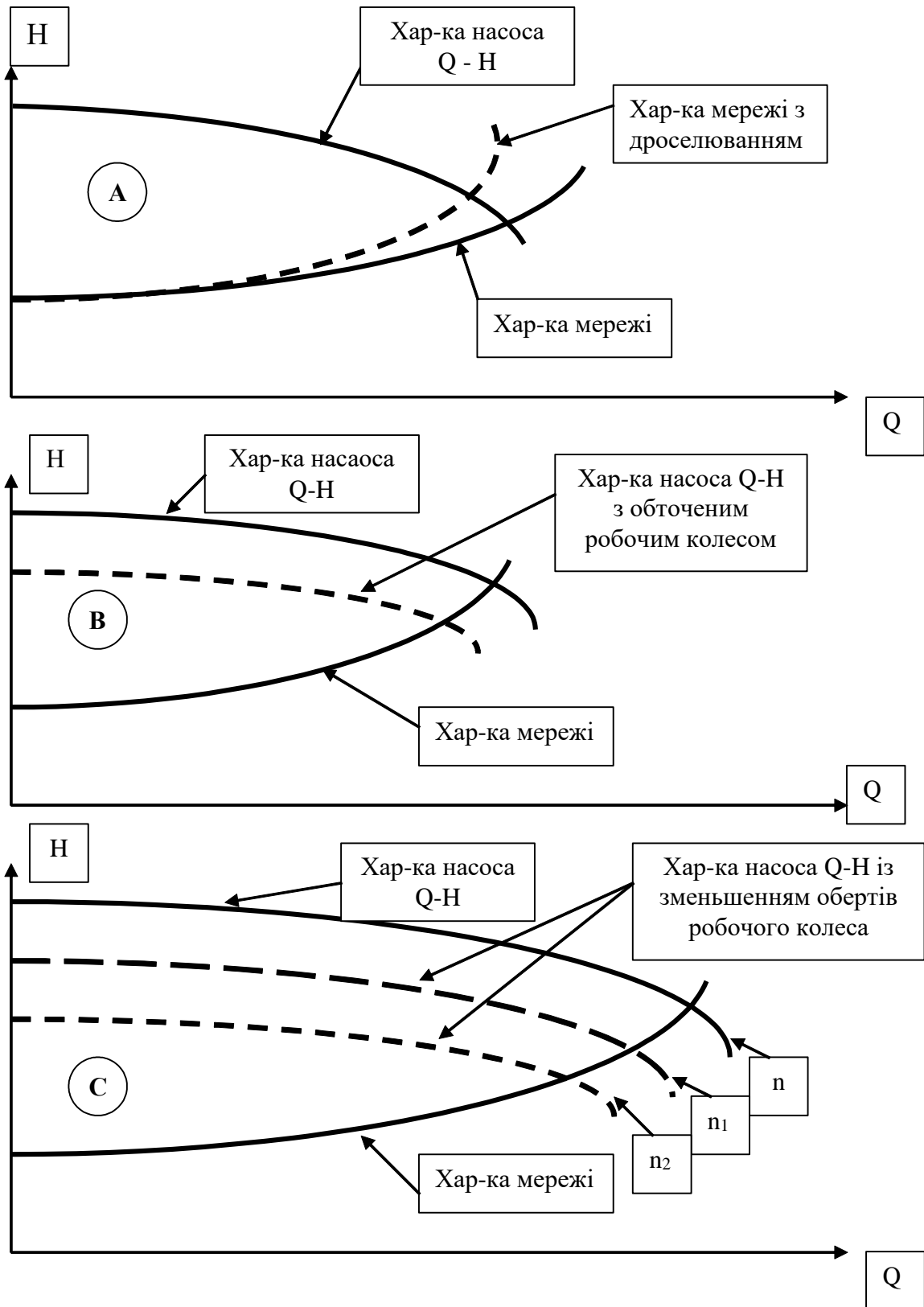


Рисунок 1.8 - Налаштування насосних агрегатів при роботі на мережу:

А – з використанням дроселювання;

В – з використанням обточування робочого колеса насоса;

С – з регулюванням числа обертів насоса: $n_2 < n_1 < n$

Тема 1.5 Моніторинг очисних об'єктів.

Мета вивчення теми: розкрити основні завдання та визначити напрямки інтенсифікації інженерних очисних об'єктів.

1. Моніторинг роботи і задачі інтенсифікації інженерних очисних об'єктів.
2. Перевірочні розрахунки.

Ключові терміни: споруди, водопідготовка, технологія, схема, прояснення.

Аналіз роботи діючих очисних споруд починають із вивчення виконавчої проектної документації. Знайомляться з типом і конструкцією споруд, їх розмірами, проектними технологічними параметрами, особливу увагу звертають на зміни в конструкції за період експлуатації, ретельно вивчають журнали експлуатації. Потім роблять детальний огляд споруд, проводять спостереження за роботою кожної споруди. При цьому:

- уточнюють габаритні розміри споруд, діаметри комунікацій, позначки всіх характерних точок висотної схеми.;
- ретельно оглядають системи подачі і відводу води та осаду;
- фіксують види, дози і точки введення всіх реагентів, які використовуються на станції;
- визначають витрату всієї станції і окремих споруд;
- оцінюють рівномірність розподілу води між окремими секціями станції й спорудами;
- вимірюють швидкості фільтрування і інтенсивності промивання фільтрувальних споруд, тривалість фільтроциклу;
- будують криву залежності каламутності води в процесі промивання, а також визначають залишкові забруднення завантаження;
- визначають час перебування води в змішувачах, камерах утворення пластівців, відстійниках, час контакту при знезараженні;
- оцінюють за даними експлуатації періодичність і якість продувки (скидання осаду) освітлювачів або відстійників;
- аналізують показники якості води до та після кожної ступені очистки.

Після збору даних про роботу станції виконують перевірочний розрахунок.

Основними задачами інтенсифікації станції водопідготовки являються:

- збільшення їх продуктивності;

- покращання якості підготовки води;
- покращання умов роботи експлуатаційного персоналу;
- підвищення економічності роботи станції.

З розв'язуванням цих основних задач пов'язаний ряд технологічних, гідравлічних і будівельних завдань.

Збільшення подачі води в систему водопостачання може бути одержано наступними методами:

- Розширенням очисних споруд шляхом добудови додаткових блоків таких же, як і існуючі, споруд або нових технологічних ліній;
- Інтенсифікація роботи існуючих споруд за рахунок покращання технологічного процесу очистки;
- Переобладнання одних споруд в інші, більш продуктивні.

При необхідності збільшення пропускної можливості споруд і підвищення ступеня очистки води в стиснутий термін перевагу слід віддавати реконструкції споруд з використанням нових технологій. Це вимагає виключення частини споруд на тривалий період, але забезпечує економію капітальних витрат. Якщо період розширення потужності станцій довгий і немає можливості відключення споруд для реконструкції, то слід передбачити будівництво додаткової технологічної лінії.

Удосконалення роботи реагентного господарства забезпечує економію коагулянтів, флокулянтів, електроенергії, трудових ресурсів. При цьому слід враховувати, що на коагуляцію завислих речовин впливає довжина трубопроводів, розміри технологічних споруд, тривалість контакту реагентів і послідовність їх вводу, типи реагентів і їх сполучення, коливання фізико-хімічних показників води. Раціональна реагентна обробка води дозволяє підвищити ступінь її очистки.

Інтенсифікація роботи окремих споруд технологічної схеми (одного відстійника, освітлювача, фільтра і т.д.) дозволяє поступово силами обслуговуючого персоналу дещо збільшити пропускну можливість станції чи ступінь очистки на даній споруді. Цей процес буде відбуватися до тих пір, поки не будуть переобладнані всі споруди даної схеми. Спосіб інтенсифікації роботи окремих споруд обирається з врахуванням досконалості технологій, обладнання і матеріалів, які можна використати, їх дефіцитність, а також необхідність зниження собівартості води. Інколи (наприклад, при озонуванні) досягається значне покращання якості води без зниження її собівартості, що в окремих випадках буває вирішальним.

За останні роки істотно змінився стан джерел водопостачання. Ситуація загострилася внаслідок забруднення природної води домішками антропогенного та техногенного походження, яке пов'язане перед усе із скидом неочищених стічних вод: побутового, промислового походження; талих і дощових вод, тощо... Кількість та склад забруднюючих речовин дуже різноманітні і залежать від багатьох факторів: обсягів скиду та складу виробничих стоків, сільськогосподарських підприємств, розташованих поблизу; ефективності та надійності технологій очистки стічної води; та інших факторів.

До основних сучасних забруднень антропогенного походження сучасні дослідники відносять нафтопродукти, пестициди, солі важких металів, поверхнево-активні, феноли... більшість з цих забруднювачів мають кумулятивні властивості і можуть навіть змінювати гідрохімічний режим природного джерела, внаслідок чого спостерігається погіршення якості води за вмістом бактеріопланктонів, гетеротрофних бактерій та бактерій кишкової палички.

Недостатній рівень обробки води на водоочисних спорудах при значному антропогенному навантаженні природних джерел централізованого водопостачання призводять збільшення рівня захворюваності кишковими інфекціями, гепатитом, а також сприяє підвищенню ступеня ризику впливу канцерогенних факторів на організм людини. Також, необхідно враховувати той факт, що існуючі технології обробки води на очисних станціях були ще розроблені в минулі часи і ґрунтувалися на інших показниках стану якості водойм. Сучасний же стан поверхневих джерел потребує інших підходів до питання водопідготовки. Вирішення цього завдання, а саме доведення якості питної води до вимог сучасних нормативних документів можливе за умови реалізації заходів реконструкції і модернізації об'єктів очисних споруд.

Згідно даним Інформаційної компанії «Stronger Together», у Європі найкращі показники якості питної води мають Німеччина та Франція. На очисних станціях вода насичується киснем, для адсорбції заліза та марганцю і проходить очистку на піщаних фільтрах. Мешканці Берліну споживають артезіанську питну воду. На всіх стадіях виробничого процесу відбувається суворий контроль якості води, і кожний мешканець після вводу свого поштового індексу може дізнатися про стан води в його районі. Країна має більше 10000 очисних споруд, якість води на яких повністю відповідає директивам ЄС. І цей показник значно більше, ніж у Франції або Англії. При цьому французи також вживають дуже якісну питну воду. Вважається, що в кранах французьких домогосподарств тече напівмінеральна вода. Для очистки води застосовуються якісні і коштовні

технології, завдяки яким вода обробляється озоном, фільтрується через піщане та вугільне завантаження. За дослідженнями компанії TNS-Sofres майже 87% французів задоволені станом і якістю питного водопостачання.

Необхідність обробки води визначається якістю води в джерелі водопостачання та вимогами користувача, тобто нормативами [6]. Першорядне значення має повна оцінка джерела водопостачання. До природних та антропогенних факторів, які впливають на якість природної води зазвичай відносять геоморфологічну побудову джерела, кліматичні умови. Вибір методу водопідготовки проводиться на основі вивчення показників якості води джерела, отриманих у результаті проведення фізико-хімічних, санітарно-бактеріологічних і технологічних аналізів. Одночасно враховуються вимоги до якості води, що пред'являються її споживачами.

Для кожного виду забруднення природної води існують свої технології вилучення їх з води. Тому, для ефективної очистки застосовуються різні технологічні схеми обробки води і споруди для здійснення цих процесів. Класичні технології освітлення та знебарвлення води згідно класифікації засновані на методах прояснення, знебарвлення і фільтрування. Зазвичай вони розрізняються за методами обробки води, кількості технологічних процесів і ступенів кожного з них, характером руху води, та застосуванням реагентів для обробки води.

Технологічні схеми водопідготовки для питних потреб населення наводяться на рис. 1.9-1.12

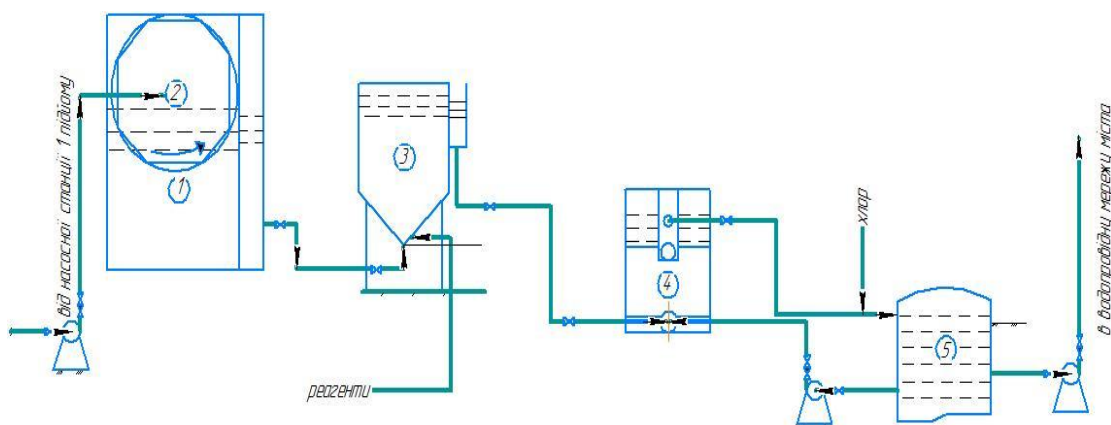


Рисунок 1.9 Схема прояснення води з контактними прояснювачами

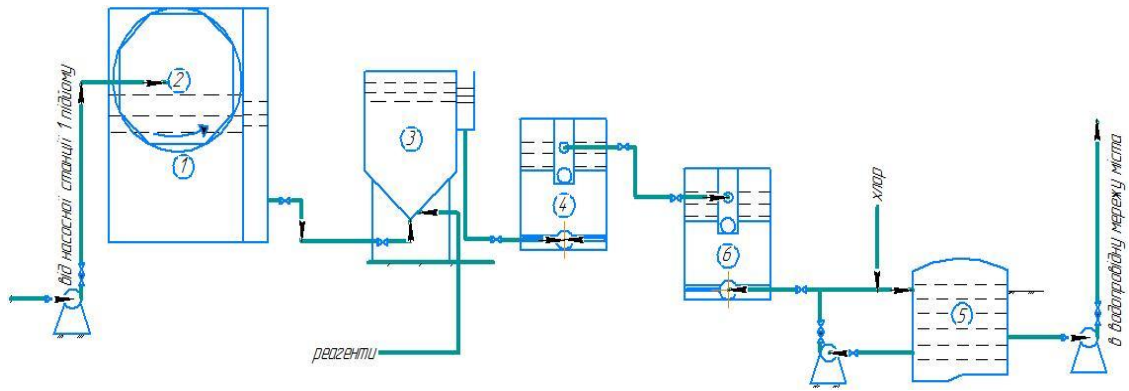


Рисунок 1.10 Схема прояснення води з контактними префільтрами – швидкими фільтрами

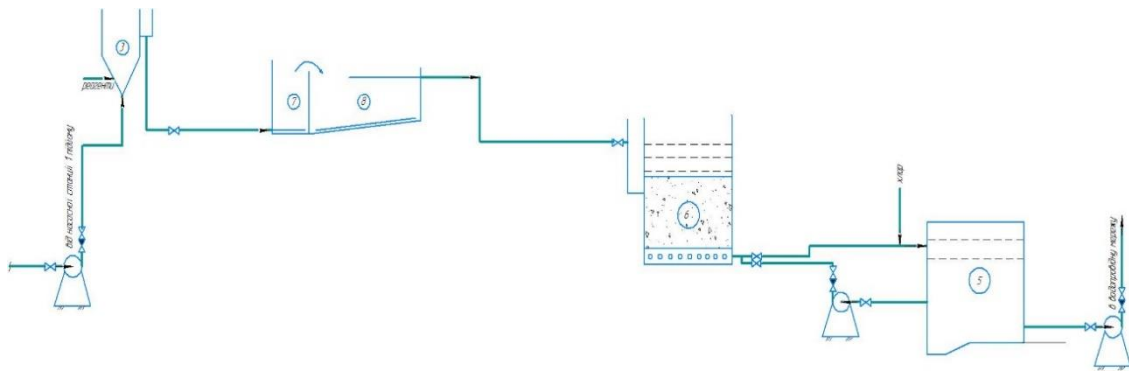


Рисунок 1.11 Схема прояснення води з горизонтальними відстійниками-швидкими фільтрами

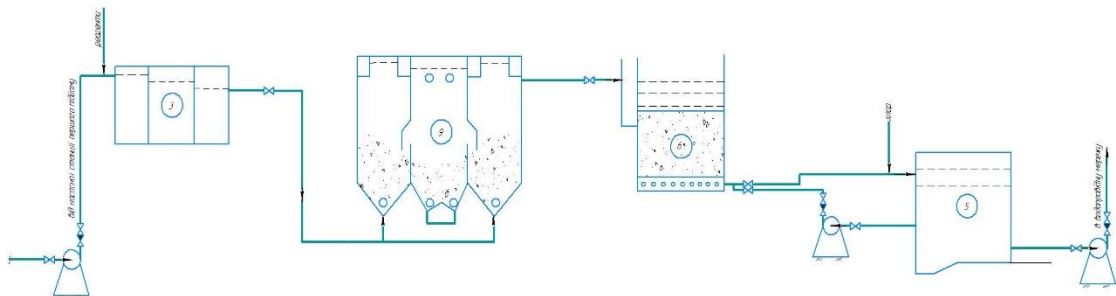


Рисунок 1.12 Схема прояснення води з прояснювачами з шаром завислого осаду-швидкими фільтрами.

- 1- вхідна камера
- 2- барабанна сітка
- 3- змішувач

- 4- контактний прояснювач
- 5- резервуар чистої води
- 6- швидкий фільтр
- 7- камера пластівцеутворення
- 8- горизонтальний відстійник
- 9 – прояснювач з шаром завислого осаду

В вітчизняній практиці підготовки питної води найбільше розповсюдження отримали дві схеми: одноступенева з контактними прояснювачами та двохступенева з горизонтальними відстійниками та швидкими фільтрами. [7].

В ході очистки води широко застосовується коагуляція сірчано-кислим алюмінієм, попереднє та остаточне хлорування води.

По-перше, в умовах, коли якість води джерел постійно змінюється і спектр забруднень зростає, такі технології вже не здатні забезпечувати нормативний ступінь очистки води. По друге основні схеми водопідготовки важкокеровані, і режими їх роботи не в стані швидко реагувати на зміни істотних умов: вхідної речовини, реагентів, тощо.

В зв'язку з постійним підвищенням рівня забруднення необхідно постійно вдосконалювати сучасні методи обробки природної води, спрямованих на видалення нових забруднюючих речовин: патогенних мікроорганізмів, органічних забруднень, важких металів...

Системи водопідготовки інших країн світу подібні, але в них застосовуються більш складні схеми, які передбачають попередню обробку води, яка починається з процесів самоочищення в прибережних (наливних) водоймищах, за допомогою штучної аерації.

Для зменшення забарвленості застосовується озонування води, щоб уникнути утворення токсичних хлороорганічних з'єднань: хлороформу, віднесеного до канцерогенних речовин.

Для знебарвлення також широко використовуються освітлювачі, горизонтальні відстійники і тонкошарові модулі. У західній Європі широко використовувались повільні фільтри, які останнім часом замінюються на сорбційні фільтри з гранульованим активованим вугіллям (гав) та двоступінчасте швидке фільтрування з попереднім фільтруванням на грубозернистих фільтрах.

До початку розробки проекту вдосконалення необхідно виконати перевірені технологічні і гідравлічні розрахунки очисних споруд. В ході цих розрахунків перевіряються значення параметрів окремих споруд таких, як швидкості руху води, час перебування води в спорудах, термін захисної дії, втрати напору в висотній схемі, періоди і об'єми, на які готовляться реагенти і т.д. Для зручності розрахунків ті формули, які використовуються при цьому, доцільно виразити у явному вигляді для тих параметрів, які нормовані. Такі

розрахунки дозволяють виявити можливі резерви пропускної можливості очисних споруд за рахунок збільшення на них навантаження.

Ціль розрахунку - визначення фактичної (можливої) продуктивності й швидкостей протікання технологічних процесів і порівняння їх з нормативними даними. На підставі перевірного розрахунку виявляють споруди або технологічні процеси, що є «вузькими» місцями станції, тобто які перешкоджають збільшенню подачі або поліпшенню якості обробленої води. При визначенні розрахункової продуктивності станції враховують витрати води на власні потреби споруд за даними огляду і вимірюванням. Методика розрахунку зводиться до обчислення швидкостей руху води, часу перебування при заданій витраті і заміряних габаритних розмірах споруд. Аналіз результатів розрахунку полягає в порівнянні отриманих технологічних параметрів з нормативними. У випадку невідповідності цих параметрів необхідному технологічному режиму пропонують шляхи поліпшення роботи споруд з урахуванням останніх досягнень в області водопідготовки.

Тема 1.6 Удосконалення споруд коагуляції природної води

Мета вивчення теми: надати студентам інформативний матеріал стосовно особливостей удосконалення споруд коагуляції та змішування природної води.

1. Удосконалення процесів коагуляції.
2. Удосконалення процесу змішування та пластівцеутворення.

Ключові терміни: коагуляція, змішування, каламутність, осад, осад.

Процес коагуляції визначає ефективність наступного прояснення і знебарвлення води. Зазвичай всі домішки, які визначають забарвленість та каламутність річкової води мають малі розміри і їх осадження сповільнене в часі. Наприклад колоїдні частини, які визначають забарвленість води практично зовсім не випадають в осад. Для прискорення осадження, фільтрації та підвищення ефективності знебарвлення та освітлення води використовується коагуляція домішок. В результаті обробки коагулянтами колоїдні частинки стають нестійкими і спроможними до злипання (збільшення).

Найчастіше обробка коагулянтами застосовується для очистки поверхневої води: для її прояснення та знебарвлення. Вода звільнюється від завислих речовин, колоїдних часточок, що обумовлюють кольоровість, планктонних організмів і суттєво зменшується бактеріальне забруднення води. При такій обробці досягається і зменшення запахів і присмаків у воді. Завислі речовини, щільність яких більше одиниці, прагнуть осісти. Але дрібніші частки від 3-4 до 1мк

практично не осаджуються і залишаються у воді в завислому стані. Дрібний мул, глинисті і колоїдні частки відстоюванням виділити неможливо і саме коагулянти застосовують для зниження агрегатної та седиментаційної стійкості іоногенних, колоїдних і високодисперсних домішок, що забруднюють воду. Саме для їх видалення і застосовують добавку в воду коагулянтів – речовин, які утворюють відносно крупні, швидко осідаючі пластівці, які захоплюють з собою і дрібнодисперсні домішки.

Методи поліпшення очищення води коагулюванням можуть бути розділені на кілька груп:

- зміна режиму реагентної обробки води в межах використаного на станції сульфату алюмінію та ПАА;

- додавання до існуючої технології додаткових реагентів або мінеральних і сорбційних матеріалів;

- рециркуляція коагульованої суспензії в зону введення коагулянту; - перемішування води аерацією або використання в змішувачах і камерах пластівціутворення механічного змішування реагентів з водою;

- заміна сульфату алюмінію та ПАА на інші більш ефективні, в даних умовах, коагулянти та флокулянти;

- застосування окислювачів: хлору, озону та ін.;

- використання фізичних методів на додаток до реагентної обробки води: обробка води в магнітному та електричному полі; вплив ультразвуком або ультрафіолетовим опроміненням та ін.;

- поліпшення або зміна технічного та технологічного стану очисних споруд, зокрема: відстійників і фільтрів, а також - режиму та умов їх експлуатації. З наведених заходів видно, що частина з них виконується в межах існуючої технології, інші вимагають певної (невеликої або істотної) реконструкції споруд або зміни технологічної схеми обробки і, нарешті, деякі пропозиції потребують нового будівництва та застосування нового технологічного обладнання [8].

➤ *Нові реагенти.*

В технології очистки найчастіше використовуються коагулянти, які є солями утвореними слабкою основою та сильною кислотою, переважно солі алюмінію, рідше заліза чи їх суміші. Після того як вони потраплять у воду відбувається процес гідролізу із утворенням важкорозчинних гідроокисів. Пластівці гідроокису адсорбують частки домішок із води і випадають разом із ними в осад.

Реагентна обробка поверхневих вод з метою їх прояснення та знебарвлення, заснована на введенні розчинів коагулянтів, є невід'ємною частиною технологічного процесу очищення води на існуючих спорудах. При водопідготовці в якості коагулянту застосовується переважно очищений сірчанокислий глинозем, який має підвищену чутливість до температури і рН

води, що очищується, та утворює в результаті реакції гідролізу пухкі частинки гідроксиду алюмінію.

У практиці водопідготовки найбільш поширеним методом очищення води від грубодисперсних і колоїдних забруднень є метод обробки води коагулянтном, який вимагає пошуку шляхів для його удосконалення, а саме підвищення швидкості формування та випадання коагульованої суспензії в осад. Недоліком даного методу є велика витрата реагентів при несприятливих умовах коагуляції: недостатня лужність, висока кольоровість та низька температура прояснюваної води в осінньо-зимовий період. Процес коагуляції зважених і колоїдних домішок може бути самостійним рівнем в технологічній схемі обробки води, що передуює осадженню та фільтруванню.

При цьому дуже важливою умовою підвищення ефективності та глибини протікання процесів коагуляції та освітлення води є забезпечення швидкого та інтенсивного змішування реагентів з водою в змішувачі, а також подальше рівномірне повільне перемішування в камері пластівціутворення для формування значної кількості великих та щільних пластівців, які швидко осідають.

На ряді станцій спостерігається підвищений вміст залишкового алюмінію і при цьому не забезпечується необхідний ступінь освітлення води. Залишковий алюміній токсичний, порушується робота нервової системи людини, тому його вміст у питній воді обмежений. Глинозем не ефективний при низьких температурах, малокаламутних кольорових водах, утворює велику кількість осаду, що утруднює дозування і роботу реагентного цеху. При виборі нових реагентів варто звертати увагу не тільки на ефективність процесів коагуляції і освітлення та вартість, але і можливість впровадження цих реагентів на діючій станції з мінімальними витратами, враховувати питання наступної поставки, видалення і утилізації осадів, що утворюються. Зрозуміло, що всі коагулянти, які пропонується використовувати повинні бути дозволені міністерством охорони здоров'я України для використання в господарсько-питному водопостачанні.

У теперішній час використовують такі реагенти: змішаний коагулянт, основні солі алюмінію - оксихлорид алюмінію (ОХА), гідроксилхлорид алюмінію (ГХА), гідроксилхлоридсульфата (ГХСА) та ін. Ці реагенти вимагають менших доз, не змінюють рН, добре працюють при низьких температурах, зменшують об'єм осаду, що легко зневоднюється, їхня вартість нижче. На зміну флокулянту ПАА приходять поліелектроліти: аніони, що вводяться перед відстійниками, катіонні - перед фільтрами. Деякі з них працюють разом з коагулянтном, інші можуть застосовуватися самостійно. Додавання в розчин коагулянтів порошкоподібних мінеральних сорбентів (клинцит, бентоніт, каолін) не тільки поліпшує процес коагуляції, але і частково знижує запах і присмак води. Фізичні методи інтенсифікації випробувані, в основному, стосовно до процесів коагуляції у вільному об'ємі. Деякі результати можуть виявитися корисними і для фільтраційного водоочищення. Так, накладення електричного поля прискорює

коагуляцію оброблених сірчанокислим алюмінієм каламутних вод, підвищує ступінь очищення від органічних і неорганічних домішок. Ефект обробки підвищується з ростом концентрації завсі й напруженості електричного поля. Магнітна активація розчинів коагулянтів дозволяє поліпшити якість води по каламутності й кольоровості на 25-40%, знизити витрату коагулянту на 25-30%, підвищити продуктивність споруд на 19-22%.

Кожний з наведених коагулянтів має свої переваги та недоліки. Наприклад, сульфат алюмінію має низьку вартість і на станціях очистки води його традиційно використовують як дешевий реагент. Використання солей заліза потребує більш складного реагентного господарства. Серед відносних нових реагентів слід відзначити оксихлорид алюмінію. Його практичне використання вже визначило ряд переваг в системі водопідготовки:

- Прискорене пластівцеутворення, яке підвищує продуктивність очисних споруд;
- вища якість очищеної води по каламутності та забарвленості;
- зберігання робочого інтервалу по рН і лужності на незмінному рівні при використанні;
- підтримка концентрації залишкового алюмінію в очищеній воді в межах, відповідних до вимог нормативів;
- зберігання ефективності коагуляції при низьких значеннях температури,
- досягнення нормативних показників по каламутності та забарвленості при менших дозах коагулянту;
- висока міцність пластівців, яка значно збільшує ефективність фільтрації і чіткість меж освітленої зони при відстоюванні;
- в деяких випадках забезпечується глибоке видалення органічних забруднень;
- збільшується тривалість фільтроциклу швидких фільтрів;
- вода після обробки коагулянтом має меншу корозійну активність, що виключає необхідність застосування стабілізаційної обробки;
- спрощення операцій при розвантаженні, зберіганні та приготуванні робочих розчинів.

Відомо, що основною проблемою застосування коагулянтів в процесі водоочистки, є їх залишкові дози у очищеній воді. І зважаючи на те, що сучасні технології повинні виключати можливість вторинного забруднення, при виборі реагентів необхідно порівнювати повноту гідролізу електроліту. В сучасній практиці водопідготовки спостерігається чітка тенденція до виключення застосування токсичних алюмінієвих коагулянтів.

Для потреб водоканалу в м. Азові (Ростовська обл.) виготовляють оксохлорид алюмінію марки ту 216350-002-39928758-02, а також коагулянт «бопак-е» (його санітарна і токсикологічна безпечність віднесена до 3-го класу, а

гдк становить 0,5 мг/дм³). Гранульований сульфат алюмінію випускають у м. Кострома. Поширюються також методи очистки природної води солями магнію. Двовалентні катіони магнію і кальцію успішно застосовують для дестабілізації колоїдних домішок при підготовці питної води з озер шотландії, канади. У німеччині фірма «акдоліт» випускає гранульовані реагенти magnofilt, hydrolyt-mg, akdolit-gran, magn-dol з доломітів, придатні для підготовки питної та технічної води. В їхньому складі містяться оксид та гідроксид магнію. У Росії випробувано в технології очистки питної води реагент аквамаг, отриманий з бурситів (мінерал класу гідроксидів Mg(OH)₂).

Для досягнення максимального економічного ефекту роботи очисних споруд та розширення температурного інтервалу процесу гідролізу електролітів доцільно:

- впроваджувати змішування коагулянтів: воду з інтенсивною забарвленістю та низькою каламутністю обробляти поліоксохлоридом та сульфатом алюмінію;

- застосовувати гнучкий режим обробки води коагулянтами: в теплий період року – сульфат алюмінію, а в зимовий – оксихлорид алюмінію.

в роботі щодо вдосконалення реагентного господарства пропонуються наступні заходи:

- впровадження гнучкого режиму реагентної обробки води в технологічній схемі, а саме: для холодного сезону року в якості коагулянту використовувати оксихлорид алюмінію.

- повна відмова від застосування в якості коагулянту сірчаноокислого алюмінію.

Поставка на станцію передбачається у вигляді розчину. Коагулянт полвак представляє собою водний розчин гідрооксихлориду алюмінію і характеризується наступними властивостями:

- Прискорене пластівцеутворення та осадження завислих речовин (підвищення продуктивності очисних споруд);

- забезпечення стабільного робочого інтервалу по рН і лужності;

- низький вміст залишкового алюмінію в освітленій воді при передозуванні реагенту;

- Висока ефективність дії коагулянту при низьких температурах води;

- Дотримання нормативних показників по каламутності та забарвленості при менших дозах коагулянту;

- висока міцність пластівців, яка значно збільшує ефективність фільтрації і забезпечує чіткість меж освітленої зони при відстоюванні;

- більш глибоке видалення органічних забруднень;

- збільшення тривалості фільтроциклу швидких фільтрів,

- забезпечення меншої корозійної активності, що виключає необхідність застосування додаткової стабілізаційної обробки води.

➤ *Зміна режиму коагулювання і точок введення.*

Відомі наступні режими коагулювання:

безперервний, фракційний (дробовий), концентрований і переривчастий.

Зазвичай коагулянт вводиться в оброблювану воду *безперервно* однією повною дозою в певну точку:

у двоступеневих схемах - в початок змішувача, а в одноступеневих - в безпосередній близькості від фільтруючого завантаження.

З часу використання реагентної обробки води на багатьох водопровідних станціях застосовувалися різні способи введення коагулянту, що дозволяють зменшити витрату реагенту та відповідно зменшити експлуатаційні витрати на його придбання.

До таких способів відносилися:

- *фракційне* введення реагенту; роздільне (концентроване) коагулювання; переривчасте коагулювання; робота на дефіцитних дозах коагулянту та ін. *Фракційне* (дробове) коагулювання передбачає додавання розрахункової кількості коагулянту до води не однієї, а двома або кількома послідовними порціями через певні проміжки часу. Фракціонування дози коагулянту може забезпечити більш ефективне зниження кольоровості та зменшення концентрації залишкового алюмінію.

- *Роздільне (концентроване)* коагулювання полягає в дозуванні усієї кількості коагулянту лише в частину оброблюваної води. Після змішування з коагулянтом потік обробленої води об'єднують (зазвичай на початку камер пластівціутворення) з потоком решти не коагульованої води. При використанні цього методу може бути отримана економія коагулянту до 20%, досягнуто більш глибоке зниження залишкового алюмінію та додаткове зменшення каламутності та кольоровості води. Переваги концентрованого коагулювання пояснюються тим, що розподіл всього коагулянту в частині води створює умови для прискореного пластівціутворення, а після змішування з необробленою водою пластівці, сформовані в умовах підвищеної концентрації коагулянту, сприяють кращому протіканню процесів освітлення води.

Переривчасте (періодичне) коагулювання засноване на повнішому використанні властивостей продуктів гідролізу коагулянту при їх надлишку. Воно містить елементи методу концентрованого коагулювання та полягає в чергуванні періодів подачі в оброблювану воду збільшених доз коагулянту з періодами повного припинення коагулювання. Наприклад, протягом 2 годин воду коагулюють необхідною дозою, потім 2 години воду не коагулюють; при цьому зменшується витрата коагулянту на 30- 40%, а також зменшується навантаження на очисні споруди. Робота на дефіцитних дозах коагулянту найбільш ефективна у випадках контактної коагуляції води та призводить, зазвичай, до економії коагулянту, іноді за рахунок деякого погіршення якості води. Всі запропоновані методи не завжди дають позитивні результати та суттєво

залежать від рН води. Так, при обробці малокольорових вод при високих значеннях рН (від 7,6 до 8) фракційне введення коагулянту призводить до утворення розчинених продуктів гідролізу алюмінію, які володіють малою величиною позитивного заряду або навіть негативним зарядом, що ускладнює взаємодію продуктів гідролізу з негативно зарядженими гумусними речовинами та утворення твердої фази.

➤ *Зміна набору і точок введення реагентів* також може істотно поліпшити якість очищення питної води. Наприклад, іноді доцільне корегування рН зміною точки введення підлужуючого реагенту. У ряді випадків введення луку після коагулянту забезпечує більш глибоке знебарвлення води, меншу концентрацію залишкового алюмінію економію коагулянту. В інших випадках введення луку після змішувача й перед фільтрами поліпшує видалення гумусових речовин на першій ступені очищення при низьких рН і сприяє зниженню залишкового алюмінію на стадії фільтрування. За рекомендаціями НДІ КВОВ:

- При обробці води з низькою температурою найбільш ефективним є ОХА.
- У більшості випадків застосування інших флокулянтів замість ПАА є кращим. Однак, характер дії різних флокулянтів неоднозначний. Використання катіонних флокулянтів разом з коагулянтом особливо доцільно при контактному фільтруванні.

- Застосування тих або інших реагентів для конкретного водного джерела неможливо без проведення досить тривалих пілотних досліджень, що охоплюють всі періоди змін якості води, тому що ефективність сильно залежить від властивостей вихідної води.

- На одній і тій же очисній станції можливе використання різних реагентів у різні сезони;

- Умови змішування реагентів з водою є важливим чинником, що впливає на ефект очищення.

В процесі гідролізу коагулянту утворюється значна кількість вільного оксиду вуглецю, бульбашки якого адсорбуються на поверхні мікропластівців, що формуються в процесі перекінетичної коагуляції. Це тягне за собою утворення нетривких пухких пластівців і зниження рН оброблюваної води. Зростає різниця між рН води та рН з домішок води, що сприяє зростанню їх агрегативної стійкості. Тому видалення вуглекислоти із зони змішування коагулянту з водою та формування мікропластівців, що досягається за рахунок аерації води, значно інтенсифікує процес коагуляції. *Аерування* сприяє не тільки кращому гідравлічному перемішуванню, реагентів, що вводяться з водою, збагаченню її киснем повітря, але і дозволяє отримати щільні міцні пластівці з більшою гідравлічною крупністю. Аерування рекомендується при використанні будь-яких технологічних схем водопідготовки, однак, при цьому збільшуються експлуатаційні витрати.

Найбільш поширеним методом очистки води від грубодисперсних і колоїдних забруднень є метод обробки води коагулянтном. Недоліком даного методу є велика витрата реагентів при несприятливих умовах коагуляції: недостатня лужність, висока кольоровість та низька температура освітлюваної води в осінньо-зимовий період

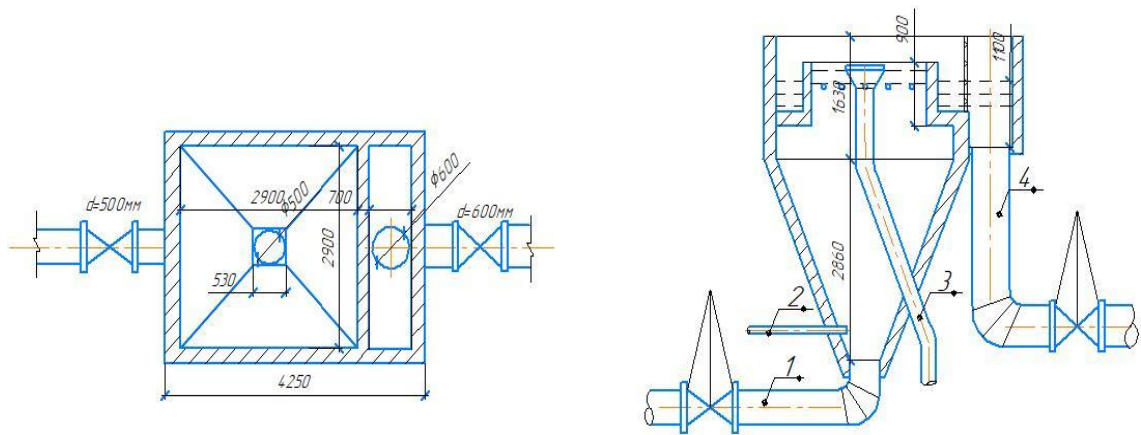
Для того, щоб після введення реагентів, хімічні реакції протікали у всьому обсязі оброблюваної води, необхідне повне і швидке змішування реагентів з водою. Змішування повинне закінчитися до того, як почнеться утворення пластівців у всій масі води. Звичайно тривалість перебування води в змішувачах не повинна перевищувати 1-2 хв. Процес пластівцеутворення залежить від інтенсивності перемішування та часу змішування реагентів з водою.

Оптимальним режимом перемішування реагентів з водою визначається для кожного джерела водопостачання, в залежності від якості вихідної води, кількості забруднень та реагентів.

Змішувачі, які використовують на вітчизняних і закордонних водоочисних станціях, можуть бути розділені на дві групи:

- *гідралічні*, в яких змішування реагентів з водою досягається за рахунок енергії потоку води, що витрачається на підвищення його турбулентності (утворення вихорів): змішування в трубопроводі або в трубопроводі з діафрагмами, в перегородчастих, дірчастих та вихрових змішувачах рис.1.13.

Такі види змішувачів застосовуються повсюдно на водопровідних станціях країни. Однак, всі гідралічні змішувачі мають істотні недоліки. Вони не дозволяють регулювати ступінь турбулізації та час перебування води в змішувачі в залежності від витрати та якості природної води, і дозволяють використовувати, як правило, тільки один реагент. Іншими словами, процес змішування протікає при одних і тих же умовах і при однакових параметрах в періоди холодних температур, в періоди паводків і в літній період. Це значно знижує ефективність реагентної обробки води та призводить до підвищеної витрати коагулянту.



- 1- подача води до змішувача
 2- подача реагентів
 3- переливний трубопровід
 4- трубопровід відводу води змішаної з реагентами

Рисунок 1.13 Схема вихрового змішувача

У тих випадках, коли за умовами висотного розташування окремих споруд водоочисної станції не можна забезпечити перепад напорів, необхідний для змішувачів гідравлічного типу, можна влаштовувати змішувачі з механічним перемішуванням рідини. Змішувачі такого типу одержали поширення на закордонних водоочисних станціях.

- *механічні*, в яких турбулентність потоку посилюється мішалками різних типів. Принцип роботи таких змішувачів базується на поступовому русі води, який надає їй механічний пристрій (турбіна, лопаті або пропелер). Механічні змішувачі являють собою круглі або квадратні в плані резервуари із співвідношенням висоти до ширини (діаметру) 2:1 з плоским або конічним (пірамідальним) днищем. Для змішування застосовують турбінні, пропелерні та лопатеві мішалки на вертикальній осі. Дія механічних змішувачів заснована на принципі механічного перемішування води, що обробляється з реагентами. Застосування є особливо зручним при введенні декількох реагентів.

В дослідних роботах відзначено, що механічне перемішування забезпечує:

- підвищення ефективності процесу прояснення води на 70%, причому близько 20-50% - швидким перемішуванням лопатевою мішалкою в змішувачі та 50-70% - за рахунок повільного перемішування об'ємними мішалками в камері утворення пластівців;

- поліпшення якості освітленої води за каламутністю та залишковому алюмінію;

- підвищення продуктивності відстійника на 30%;

- скорочення витрати коагулянту приблизно на 20-30%;
- підвищення техніко-економічних показників процесу фільтрування та зменшення об'єму осаду.

Основним недоліком механічних змішувачів є необхідність додаткових витрат енергії, що в масштабах великих станцій виливається в значне збільшення експлуатаційних витрат на водопідготовку. Крім того, всі обертові частини, які знаходяться в агресивному середовищі, вимагають додаткових експлуатаційних витрат.

Введення реагенту варто здійснювати через спеціальні розподільники реагентів. При цьому треба мати на увазі, що розподільники створюють додатковий опір основному потоку води, тому необхідно зробити перерахунок позначок висотної схеми споруд. Місце установки розподільника вибирається так, щоб витримати нормативний час розриву між введенням реагентів. Такого типу пристрої особливо важливі при контактному коагулюванні. При прямому фільтруванні наявність розподільника для миттєвого перемішування не вимагає змішувача. Розрізняють *перфоровані, струминні і дифузійні* розподільники реагентів. Перші використовують для розчинів реагентів, що не містять домішок; другі і треті - для реагентів, що утворюють суспензії, наприклад, вапно. Трубчастий перфорований розподільник складається із центрального бачка, в який радіально врізають перфоровані промені. Реагент подають по трубі або шлангу в центр бачка. Кількість променів, отворів і їхні діаметри визначають розрахунком залежно від дози реагенту. Встановлюють перфорований розподільник або в трубопроводі, або в змішувачі, або на вході в канал.

Для інтенсифікації перемішування у вихровому змішувачі можна використовувати завантаження або перегородки рис.1.14. В якості завантаження застосовують крупнозернистий пісок у завислому стані. Пісок поліпшує розподіл потоку по перетину змішувача і є контактним середовищем, яке поліпшує процес коагуляції. Крупність піску підбирають, виходячи зі швидкості потоку, що поступає так, щоб пісок перебував у завислому стані. При цьому варто мати на увазі, що при відключенні змішувача необхідно попередньо вивантажити пісок. У Калінінграді в змішувачі змонтували горизонтальні перегородки з отворами в шаховому порядку при швидкості виходу 1 м/с, після чого істотно збільшився ефект відстоювання.

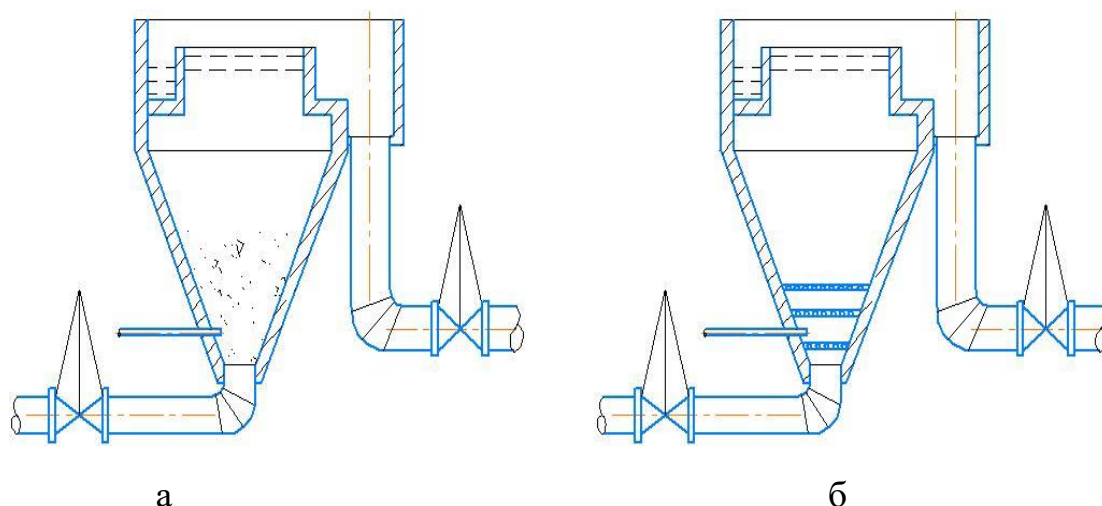


Рисунок 1.14 Схема змішувача з шаром контактної завантаження (а) та дірчастими перегородками (б)

Відомий метод підвищення ефективності очищення природних вод в камерах пластівцеутворення за рахунок вдосконалення процесу змішування коагулянту з вихідною водою. Результат досягається тим, що в пристрій для очищення природних вод, що представляє собою камеру пластівцеутворення у вигляді ємності пірамідальної форми зі звуженою внизу частиною, підводячим трубопроводом води з коагулянтом і відводячим пристроєм, встановлений струменевий змішувач, який має сферичні днища з рівномірно розподільними отворами та з'єднаний з підвідним трубопроводом розподільними патрубками. Недоліком даної технології є складність конструкції та необхідність утримання кваліфікованого персоналу.

При необхідності збільшення продуктивності очисної станції.

В реагентному господарстві технологічний процес забезпечується за рахунок відповідних об'ємів різних баків. Основними параметрами, які можуть визвати необхідність зміни об'ємів баків, являється час, на який ці баки розраховані, і концентрація розчину в них.

Якщо умови готування реагентів не змінюються, то термін, на який вистачить розчину реагенту, визначається за формулою:

$$t = w / q , \quad (1.40)$$

де w - існуючий об'єм баків,

Q - нова витрата очисної станції.

Якщо цей термін буде менше 10 годин, слід перевірити чи не можна збільшити концентрацію розчину, зберігаючи при цьому той же об'єм баків. Нову

концентрацію можна знайти, виходячи з таких міркувань. Ємність розчинних баків визначається за формулою

$$W = q t \delta / (10000 b \rho), \quad (1.41)$$

Де q - витрата води в м³/год;

t - термін, на який розраховано запас розчину, годин;

D - доза реагенту, г/м³;

b - концентрація розчину, %;

ρ - щільність розчину реагентів, т/м³.

Тоді при збільшенні витрати, але збереженні тієї ж ємності баку, буде справедливим рівність

$$\frac{Q_1 t D}{10000 b_1 \rho_1} = \frac{\varphi Q_1 t D}{10000 b_2 \rho_2}.$$

При $\rho_1 \approx \rho_2$ одержимо співвідношення

$$b_2 = b_1 \varphi,$$

Де b_2 і b_1 - концентрація розчину відповідно при збільшеній і існуючій витраті.

Якщо b_2 буде в межах, що рекомендуються нормативними документами, то об'єм баків збільшувати не потрібно. У випадку збільшення об'ємів баків необхідно перевірити можливість забезпечення технологічного процесу наявним допоміжним обладнанням (повітрорудками, дозаторами і т.д.).

В складах реагентів перевіряється термін, на який вистачить запасів реагентів при збільшеній витраті води і реагентів. При збереженні умов складування цей термін буде дорівнювати

$$T_2 = m_1 / \varphi, \quad (1.42)$$

де m_1 - запас реагенту до реконструкції,

φ - коефіцієнт збільшення витрати води.

Якщо термін зберігання реагенту виявиться менше допустимого нормативами, то розглядається питання можливості збільшення висота матеріалу, який повинен зберігатися в складі. У випадку неможливості цього необхідно передбачити додаткові склади для зберігання реагентів.

Основним параметром змішувачів, який може визвати необхідність улаштування додаткових споруд, являється витрата напору в них. Збільшення витрат напору приводить до збільшення рівня води в змішувачах

$$h = \xi v^2 / (2g)$$

При збільшенні витрати в φ разів швидкість також зростає в φ разів. Тоді співвідношення втрат напору при збільшенні витрати h_2 і втрат напору в початковому положенні буде

$$h_2 / h_1 = \varphi^2$$

Надмірне підвищення рівня води в змішувачах може привести до переливу води через переливні пристрої чи через їх борти.

В камерах осадоутворення необхідно перевіряти швидкість руху основного потоку, яка при збільшенні навантаження на камери може привести до руйнування пластівців, що в них сформувалися, і термін перебування в них води. В перегородчатих камерах осадоутворення швидкість руху води в коридорах:

$$V = q / (b h) \quad (1.43)$$

де b і h - широта і глибина потоку в камері.

Збільшення швидкості буде

$$v_1 = \varphi q / (b h) .$$

Тривалість перебування води в камерах

$$T = 60 w / q , \quad (1.44)$$

де w - об'єм камер в м^3 ,

Q - годинна витрата станції, $\text{м}^3/\text{год}$.

Із збільшенням витрат тривалість перебування води в камері зменшується до величини

$$T_1 = 60 w / (\varphi q) , \text{ хв.}$$

Швидкість висхідного потоку на виході з вихрової камери осадоутворення або камери з шаром завислого осаду визначається з виразу

$$v_1 = \varphi q / (a b) , \quad (1.45)$$

де a і b - розміри камери в плані.

Тривалість перебування води в камерах визначається так, як і в перегородчатих та водоворотних камерах.

Контрольні питання:

1. Види коагулянтів і способи їх використання.
2. Режимы коагулювання.
3. У яких випадках можливо переривчасте коагулювання?
4. Що дає зміна точки введення реагенту

5. Назвіть способи інтенсифікації змішування води з реагентами.
6. В яких випадках використовують перфоровані, струминні й дифузійні розподільники реагентів?
7. Який варто застосувати розподільник при введенні вапна?
8. Схема установки розподільника реагентів у вихровому змішувачі, контактній камері.
9. Коли варто застосовувати аерацію в змішувачі?
10. Переваги механічних змішувачів перед гідравлічними.
11. Чи впливає інтенсивність перемішування на тривалість фільтроциклу?

Тема 1.7 Удосконалення роботи очисних споруд

Мета вивчення теми: надати студентам інформативний матеріал стосовно особливостей удосконалення споруд першої ступені очистки та фільтрації води.

1. Способи інтенсифікації роботи споруд першої ступені очистки води.
2. Інтенсифікація фільтрування.

Ключові терміни: відстійник, фільтрування, прояснювач, модулі, швидкість, завантаження.

На очисних водопровідних станціях достатньо часто, внаслідок відносної простоти експлуатації та можливості пропуску великих витрат рідини, застосовуються горизонтальні відстійники, які представляють собою прямокутні резервуари, зазвичай виготовлені із залізобетону. Їх обладнують пристроями для водозабору та водорозподілу, а також для видалення осаду.

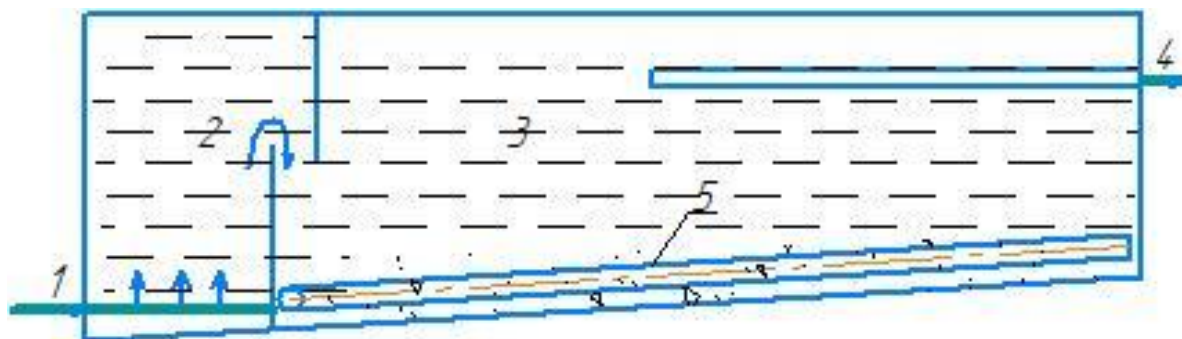


Рисунок 1.15 – Схема горизонтального відстійника

1-подача води, 2- камера пластівцеутворення, 3- камера відстійника, 4- відведення освітленої води, 5- зона видалення осаду

В деяких публікаціях доводиться, що ефективність осадження завислих речовин у відстійниках залежить від ряду факторів:

- хімічної підготовки води,
- виду та характеру пластівців коагулянту (чим крупніші за розмірами пластівці, тим ліпше і інтенсивніше буде випадати осад);
- рівномірності розподілу потоку води по всій площі осадження, та також розосередженого збору освітленої води та видалення осаду, режиму руху води (чим повільніше рухається вода, тим більший ефект її очистки).

До основних переваг в роботі цих споруд слід віднести: простоту експлуатації і надійність роботи в різні сезони року; незалежність їх роботи від коливань витрат води, яка потрапляє на очистку та зміни концентрації забруднень.

Найбільш досконалими в роботі вважаються освітлювачі коридорного типу.

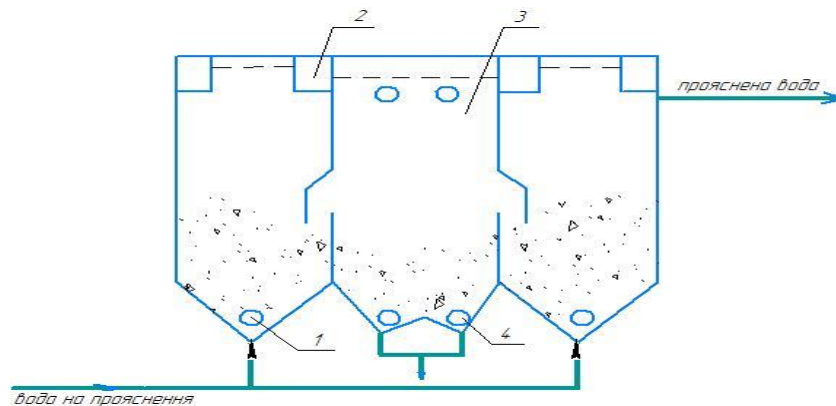


Рисунок 1.16 – Схема прояснювача коридорного типу

- 1 – підвід води; 2 – відвід освітленої води;
3 – осадоуцілювач; 4 – скид осаду.

Експлуатація прояснювачів з завислим шаром осаду значно складніша чим відстійників. Тому дослідження роботи освітлювачів з завислим осадом для конкретних вод, осадів і схем потрібні, щоб розрахунки елементів освітлювачів були більш досконалими. Для цього використовуються методи і досліди на моделях.

Основні способи інтенсифікації роботи споруд першої ступені очищення води наступні:

1. Поліпшення рівномірності розподілу води за перетином споруди.
2. Використання контактного завантаження
3. Установка тонкошарових модулів.
4. Рециркуляція осаду.
5. Спільне використання рециркуляторів.
6. Вдосконалення систем видалення осаду.
7. Реконструкція відстійників (освітлювачів) у флотатори.

Поліпшення рівномірності розподілу подачі та збору води ефект освітлення у відстійниках і освітлювачах із шаром завислого осаду істотно залежить від рівномірності роботи систем розподілу і збору води. Оцінка роботи останніх здійснюється за коефіцієнтом об'ємного використання або шляхом відбору проб води в різних точках за площею або висотою споруди і визначення в них, наприклад, лужності (при коагулюванні води лужність змінюється пропорційно введеним дозі коагулянту, тому при рівномірному розподілі потоку лужність приблизно однакова). Існує кілька способів поліпшення рівномірності розподілу води.

Використання *контактного завантаження* не тільки сприяє рівномірному розподілу потоку, але й поліпшує процес формування пластівців.

Спочатку в якості контактної середовища використовували гравій, завантаживши його на розподільну систему камери реакції із шаром завислого осаду. При цьому істотно поліпшувався ефект відстоювання.

Однак із часом було відзначено погіршення мікробіологічних показників якості води. Передбачалось, що пластівці будуть утворюватись на поверхні гравію і змиватись висхідним потоком. Але виявилось, що повного змиву не відбувається. Для промивання довелося зупинити відстійник і вручну промивати гравійне завантаження. Тому пізніше в якості контактної середовища стали використовувати плаваюче грубозернисте завантаження. Контактне завантаження розташовують у зоні розподілу в робочих коридорах прояснювачів із шаром завислого осаду (рис. 1.17), у камерах утворення пластівців. Промивання такого завантаження здійснюється шляхом скидання води з прояснювача, під час якого завантаження розширюється вниз.

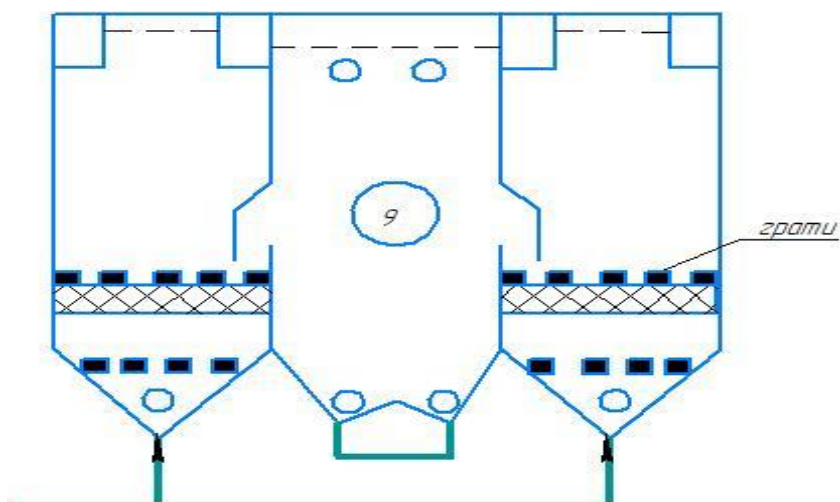
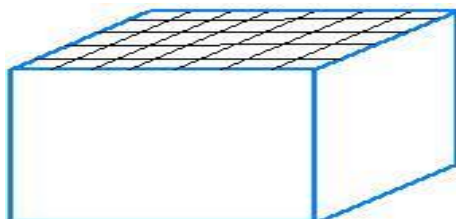
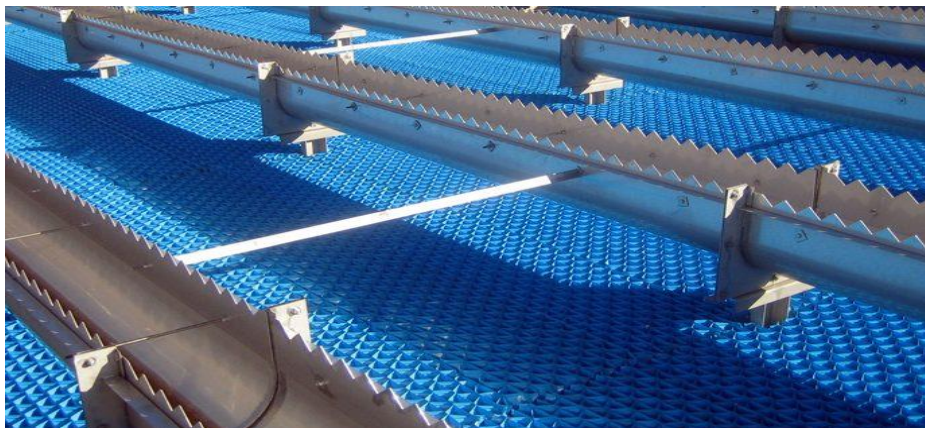


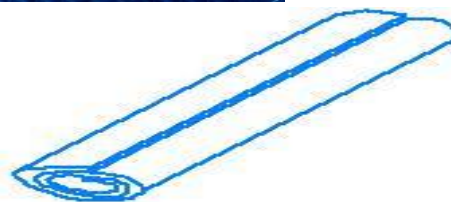
Рисунок 1.17– Схема прояснювача з контактним завантаженням

Одним з перспективних напрямків є застосування сучасних *багатоярусних тонкошарових відстійників*, в яких зона відстоювання розподіляється на декілька шарів і відбувається значно швидше. В тонкошарових відстійниках спостерігається більш сприятливі умови осадження, завдяки ліпшим гідродинамічним показникам, так як структура потоку в тонкому шарі наближається до ламінарного режиму.

Основним елементом споруди є пластини, які об'єднуються в модулі.



а



б

a—загальний вигляд; *б*—в складеному вигляді при транспортуванні;

Рисунок 1.18 - Тонкошаровий блок

Тонкошарові відстійники класифікують за конструкцією, матеріалами виготовлення тонкошарових елементів, за напрямком руху води і осаду.

За напрямком руху води в тонкошарових елементах розрізняють відстійники рис. 1.19 з горизонтальним рухом води 1, з висхідним 2-3, комбіновані.

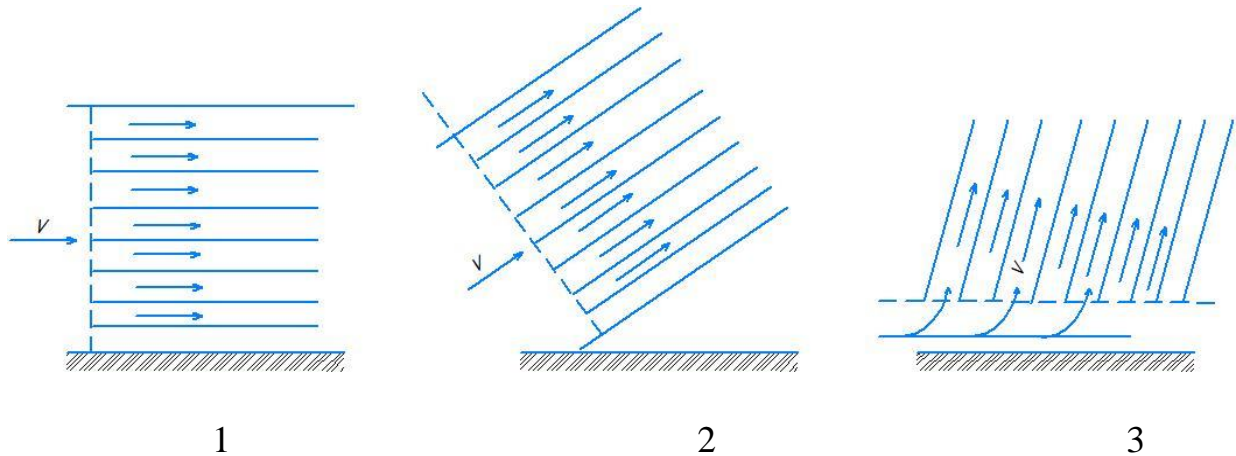


Рисунок 1.19- Схеми тонкошарових елементів

Для виготовлення модулів використовуються два види матеріалів: із гнучких матеріалів - тканинні, полімерні плівки та з жорстких матеріалів – метали, пластмаси, скло.

За конструкцією модулі розподіляють на трубчасті із різними перетинами: коло, прямокутник, квадрат та багатокутник; виконуються із труб переважно діаметром 25-50 мм та пластинчасті.

За класифікацією за напрямком руху розрізняють відстійники з перехресною схемою: осад рухається перпендикулярно руху потоку; протиточною схемою: рух осаду протилежний руху робочого потоку та прямоочною: осад і водний потік рухаються в одному напрямку.

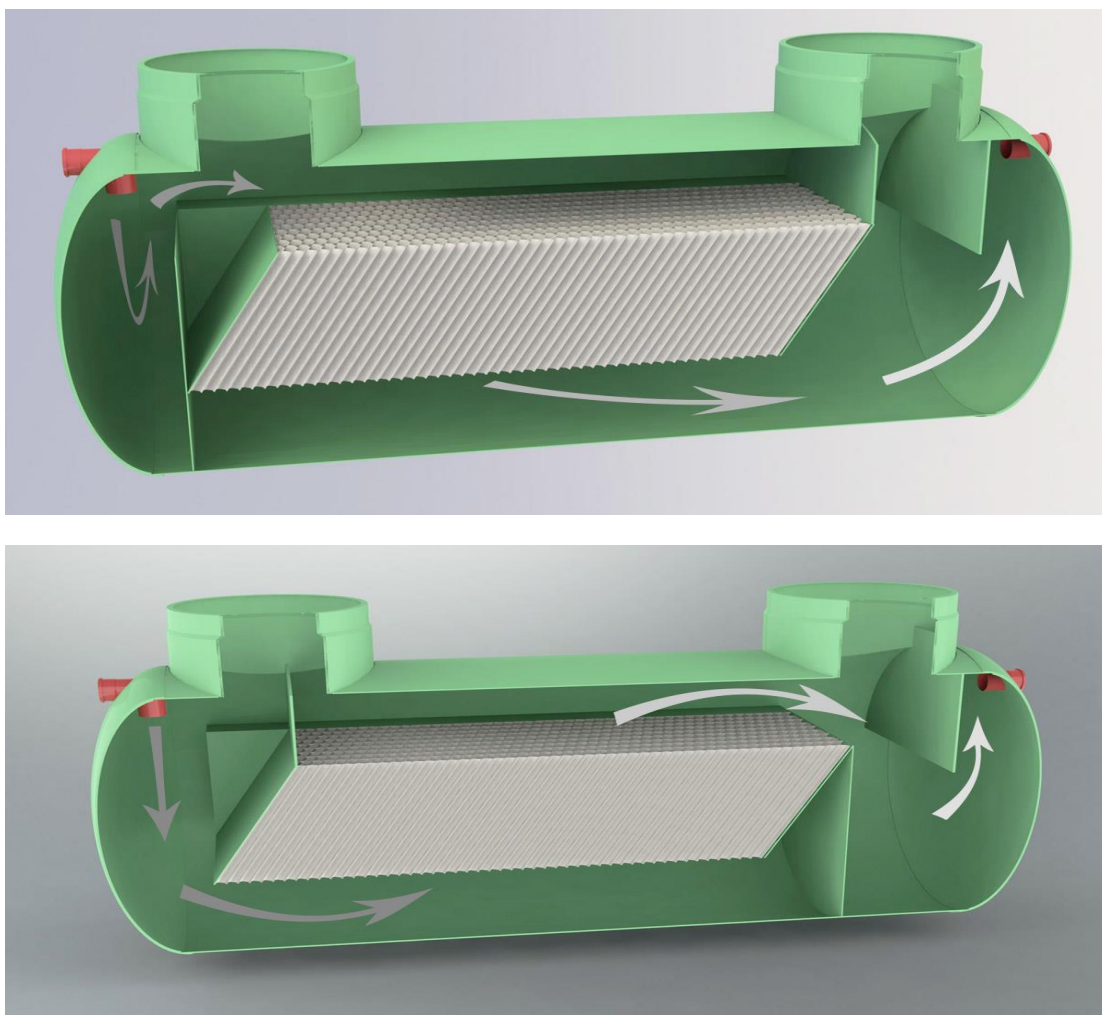


Рисунок 1.20 - Види руху води у відстійниках з тонкошаровими модулями

Тонкошарові споруди для відстоювання застосовуються як при реконструкції діючих споруд для інтенсифікації очисних процесів, так і на стадії проектування нових. Переобладнання відстійників з установкою в ньому тонкошарових пакетів дозволяє збільшити навантаження на нього більше, в 1,5-2 разів. Якщо навантаження не збільшувати, то буде кращою водопідготовка за рахунок затримання більш малих частинок з огляду на те, що максимальна швидкість потоку в пакетах зменшиться.

Вода рухається горизонтально під блоками, піднімається з низу догори і проходить тонкошарові модулі. Осадження завислих речовин відбувається в нахилених до обрію елементах (поз. 3). Осажені речовини накопичуються на поверхні, досягають критичної маси і завдяки нахилу модулю сповзають на дно відстійника. В цьому випадкові видалення завислих речовин відбувається значно швидше, аніж у вільному просторі води.

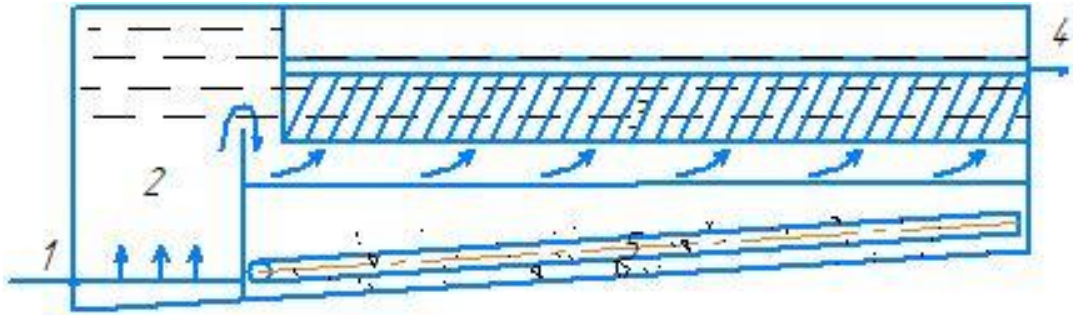


Рисунок 1.21 -Схема горизонтального відстійника з тонкошаровими елементами

1-подача води, 2- камера пластівцеутворення, 3- тонкошарові модулі, 4- відведення освітленої води, 5- зона видалення осаду

На сьогодні спеціалістами розроблені різні конструкції відстійників, які працюють за принципом тонкошарового осадження і застосовуються в технології підготовки води. На погляд багатьох авторів, що істотно під дією сили тяжіння осадження відбувається значно інтенсивніше в стислому просторі нахилених до обр'ю елементів (пластин). Однак варто мати на увазі, що ефективність роботи тонкошарових модулів залежить і від таких факторів, як якість підготовки пластівців, що надходять на осадження, рівномірності збору і розподілу води, надійності системи видалення осаду. Тому при реконструкції освітлювачів або відстійників необхідно підвищити ефективність камери утворення пластівців, збільшити коефіцієнт об'ємного використання цих споруд. Накопичення осаду під ТМ може привести до різкого погіршення якості відстояної води.

Вдосконалення систем видалення осаду. Дірчасті системи для видалення осаду не завжди забезпечують достатню продувку відстійників. У цих випадках рекомендуються донні клапани або напірний гідрозмив. Застосування донних клапанів вимагає реконструкції днища споруди. У дні відстійника влаштовують перекинуті бункери (рис. 1.22), під якими прокладають лоток або трубу для видалення осаду. Управління донними клапанами виводять на переkritтя відстійника, що потребує влаштування коридору для обслуговування.

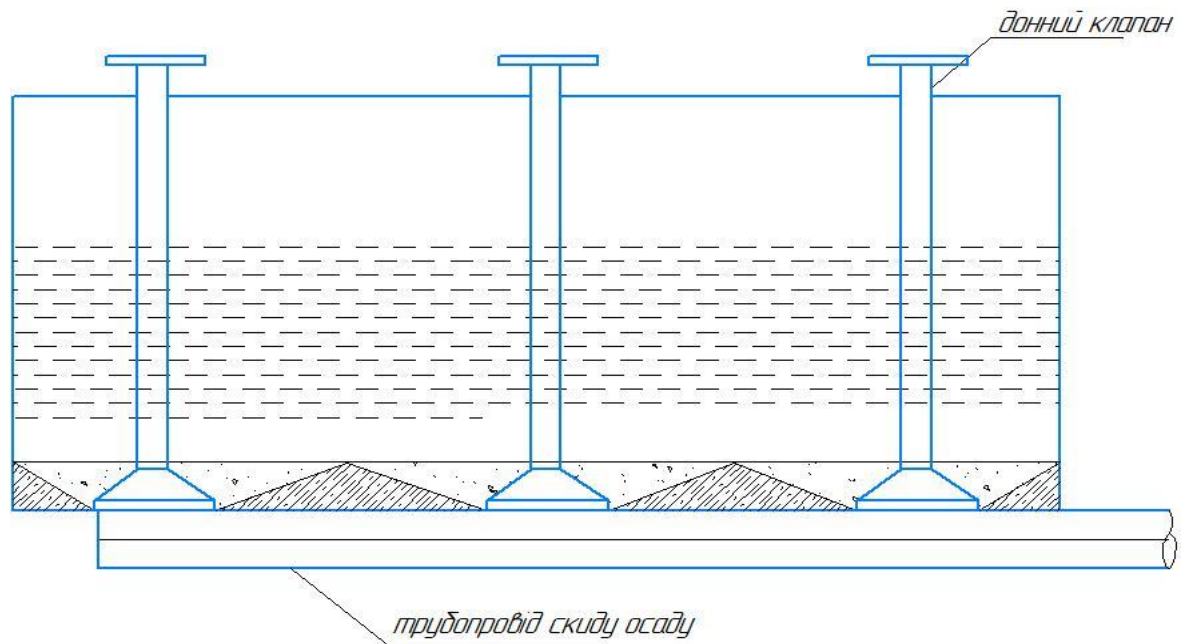


Рисунок 1.22 Схема горизонтального відстійника з донними клапанами
Система гідрозмиву рекомендується при обробці каламутних вод. При ширині відстійника 6 м укладають три труби, в котрих монтують насадки через 1 м, а в кінці (1/4 довжини)- через 1,5 м.

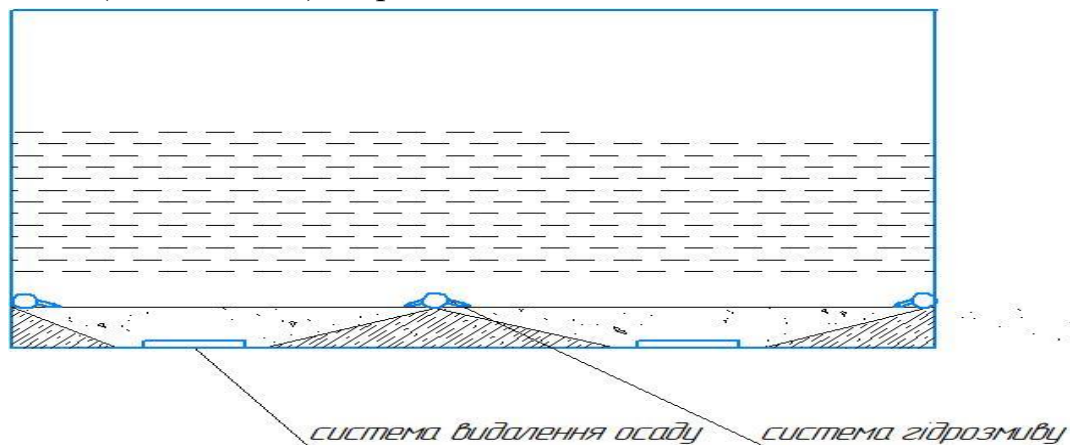


Рисунок 1.23 Схема горизонтального відстійника з гідрозмивом осаду
Флотація. Для малокаламутних кольорових вод, а також при наявності фіто- і зоопланктону можлива реконструкція відстійників у флотатори. Флотація менш чутлива до зміни якості води, краще видаляються мікроорганізми, в 2-3 рази менше втрати води. При флотації можна використовувати озон, досягаючи одночасно й дезодорації. Однак, тут потрібна установка компресорів і можуть виникнути складності з видаленням шламу-піни.

Фільтрування через зернистий шар повсюдно використовується як завершальний спосіб розділення суспензій при підготовці води. На водоочисних станціях фільтри - найбільш дорогі й складні споруди. Дослідники багатьох країн

довгий час вивчають фільтраційний процес і способи його інтенсифікації. Ця проблема актуальна і зараз.

Повне та часткове видалення із води завислих речовин фільтруванням відбувається в відкритих або напірних фільтрах, які складаються із корпусу, фільтруючого шару, дренажної або розподільчої системи, системи подачі води і відводу промивної води. Дренажна система зазвичай служить також для розподілення по площі фільтра промивної води.

Фільтрування води через фільтруючий шар відбувається під дією різниці тисків на вході в фільтр і на виході із нього.

В процесі фільтрації фільтруючий шар забруднюється затриманими завислими речовинами і втрати напору збільшуються до деякої величини, яка характеризує опір гранично забрудненого фільтруючого шару.

Найбільшого застосування в комунальному і промисловому водопостачанні отримали зернисті фільтри, завдяки нескладній регенерації фільтруючого шару з зернистих матеріалів, а також завдяки необхідності створення незначного тиску для пропуску води через фільтруюче завантаження. За швидкістю фільтрування їх поділяють на повільні (швидкість фільтрації менше 0,5 м/год), швидкі (2-15м/год) і зверхшвидкі (більше 25 м/год). По крупності зерен фільтруючого шару зернисті фільтри розподіляють на дрібнозернисті (повільні фільтри) з розміром зерен менше 0,4 мм; середньозернисті (0,4-0,8 мм) і крупнозернисті (більше 0,8 мм). [9].

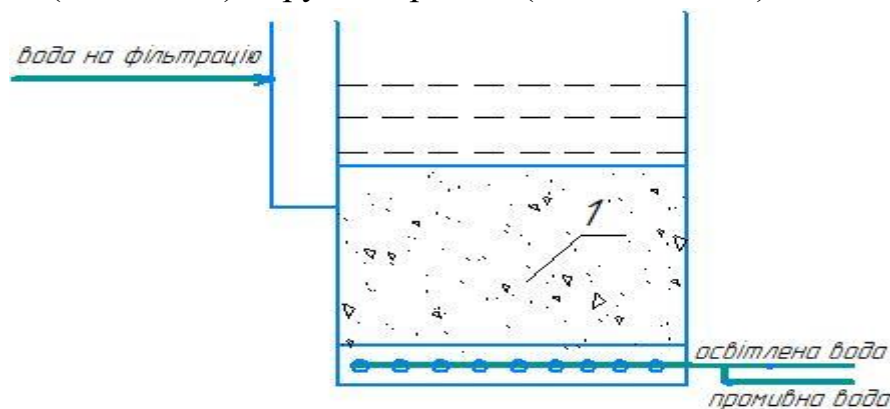


Рисунок 1.24 – Схема швидкого фільтру

1 – фільтруюче завантаження

В повільних та швидких фільтрах вода рухається через фільтруючий шар зверху вниз.

Ефективність роботи споруд для фільтрації води визначається конструктивними особливостями, гідравлічними умовами, фізично-хімічними та

структурно – механічними властивостями завислих речовин, які затримуються в порах завантаження. Поліпшення саме цих параметрів – одне із головних завдань підвищення ефективності процесу фільтрації води.

В контактних освітлювачах - знизу вверху, в яких процес коагуляції відбувається разом з процесом фільтрування. В процесі очистки води завислі речовини затримуються в шарі завантаження і глибина їх проникнення залежить від їх характеру, швидкості фільтрування та крупності зерен завантаження.

Фільтрування в напрямку крупності зерен, що убиває.

Основна перевага цього способу полягає в тому, що забруднення глибше проникають у шар, в результаті чого збільшується ступінь використання брудоемності завантаження, зменшується темп приросту втрат напору. Метод реалізований у конструкціях двох- і багат шарових фільтрів, контактних освітлювачів, двохпоточних і двоступінчастих фільтрів. У двох шарових фільтрах довгі роки використовувалося завантаження з антрациту й кварцового піску. Поява нових фільтруючих матеріалів значно розширює можливості застосування таких фільтрів.

Найбільш вдало переваги фільтрування в напрямку крупності, що убиває реалізуються в контактних прояснювачах з висхідним потоком води і завантаженням великої неоднорідності. Контактні прояснювачі, запропоновані в СРСР в 1953 р., широко застосовуються у вітчизняній і закордонній практиці. В контактних прояснювачах реалізовані принципи контактної коагуляції і фільтрування в напрямку зменшення крупності зерен, що дозволяє помітно збільшити брудомісткість споруди. На швидкі фільтри вода подається уже із сформованими пластівцями завислих речовин, а в контактних прояснювачах процес коагуляції відбувається безпосередньо в самому просторі фільтруючого завантаження. Внаслідок чого коагуляція відбувається значно швидше, ніж у вільному просторі.

Застосування двох ступенів контактних освітлювачів із крупно- і дрібнозернистими завантаженнями дозволило очищати висококаламутні води (до 1500 мг/л) без використання коагулянтів: швидкості фільтрування на першій й другій ступенях відповідно 3 і 1,5 м/год, тривалість фільтроциклу - 72-96 год.

Для очищення висококольорових, малокаламутних холодних вод (каламутність не більше 250-300, кольоровість не більше 150-200) розроблена схема двохступінчастого фільтрування: перша ступінь – контактні освітлювачі експлуатуються за межами часу захисної дії завантаження, а друга ступінь – швидкі фільтри з низхідним потоком.

Фільтруюче завантаження вважається основним робочим елементом більшості фільтрувальних споруд і значно впливає на ефективність їх роботи.

В якості фільтруючих матеріалів для зернистих фільтрів застосовують кварцовий, річний або кар'єрний пісок, дроблений кварц і антрацит, мармур, магнетит, керамзит, керамічну кришку.

За останні роки набір природних та спеціально виготовлених зернистих матеріалів, які можуть використовуватися в якості фільтруючого завантаження, суттєво поширився: керамзит, аглопорит, туфи, шлаки, полістирол, капрон, кліноптилолит, гранодіорит. Зерна фільтруючого завантаження характеризуються ефективним діаметром (міжзернова пористість p) і коефіцієнтом форми зерна (α_f). Саме збільшення значення показника p збільшує брудомісткість фільтру, а збільшення показника α_f – здатність затримувати забруднення. Саме ці показники в значній мірі впливають на роботу фільтру і можуть навіть вивести споруду з ладу. Застосування в якості фільтруючого завантаження більш крупного матеріалу приводить до зниження якості очищеної води. Використання неоднорідного завантаження приводять до погіршення умов промивки фільтру, оскільки дрібні фракції у висхідному потоці почнуть підніматися раніше за основну масу матеріалу. Необхідність зниження інтенсивності промивки в цьому разі приведе до недостатньої промивки всього шару завантаження і як наслідок, до накопичення залишкових забруднень, погіршуючи нормальну роботу споруди.

Внаслідок гідравлічного сортування завантаження при промивці у верхній частині фільтруючого шару накопичуються зерна малого розміру. Малі отвори пор дрібнозернистого завантаження погіршують проникнення завислих речовин в завантаження. Цей шар швидко замулюється і створює значні гідравлічні опори, що призводить до скорочення фільтроциклу а також до явища, коли значна частина фільтруючого шару в затримці забруднень практично не приймає участі.

Для вибору, оцінці та розрахунку фільтруючого завантаження визначаються її структурні показники, фізико-механічні властивості: щільність, міжзернова щільність. Структурні показники завантаження визначають її технологічні властивості: швидкість фільтрування, брудомісткість, тривалість фільтроциклу.

Для прояснення води важливим показником є міжзернова пористість завантаження, оскільки вона впливає брудомісткість шару. Найбільшу пористість мають фільтруючі завантаження неправильною формою зерен, які отримуються подрібненням щільного або пористого кускового матеріалу. Щільність матеріалу

також впливає на умови промивки. Мінімальна інтенсивність промивки при використанні реагентної обробки повинна складати не менше 12-14 л*с/м². Для двох та багатошарових фільтрів потрібні матеріали різної щільності, щоб при промивці не відбувалося перемішування шарів завантаження. Що стосується контактних прояснювачів щільність повинна бути значною (більше 2,5 г/см).

Більшість створених та вивчених сучасних фільтруючих матеріалів характеризуються великою питомою поверхньою та пористістю, і тому за технологічними показниками значно кращі за кварцовий пісок. Кварцовий пісок (річковий, морський або кар'єрний), який є найпоширенішим фільтруючим завантаженням характеризується показниками: $p = 34-42 \%$, коефіцієнт форми зерна = 1,17-1,87; інші, мають значно вищі фільтруючі показники: гранодіорит $p = 48-56 \%$ и $\alpha_f = 1,41-1,73$; горілі породи $p = 52-60 \%$, $\alpha_f = 2,0$.

Для розрахунку фільтрувальних споруд необхідно знати технологічні якості фільтруючого завантаження для обраного матеріалу: швидкість фільтрування при нормальному та форсованих режимах, інтенсивність промивки та рекомендований ступінь розширення фільтруючого завантаження.

Водоповітряне промивання, більш складне в конструктивному оформленні та в експлуатації, має значно більшу ефективність, ніж водяне. Існують роздільна і спільна водоповітряні промивання – при роздільному промиванні в завантаження подають спочатку тільки повітря, а потім воду. При спільному промиванні повітря й воду подають одночасно. Рекомендується трьохетапне промивання з інтенсивністю продувки 15-20 л/(с.м²) і зміною інтенсивності подачі води з 3-4 до 6 л/(с.м²) на останніх двох етапах. Дослідження показали можливість зниження інтенсивності продувки до 10 л/(с.м²) і проведення двохетапного промивання з постійною інтенсивністю подачі води, величина якої повинна бути не менше критичної для великих (d_{80}) зерен завантаження, що забезпечує повне витиснення повітря із завантаження.

Пульсуюче промивання. Відмивання забруднень обумовлене дотичними напруженнями на поверхні зерен завантаження і їх зіткнень. Отже, щонайкраще промивання відбувалось би у завислому шарі при високих швидкостях і низькій пористості.

Однак, ці дві вимоги суперечливі, тому що зі збільшенням витрати промивної води підвищується пористість завислого шару. На початку промивання інтенсивність подачі води досягає максимуму, після чого залишається майже постійною до кінця промивання. Завантаження ж, розширюючись, рухається повільніше промивної води до досягнення стану

рівноваги. Пористість шару при цьому вище пористості нерухомого шару, але менше, ніж у повністю розширеному стані. Поки завантаження не досягло повного розширення, інтенсивність її відмивання вище, ніж після завершення цього процесу.

Таким чином, при періодичній зміні інтенсивності промивання, завантаження більшу частину часу не буде повністю розширене. Це свідчить про можливість інтенсифікації промивання за рахунок пульсації потоку промивної води. Короткочасна подача підвищеної витрати води забезпечує її рух крізь малорозширений шар завантаження і, як наслідок, високі «дійсні» швидкості води в поровому об'ємі, інтенсивна взаємодія зерен. На етапі подачі малої витрати води завантаження осідає, пористість шару знижується, зерна й вода рухаються протитоком, відносні швидкості через це ростуть.

Контрольні питання:

1. Способи інтенсифікації освітлювачів із шаром завислого осаду, відстійників.
2. Як поліпшити рівномірність розподілу й збору води в горизонтальному відстійнику?
3. Принцип освітлення води в тонкому шарі.
4. Схема установки тонкошарових модулів у відстійниках і освітлювачах.
5. Способи поліпшення скидання осаду з горизонтального відстійника.
6. Переваги системи донних клапанів перед гідравлічним способом видалення осаду з відстійників.

Тема 1.8 Удосконалення роботи систем розподілу води

Мета вивчення теми: визначити особливості організації роботи систем розподілу води та ознайомити студентів з сучасними методами підвищення ефективності роботи.

1. Особливості систем розподілу води.
2. Аналіз ефективності використання енергії в системах подачі і розподілу води.

Ключові терміни: напір, навантаження, трубопрооводи, аварія, опір.

Основними етапами робіт з обстеження трубопровідних систем подачі та розподілу води є:

-збір і систематизація інформації про системи подачі й розподілу води: плани місцевості із трасами водоводів, камерами перемикань, місць підключення попутних споживачів; на планах повинні бути горизонталі. Крім того, повинні бути зібрані дані про труби - рік будівництва ділянки, матеріал, діаметр, ізоляція, стан труб; плани міської забудови з горизонталіями із вказівкою насосних станцій, башт, резервуарів, трас магістралей, колодязів, а також будинків.

Потрібна також інформація про труби, аналогічна водоводам. Для систематизації цієї інформації перспективне використання програм, які дозволяють не тільки легко вносити і корегувати інформацію про всі труби, арматури і колодязі, але й використовувати її для наступних розрахунків водоводів і водопровідної мережі.

Необхідність удосконалення водопровідних мереж в системах водопостачання виникає з таких причин:

- Збільшення кількості мешканців в місті і необхідність розширення жилої зони;
- Зміна структури, потужності і схеми розміщення промислових об'єктів;
- Реконструкція жилих районів міста;
- Погіршення гідравлічних показників роботи мережі на протязі експлуатації;
- Необхідність оптимізації роботи окремих елементів і мережі в цілому.

Перші три причини вимагають збільшення пропускної можливості мережі в тому чи іншому вигляді (шляхом зниження загального опору мережі за рахунок

додаткових ділянок при розширенні системи). При цьому велике значення має збереження пропускної можливості мережі постійною на протязі довгого часу. Проте в процесі експлуатації пропускна можливість металевих трубопроводів значно зменшується внаслідок зростання їх шершавості при внутрішній корозії. Досвід показує, що гідравлічний опір трубопроводів зростає в 2-7 разів і більше в порівнянні з початковою величиною. Він залежить від діаметру і матеріалу труб, хімічних показників якості води, умов роботи і терміну експлуатації трубопроводу. Тому до розробки проекту вдосконалення необхідно встановити дійсну картину розподілу тисків в мережі і виміряти реальний опір основних магістралей мережі.

Для вимірювання напорів в водопровідній мережі і виявлення характеру їх змін на протязі доби проводять манометричну зйомку мережі. Для цього на ній вибирають характерні точки, в яких вимірюють фактичні напори. Кількість таких точок залежить від розмірів мережі. Чим їх більше, тим картина буде повнішою. Напори вимірюють за допомогою самопишучих приладів. Манометри встановлюються в водопровідних колодязях на приварених до труб сталевих патрубках (штуцерах) і підключаються за допомогою трьохходових кранів. Підключити манометри до мережі можна також за допомогою стендера.

Манометрична зйомка - вимірювання напорів на водопровідній мережі. Метою зйомки є визначення п'єзометричних напорів у вузлах і втрат напору на ділянках.

Одночасній зйомці у великій кількості точок і при приблизно постійній витраті і часто це практично неможливо виконати. Тоді, зйомку ведуть по зонах мережі. На схемі мережі ретельно розробляють маршрут, намічають характерні точки (мінімум 3-10): високі й низькі відмітки землі, місця підключення великих споживачів, основні перетинання магістралей (не менш 70% точок перетинання), підключення водоживильників, резервуарів. У характерних точках бажано поставити манометри - самописи, або датчики з модемами, що передають показання в диспетчерський пункт. Зйомку роблять для всіх характерних режимів роботи, як мінімум повинні бути виконані виміри в періоди максимального і мінімального водоспоживання, бажано влітку. Час вимірів, що рекомендується - уночі з 1-ї до 5-ї години і вдень із 11-ї до 15-ї години. За досвідом мережа в ці години працює стабільно. У випадку зміни режиму роботи насосної станції або аварії зйомку припиняють і повторюють в іншу добу в той же час. Вимірювання виконують манометрами класу точності 0,4 - 0,6, що підключаються до мережі за допомогою штуцера через триходовий кран, або за допомогою стендера, що

приєднується до гідранта. До початку зйомки намічають маршрут, монтують штуцера для підключення манометрів і визначають геодезичні відмітки їх осей. На основі отриманих даних будують карту ізоліній (рівних напорів) і п'езометричні лінії.

Манометрична зйомка дозволяє зробити попередній аналіз і встановити:

1. Зони з недостатніми або надлишковими вільними напорами.
2. Перевантажені і недовантажені ділянки мережі (ділянки із занадто великими або малими втратами напору).
3. Намітити «вузькі» місця мережі.
4. Зробити попередній висновок про необхідність будівництва станцій регулювання або зонування мережі.

В результаті такого аналізу можна спробувати усунути найбільш прості дефекти, наприклад, виявити прикриті або несправні засувки. Іноді вдається виявити несанкціоновані підключення до мережі. Намічені заходи щодо інтенсифікації мережі (наприклад, укладання додаткових ліній) повинні бути перевірені розрахунками.

Для визначення п'езометричних позначок в розрахункових точках мережі попередньо за допомогою нівелірування повинні бути знайдені геометричні позначки вісі манометрів. П'езометричні позначки визначають за формулою

$$P_{i,j} = z_{o,i} + H_{i,j}, \quad (1.46)$$

де $z_{o,i}$ - позначки вісі манометра в i -й точці мережі, м;

$H_{i,j}$ - напір в цій точці для j -ої години доби, який одержується за допомогою манометрів-самописців.

За результатами вимірювання вільних напорів в точках мережі і обчислення по ним п'езометричних позначок в усіх точках будують лінії рівних п'езометричних позначок (ізолінії) по ділянках мережі для характерних випадків водоспоживання і водоподачі (звичайно це години максимального і мінімального водоспоживання з мережі). Густина розміщення цих ліній дозволяє встановити, які ділянки мережі і в якій мірі являються перевантаженими або недовантаженими. Для цього обчислюють гідравлічні ухили для всіх ділянок водопровідної мережі і порівнюють їх з граничними економічними значеннями, які визначаються за формулами:

$$I_{\min} = \frac{8\lambda}{\pi^2 g d_p^5} q^2_{\min}, \quad (1.47)$$

$$I_{\max} = \frac{8\lambda}{\pi^2 g} \times \frac{Q_{\max}^2}{d_p^5}. \quad (1.48)$$

де q_{\min} і q_{\max} - граничні економічні витрати води, які приймаються за таблицями Шевельова або іншим аналогічним джерелом;

λ - коефіцієнт опору тертю по довжині;

d_p - розрахунковий внутрішній діаметр труби.

Фактичні гідравлічні ухили на ділянках мережі обчислюються за формулою:

$$i_{n-k} = (n_n - n_k) / l_{n-k}, \quad (1.49)$$

де n_n і n_k - п'езометричні позначки на початку і в кінці ділянки $n-k$;

l_{n-k} - довжина цієї ділянки.

Однако не завжди можна скористуватися цією формулою для окремих ділянок тому, що для цього необхідно, щоб вимірювання напорів було проведено в кінцевих точках ділянки. Для оцінки гідравлічних опорів окремих ділянок діючих водопровідних мереж частіше всього користуються методом "трьох манометрів". Для цього збирають схему вимірювання, яка приведена на рис. 1.25.

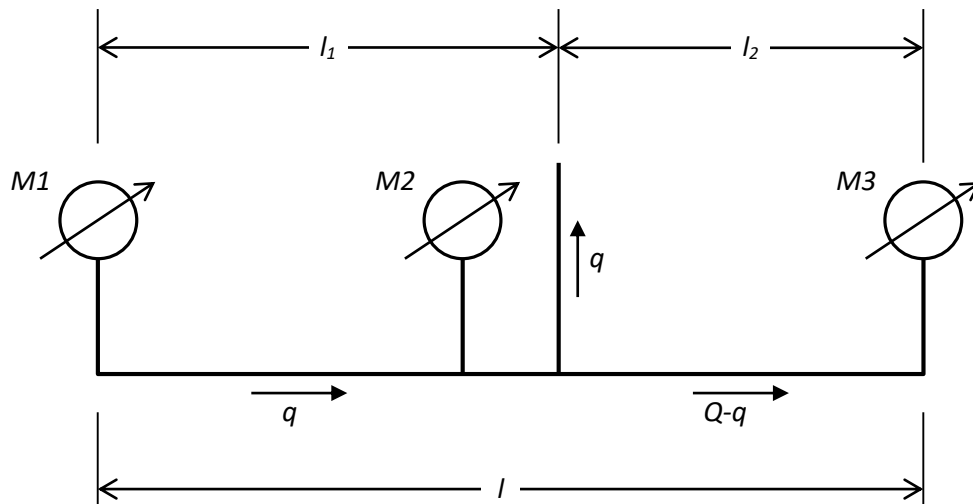


Рисунок 1.25 Схема вимірювання

Фактичний питомий опір трубопроводу, який досліджується, визначається за формулою:

$$S_{\text{факт}} = (\sqrt{i_1} - \sqrt{i_2})^2 / q^2, \quad (1.50)$$

де i_1 і i_2 - гідравлічні ухили на ділянках довжиною l_1 і l_2 , які визначаються співвідношеннями $i_1 = h_1/l_1$ і $i_2 = h_2/l_2$,

h_1 і h_2 - втрати напору на цих ділянках, які вимірюються за допомогою зразкових манометрів

$$h_1 = 10 (m1 - m2) \pm \Delta h_1$$

$$h_2 = 10 (m2 - m3) \pm \Delta h_2,$$

Де $m1, m2, m3$ - показання зразкових манометрів в кгс/см²;

Δh_1 і Δh_2 - різниця в позначках вісей відповідно першого та другого і другого та третього манометрів, м;

q - витрата води, яка скидається через відгалуження, що знаходиться на відстані l_1 від початку трубопроводу.

Визначення витрати q , яка проходить по трубопроводу, являється найбільш складною і трудоемною операцією. Дуже точним в цьому випадку являється об'ємний метод, при якому справедливе рівенство

$$Q = w / t, \quad (1.51)$$

де w - об'єм ємності (резервуару), який заповнюється чи спорожняється за час t .

Цим методом доцільно визначити витрату води при випробуванні насосів і водоводів, а також при вимірюванні за методом "трьох манометрів" витрати q , яка відбирається через пожежні гідранти. Однак при наявності великої кількості ділянок мережі така робота являється дуже громіздкою. Тому при обстеженні діючої системи подачі і розподілу води доцільно випробувати лише характерні ділянки мережі, які треба зібрати в групи в залежності від матеріалу і діаметра труб, а також від умов і термінів їх експлуатації. [5].

Для запобігання утворення відкладень на внутрішній поверхні металевих трубопроводів необхідно їх захищати від корозії шляхом стабілізації води і своєчасно очищувати. Очистку внутрішньої поверхні труб діаметром 100-1200 мм від різних відкладень і продуктів корозії доцільно проводити за допомогою спеціального пристрою, який пересувається по трубопроводу за допомогою тиску води або стиснутого повітря. Ножові головки пристрою протискуються до очищеної поверхні трубопроводів пружинами і при рухові пристрою зрізають відкладення на трубах. Відкладення, які зрізаються, видаляються через грязьовики, відстань між якими залежить від діаметру трубопроводу, який

очищується, і від кількості відкладень в ньому. Орієнтовно цю відстань можна визначити за формулою:

$$l = 7,2 d - 0,32 \quad \text{км},$$

де d - діаметр умовного проходу трубопроводу, який очищується, м.

Кульове з'єднання елементів дозволяє проходити трубопроводи різних діаметрів і здійснювати повороти в них до 90^0 . Очистка труб від відкладень дозволяє відновити їх пропускну здібність і уповільнити процес корозії, а отже зменшити число аварій на трубах і збільшити термін їх експлуатації з 15 до 30 років.

Крім вивчення характеристик мережі, необхідно визначити фактичні характеристики насосів, які працюють на мережу. Це дозволяє встановити причини перебоїв в роботі системи подачі і розподілу води, які виражаються в зниженні подачі води насосами в мережу.

Як показує досвід натурних досліджень міських водопроводів, головними причинами таких перебоїв являються:

- Штучне зменшення подачі насосів для уникнення перегріву електродвигунів внаслідок зміни енергетичних характеристик насосів в бік збільшення потужності, яка споживається, і наявності у електродвигуна обмеженої потужності;
- Збільшення гідравлічного опору в водопровідній системі внаслідок утворення в трубах корозійних відкладень;
- Штучне гасіння напору в системі прикриттям засувки на водоводах з метою зменшення напорів в системі, а отже, зниженням вірогідності можливих розривів водопровідних ліній.

Наявність таких явищ призводить до зменшення подачі води споживачам і перевитрати електроенергії, яка витрачається на підймання води.

Для забезпечення зростаючих вимог водоспоживачів вивчають роботу всіх споруд системи подачі і розподілу води, з'ясовують можливість чи доцільність використання тих насосів, які експлуатуються, і вибирають оптимальний режим їх роботи. При цьому може бути одне або кілька можливих рішень:

- Використання тих же насосів, які вже експлуатуються, але з заміною електродвигунів на більш потужні;
- Обточка робочого колеса насоса;
- Встановлення паралельно додаткових насосів;
- Заміна насосного обладнання;
- Зниження гідравлічних опорів водопровідної системи.

Для прийняття рішення щодо вдосконалення роботи насосної станції знімається напірно-витратна характеристика насосів.

На цьому основні натурні дослідження вимірювання закінчуються. В подальшому після виконання необхідних розрахунків і аналізів знадобиться уточнюючі вимірювання.

Аналіз зібраного матеріалу дозволяє визначити, які параметри елементів мережі повинні бути вивчені більш детально. При цьому на цій стадії можуть визначатися аналітично на основі вимірювань, які уже є, деякі параметри, що не вимірювались інструментально. До таких параметрів відносяться любі з складових залежності:

$$h = s_0 l q^2.$$

так наприклад, якщо вимірювались напори в кінцевих точках, то при відомому діаметрі можна визначити витрату в лінії і навпаки. Проте в реальній практиці задачі значно ускладнюється, коли між точками вимірювання тисків є відбори води. В цьому випадку точний розподіл загальних витрат напору між окремими ділянками можливий тільки при вимірюванні цих витрат, що для всієї мережі практично неможливо.

При вдосконаленні систем водопостачання часто доводиться розв'язувати задачу збільшення подачі води по існуючому водоводу, яку можна вирішити наступними способами:

- Установкою більш потужних насосів або підключенням паралельно до уже встановлених насосів додаткового однотипного насосу;
- Зменшенням опору водоводу за рахунок додаткової прокладки ще однієї лінії водоводу;
- Суміщенням першого і другого способів.

При першому способі для вибору насосу необхідно визначити його параметри: витрату і напір. Розрахункова витрата буде

$$Q_H = \varphi q_y.$$

Де φ - коефіцієнт збільшення витрати води по водоводу ($\varphi > 1$);

Q_y - подача установленого насосу.

Напір насосу

$$H = h_z + q_H^2 (s_k + s_b), \quad (1.52)$$

де s_k і s_b - опір комунікацій насосної станції і водоводу відповідно.

Якщо вода подається кількома водоводами, то напір і подача визначаються так же, але s_b визначається за формулою:

$$S_e = 1 / \left(\sum_1^m 1 / \sqrt{S_i} \right)^2, \quad (1.53)$$

де m - кількість водоводів,

S_i - опір одного водоводу.

$$S_i = s_0 l.$$

- при іншому способі збільшення подачі води задача зводиться до визначення діаметра або довжини додаткової лінії. Якщо трубопровід, який прокладається додатково, має таку ж довжину, як і існуючі лінії, то спочатку визначають його опір, а потім по таблицях в залежності від s_0 визначають діаметр. Визначити опір додаткового водоводу можна, виходячи з міркувань, які наведено нижче. Розглянемо характеристику насоса, який працює на мережу (рис. 1.26).

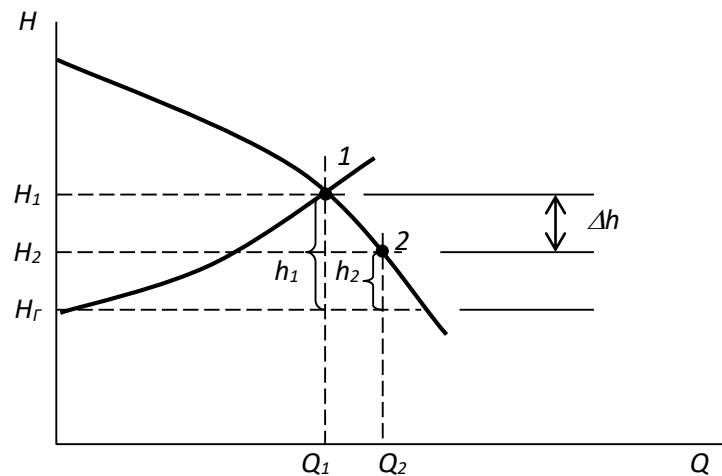


Рисунок 1.26 - Характеристика насоса при роботі на мережу

Нехай в вихідному стані робоча точка була в положенні 1 з параметрами h_1 і q_1 . Якщо необхідно подавати збільшену витрату q_2 , робоча точка переміститься в положення 2 і параметрами її стануть h_2 і q_2 . При цьому напір знижується на величину Δh

$$\Delta h = h_1 - h_2.$$

Якщо знизити сумарний опір водоводів на величину $\Delta h < h_1$, то режим споживача, який одержує воду з цього водоводу не зміниться. Сумарні втрати напору в водоводі при подачі q_1 і q_3 з врахуванням аналітичного вираження характеристики насосів будуть описуватись залежностями:

$$h_1 = n_\phi - s_\phi q_1^2 - n_z,$$

$$h_2 = n_\phi - s_\phi q_2^2 - n_z,$$

Де h_ϕ і s_ϕ - параметри аналітичного описання напірно-витратної характеристики насосів;

H_2 - геометрична висота підйому.

Тоді,

$$\begin{aligned} \Delta h &= h_1 - h_2 = h_\phi - s_\phi q_1^2 - h_2 - h_\phi + s_\phi q_2^2 + h_2 = \\ &= s_\phi q_2^2 - s_\phi q_1^2 = s_\phi (q_2^2 - q_1^2). \end{aligned}$$

Відносне збільшення подачі буде

$$Q_2 / q_1 = \varphi.$$

Звідси

$$Q_2 = \varphi q_1,$$

$$\text{а } \Delta h = s_\phi (\varphi q_1^2 - q_1^2) = s_\phi q_1^2 (\varphi^2 - 1).$$

Щоб забезпечити збільшення подачі по водоводах, треба знизити його опір на величину Δh і прокласти додатковий водовід такої ж довжини, сумарні втрати в якому рівнялися б величині h_2

$$h_2 = h_1 - \Delta h = s_1 q_1^2 - s_\phi q_1^2 (\varphi^2 - 1) = q_1^2 [s_1 - s_\phi (\varphi^2 - 1)].$$

Де s_1 - опір існуючого водоводу.

При прокладці підсилюючого водоводу витрата води в діючому повинна зменшуватись. Його величину q_3 можна знайти з виразу:

$$S_1 q_3^2 = q_1^2 [s_1 - s_\phi (\varphi^2 - 1)],$$

$$Q_3 = q_1 \sqrt{\frac{S_1 - S_\phi (\varphi^2 - 1)}{S_1}}.$$

Враховуючи, що втрати в існуючому водоводі і в підсилюючому водоводі повинні бути однаковими, можна написати рівняння

$$S_2 q_4^2 = q_1^2 [s_1 - s_\phi (\varphi^2 - 1)],$$

Де q_4 - витрата в підсилюючому водоводі,

$$Q_4 = q_2 - q_3,$$

S_2 - повний опір підсилюючого водоводу

$$S_2 = s_{on} l,$$

S_{on} і l - питомий опір і довжина підсилюючого водоводу відповідно.

Тоді

$$S_{on} = (q_1^2 / q_4^2) (s_1 - s_\phi (\varphi^2 - 1)) / l.$$

По s_{on} визначається необхідний діаметр підсилюючого водоводу.

Якщо до підсилення в схемі було кілька водоводів, то порядок розрахунку залишається таким же. Відміна тільки в тому, що витрата по одному водоводу повинна визначатися за формулою:

$$Q_1 = q/n, \quad (1.54)$$

де q - загальна витрата, яка подається водоводами до їх підсилення;

n - кількість водоводів.

підсилення водоводів не завжди вимагає прокладання додаткових водоводів на повну довжину. Підсилення можливо і за схемою, приведеною на рис. 1.23.

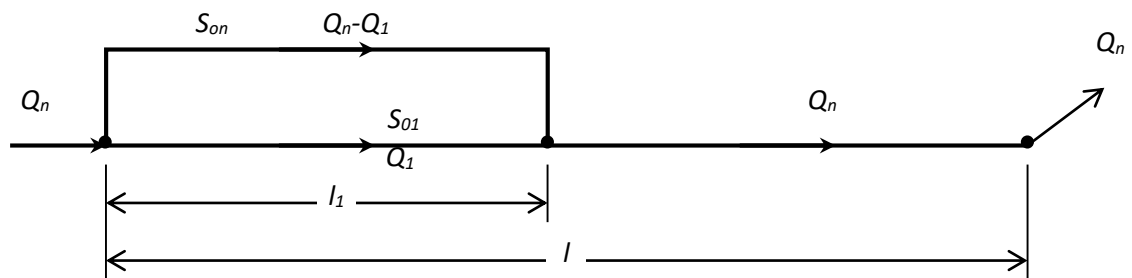


Рисунок 1.27 - Підсилення водоводу за допомогою додаткового водоводу

В цьому випадку задача зводиться до визначення довжини l_1 додаткового водоводу, яка забезпечує необхідне підсилення. Припустимо, що водоводи підсилюються лінією з питомим опором s_{on} для пропуску збільшеної витрати q_n . Тоді для приведеної схеми будуть справедливими рівняння

$$h = s_{0l} l_1 q_1^2 + (s_{0l} l - s_{0l} l_1) q_n^2,$$

$$h = s_{on} l_1 (q_n - q_1)^2 + (s_{0l} l - s_{0l} l_1) q_n^2,$$

де h - втрати напору, які винні бути в водоводах при подачі збільшеної витрати;

S_0 - питомий опір існуючого водоводу;

l і l_1 - довжина існуючого і підсилюючого водоводу відповідно;

Q_1 - витрата на ділянці існуючого водоводу, паралельного підсилюючому водоводу;

Q_n - витрата води на ділянці існуючого водоводу, який не має паралельного підсилюючого водоводу.

Для кільця справедливе рівняння

$$S_{0l} l_1 q_1^2 = s_{on} l_1 (q_n - q_1)^2.$$

Тоді,

$$Q_1 = (q_n - q_1) \sqrt{\frac{S_{on}}{S_{01}}}.$$

Звідки:

$$Q_1 = q_n \sqrt{S_{on}} / (\sqrt{S_{01}} + \sqrt{S_{on}}).$$

При відомій витраті в існуючому водоводі і загальній витраті після підсилення можна визначити необхідну довжину підсилюючого водоводу. З наведеного вище рівняння для втрат напору в водоводах після підсилення отримаємо

$$h = s_{01} l_1 q_1^2 + s_{01} l q_n^2 - s_{01} l_1 q_n^2,$$

$$h - s_{01} l_1 q_n^2 = (s_{01} q_1^2 - s_{01} q_n^2) l_1,$$

Звідки

$$l_1 = (h - s_{01} l q_n^2) / (s_{01} q_1^2 - s_{01} q_n^2).$$

Важливою задачею при експлуатації систем водопостачання являється задача оптимізації їх роботи. Ця задача виникає в зв'язку із зміною умов їх функціонування через певний час експлуатації. При цьому треба розв'язувати такі окремі задачі:

- Оптимальний розподіл навантаження між насосними станціями, які живлять водопровідну мережу;
- Оптимізація параметрів насосних агрегатів;
- Оптимізація водопровідної мережі.

Всі оптимізаційні рішення базуються на пошуках мінімуму приведених витрат $w=f(q_i)$. При оптимізації розподілу навантаження між насосними станціями, які живлять водопровідну мережу, мінімізуючи функцію цілі $w=f(q_i)$, можна знайти тільки відносний мінімум для прийнятого розподілу потоків. Ця задача відноситься до класу задач нелінійного математичного програмування і може бути сформульована так: мінімізувати функцію цілі $w=f(q_i)$ при дотриманні наступних обмежень:

- Фактичні напори в усіх точках мережі повинні бути не менше потрібних і не більше допустимих, тобто,

$$H_{\max} \geq H_i \geq H_{\min};$$

$$i_{\max} \geq i_k = f(q_k) \geq i_{\min}.$$

Враховуючи, що система подачі і розподілу води розраховується на забезпечення водоспоживання в годину максимального відбору, то насосні станції, які подають воду в систему в години середнього і мінімального відборів будуть розвивати напори, що перевищують необхідні в диктуючих точках, а це приводить до перевитрати електроенергії. Для виключення цього на насосних станціях доцільно встановлювати насоси з регулюванням частоти обертання робочих коліс, що дозволяє знижувати надлишкові напори і витрату електроенергії.

Необхідна частота обертання робочого колеса насоса, який регулюється, визначається за формулою:

$$n_i = n_p \sqrt{H_{\phi i} / H_{\phi p}}, \quad (1.53)$$

де n_i і $H_{\phi i}$ - частота обертання і параметр аналітичної характеристики насоса в i -у годину роботи;

n_p і $H_{\phi p}$ - частота обертання і параметр аналітичної характеристики в розрахункову (максимальну) годину.

Суть оптимізації параметрів насосів зводиться до ув'язки напору і подачі насосів з необхідними напорами і витратами в мережі при мінімальних нераціональних витратах. Оскільки напір і подача насосів за рахунок авторегулювання визначається параметрами мережі, то задача розв'язується шляхом послідовного наближення. Для цього задаються першопочатковим значенням витрати води від насосної станції q_{ni} для того моменту, який розглядається (при кількох водоживлювачах - від кожної насосної станції). Потім розраховують мережу з ув'язкою кілець, обчислюють суму втрат напору, перевіряють величину витрати q_{ni} за формулою:

$$Q_{ni} = \sqrt{(H_{\phi} - H_{\Gamma} - \sum h_i) / S_{\phi}} \quad (1.54)$$

порівнюють її з попереднім значенням.

Розрахунок ведеться до виконання умови

$$Q_{n(k+1)} - q_{n(k)} \leq \Delta q, \quad (1.55)$$

де k - число наближень;

Δq - допустима нев'язка.

Величина $\sum h_i$ обчислюється як сума втрат напору по одному з напрямів від точки примикання водоводів до мережі до точки сходу потоків. При наявності вимірювання сумарна втрата може бути обчислена як відповідна різниця п'єзометричних напорів.

На основі таких розрахунків може бути складено графік роботи насосів або прийнято рішення про обточку колеса насосів чи їх заміни.

При оптимізації роботи водопровідної мережі проводиться аналіз втрат напору на окремих ділянках мережі. Для цього доцільно побудувати ізокарту п'єзометричних напорів, яка дозволить визначити ділянки з великими гідравлічними ухилами. Причиною останніх може бути перевантаженість ділянки, збільшення втрат напору внаслідок корозії, приховані підземні витoki води.

Розвантаження ділянок виконується заміною трубопроводу на трубопровід більшого діаметру або прокладкою ще однієї лінії, яка паралельна існуючій. При цьому діаметр додаткової лінії визначається в залежності від задачі, яка розв'язується. Якщо прокладка додаткової лінії необхідна для того, щоб зменшити втрати напору в ній в n раз, то діаметр її можна визначити, виходячи з слідуєчих залежностей:

$$H = s q^2, \quad h/n = s q^2, \quad h/n = s_0 l q^2, \quad s_0 = h/(n l q^2),$$

де l і q - довжина ділянки і витрата води в ній.

По s_0 визначається діаметр ділянки.

Якщо прокладка додаткової лінії необхідна для того, щоб збільшити подачу води нею в m разів при збереженні тих же втрат напору, діаметр визначається з виразу

$$S_1 q_1^2 = s_2 (m q_1)^2,$$

$$S_{01} l q_1^2 = s_{02} l (m q_1)^2,$$

$$S_{02} = s_{01} / m^2,$$

Де s_{01} і s_{02} - питомі опори відповідно існуючої лінії і лінії, яка прокладається паралельно їй;

m - коефіцієнт збільшення витрати

$$M = q_2 / q_1.$$

По питомому опорі s_{02} визначається діаметр паралельної ділянки.

При збільшенні опору ділянки внаслідок корозії трубопроводу його зміна залежить від діаметра трубопроводу:

- При малому діаметрі можна використати промивку з хімічними розчинниками, а якщо це не допомагає - можлива перекладка цієї ділянки;

- При великому діаметрі використовуються різні методи промивки і очистки трубопроводів.

Якщо перевантаження ділянки і велике збільшення його опору не підтверджуються, а на ділянці спостерігаються великі втрати напору, то причиною цього можуть бути приховані витоки або зіпсована запірна арматура на лінії.

Одним з шляхів оптимізації роботи мережі являється її зонування, яке дозволяє знизити надлишкові напори. Для цього, починаючи з самої далекої точки сходу в мережі, будується графік витрати енергії (рис. 1.28).

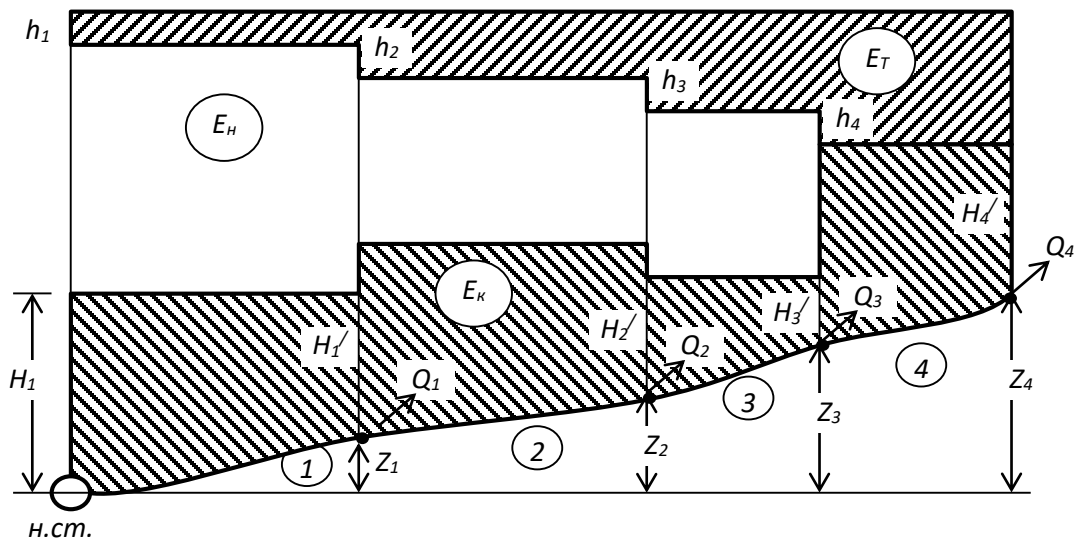


Рисунок 1.28 - Графік витрати енергії в системі

Потім визначається показник ефективності використання енергії в централізованій системі водопостачання

$$\varphi = (e_k + e_m) / e = 1 - e_k / e, \quad (1.56)$$

де e_k - енергія, яка потрібна для створення напорів, необхідних для споживачів,

$$E_k = \sum \rho g q_i h_i; \quad (1.57)$$

Q_i і h_i - витрата і напір, які повинні бути в i -й точці;

E_t - витрата енергії на тертя

$$E_t = \sum \rho g q_{ik} h_{ik}, \quad (1.58)$$

q_{ik} і h_{ik} - витрата води і втрата напору на ділянці ik ;

E_n - витрата енергії на створення надлишкових напорів.

Оптимізація мережі при зонуванні зводиться до розбивки загальної мережі на зони з оцінкою коефіцієнту ефективності, який в ідеалі повинен наближатися до одиниці. Кінцеве рішення приймається після техніко-економічного обґрунтування варіантів [5].

Зміна територіального розміщення, структури і режиму роботи підприємств викликає необхідність перерозподілу потоків в водопровідній мережі. Це пов'язано з тим, що в діючій системі з'являються великі зосереджені витрати, які змінюють напрями руху води. Для оптимізацій роботи мережі в цих умовах використовуються всі методи, які наведені вище.

Контрольні питання:

1. Причини й шляхи зниження витоків із внутрішньої і зовнішньої мережі.
2. Причини істотних відхилень фактичної характеристики насоса від заводської?
3. Як визначити фактичний опір водовода?
4. Що таке манометрична зйомка?
5. Як намітити контрольні точки на мережі, як вибрати маршрут зйомки?
6. В який час доби варто робити манометричну зйомку?
7. В чому полягає обробка результатів манометричної зйомки?
8. Що таке карта ізоліній?

Розділ 2. ВОДОВІДВЕДЕННЯ

Тема 2.1 Інженерні об'єкти системи водовідведення

Мета вивчення теми: оволодіти знаннями щодо технологічних особливостей інженерних об'єктів систем водовідведення як комплекс взаємозалежних інженерних об'єктів.

1. Система водовідведення як комплекс взаємозалежних інженерних об'єктів.
2. Особливості систем водовідведення.

Ключові терміни: каналізація, стоки, мережа, система, схема.

Питання про те, як позбавитись відходів життєдіяльності не стояло дуже гостро аж до виникнення міст, тому що тоді густина населення була мала і концентрація відходів на одиницю площі також мала, тому природа самостійно справлялася із фізіологічними відходами.

Із виникненням міст ця проблема стала дуже гострою, і люди винайшли каналізацію (але звісно, після водопроводу).

Відомі найдавніші каналізаційні колектори в Індії, Єгипті, Греції, Римській імперії. Спочатку ці канали призначалися тільки для вилучення дощових вод та відведення води від фонтанів. В подальшому були каналізовані спочатку громадські лазні, потім до каналізації підключилися окремі будинки.

Природно, що господарські води зливали у каналізаційну мережу. Однак фекальної каналізації не було досить довго. Фізіологічні покидьки навіть у каналізованих оселях збирали у горщики і використовували як добрива або викидали.

У Середні віки, незважаючи на подальшу концентрацію населення, каналізація повністю занепала, як і водопровід. Міста майже втопали у грязюці. Нечистоти викидали із вікон на вулицю. Дійшло до того, що вводили спеціальні закони, що забороняли виливати бруд у вікно, якщо на вулиці були перехожі. Відомо також, що особливо богобоязні мешканці Західної Європи практично не милися, за винятком рук та обличчя.

Такі умови були найсприятливішими для пацюків та комах. Все це призвело до того, що Середні віки увійшли в історію не тільки як період релігійних війн, але і спустошливих епідемій, що уводили у могилу цілі міста.

Виникла гостра необхідність якось змінити таке положення. Знову винайшли вигрібні ями, стало розвиватися асенізаційне діло.

Однак кількість захворювань не зменшилась.

Чому? Річ у тому, що вигрібання та вивезення фекалій із вигрібних ям коштує грошей. Тому хазяї, щоб менше платити, робили ці ями так, щоб рідка

частина нечистот всмоктувалась у ґрунт. Таким чином ями можна було чистити не так часто. Але це призводило до забруднення ґрунтових вод, головного на той час джерела водопостачання.

З розвитком капіталізму стало не вигідно втрачати працівників внаслідок хвороби або смерті. В цей період почали розвиватися системи централізованого водопроводу та каналізації. Смертність у каналізованих районах зменшилась у 10-400 разів.

Водовідведення – це комплекс санітарних заходів та інженерних споруд, що забезпечують своєчасне збирання стічних вод, що утворюються на територіях населених пунктів та промислових підприємств, виведення за межі об'єктів, а також очищення, знешкодження та знезараження.

Із цього визначення витікає, що водовідведення складається із двох частин:

- а) інженерні об'єкти для прийому та транспортування стічних вод;
- б) інженерні об'єкти для очистки стічних вод.

Об'єкти для прийому та транспортування стічних вод також складаються з двох частин.

1. Внутрішня каналізація. До її складу входять: приймальники стічних вод, санітарно-технічні прилади, внутрішня каналізаційна мережа, випуски.

2. Зовнішня каналізаційна мережа.

До складу зовнішньої каналізаційної мережі входять:

а) укладені під землею із певним ухилом труби, що відводять стічні води самопливно на очисні споруди;

б) контрольні, оглядові, з'єднувальні, перепадні колодязі, розподільчі камери – споруди на каналізаційній мережі;

в) насосні станції – для підкачування або перекачування стічних вод;

г) ділянки напірних трубопроводів;

д) зливоспуски, випуски стічних вод.

В залежності від того, які ділянки обслуговує мережа, вона розподіляється на:

а) дворову (внутрішньо квартальну) мережу для прийому стічних вод від окремих випусків або окремих будівель;

б) вуличну – для прийому стічних вод від дворової мережі;

в) басейнові колектори – що збирають стічні води з частини території, що обмежена вододілами;

г) головний колектор – для прийому стічних вод від вуличних та басейнових колекторів;

д) замиській колектор або відвідний канал – для транспортування стічних вод транзитом на очисні споруди або до випусків;

е) випуски стічних вод.

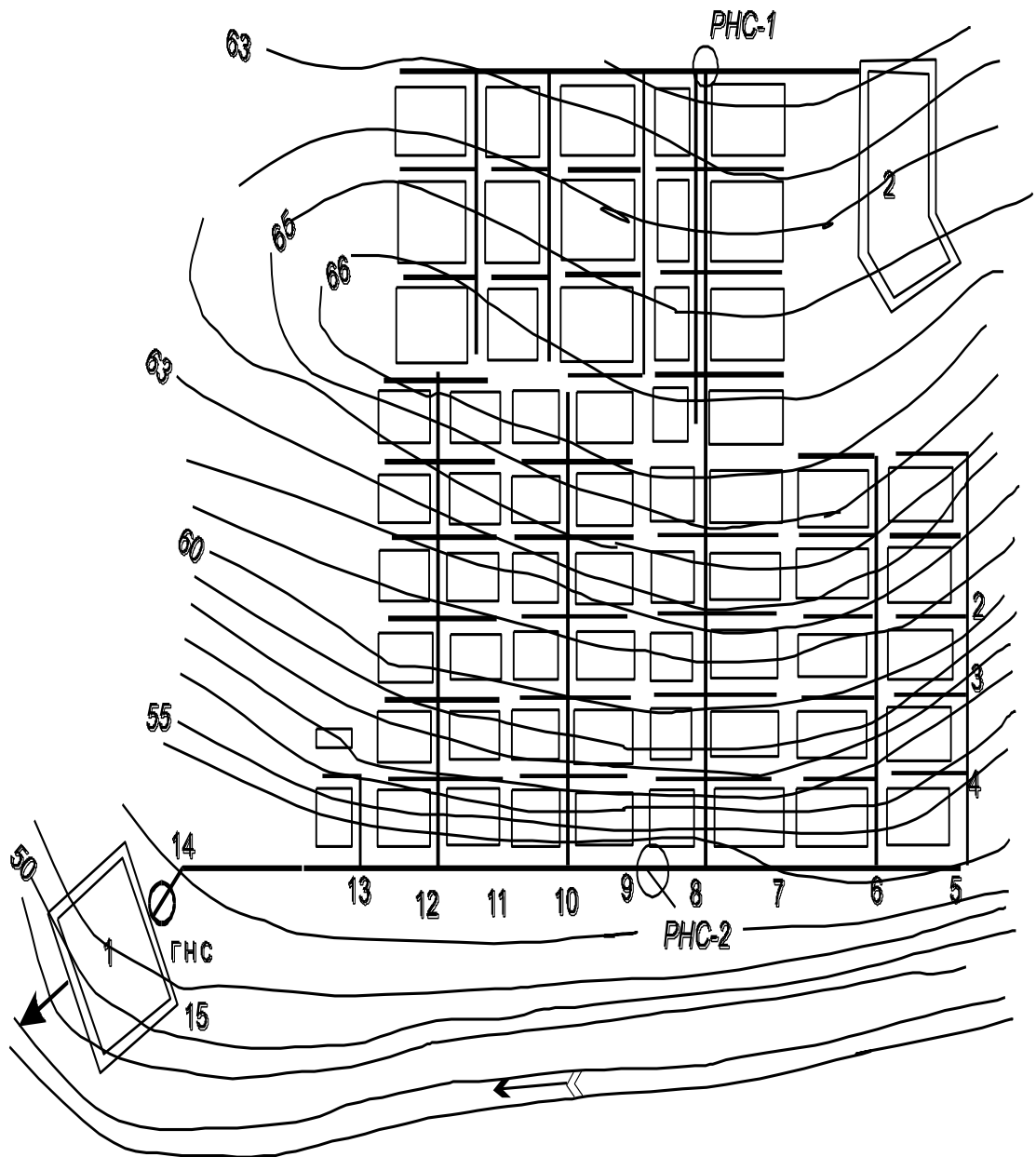


Рисунок 2.1 Схема водовідведення населеного пункту

- 1- очисні споруди;
- 2- підприємства;
- 3- ГНС, РНС – головна і районні насосні станції

Стічною називається вода, що використана на побутові, виробничі та інші потреби і забруднена при цьому домішками, які змінили вихідний хімічний склад та фізичні якості, а також води, що стікають з територій населених пунктів та промислових підприємств в результаті атмосферних опадів та поливання вулиць.

В залежності від походження стічні води поділяються на 3 основні категорії:

- 1) Побутові (господарсько-фекальні)
- 2) Поверхневі (дощові, талі, поливні)
- 3) Виробничі (промислові)

Побутові стічні води – це води від туалетів, умивальників, ванн, лазень, пралень, їдалень, а також господарські води від миття підлог в житлових, громадських будівлях та побутових приміщеннях промислових підприємств. За природою забруднення стічні води поділяють на фекальні (фізіологічні покидьки), та господарські.

Поверхневі води – утворюються в результаті атмосферних опадів (дощі, сніг). Сюди ж відносять і води від фонтанів, поливання вулиць.

Виробничі (промислові) стічні води – це води, що використані у технологічному процесі і більше не відповідають вимогам до їх якості і підлягають вилученню з територій підприємств. До промислових відносять також шахтні води.

Всі категорії стічних вод містять ту чи іншу кількість забруднень, які відрізняються хімічним складом та фізичним станом.

Ступінь забруднення характеризується концентрацією або вмістом домішок (мг/л, мг/дм³, г/м³).

За фізичним станом забруднення поділяють на 4 групи:

- завислі речовини;
- колоїдні речовини;
- молекулярно-розчинені речовини;
- електроліти

За хімічним складом – органічного або мінерального походження. В свою чергу органічні речовини можуть бути виробничого, рослинного, тваринного походження, а також бактеріальні.

Органічні та мінеральні речовини можуть знаходитись у будь-якому фізичному стані: завислі (пісок, ґрунт, шлак, мінеральні мастила, жирові частинки); колоїди (бактерії, деякі гідроксиди металів); молекулярні розчини (органічні речовини, гази); електроліти (солі, луги, кислоти).

Органічні забруднення бувають рослинного, тваринного та штучного походження. До рослинного ставляться залишки рослин, папір, олії рослинні та ін. До тваринного - фізіологічні виділення людей, тварин, залишки мускульних і жирових тканин тварин та ін. Органічні забруднення тваринного походження характеризуються високим вмістом вуглецю, азоту, присутні також фосфор, сірка й водень. Органічні забруднення штучного походження – це розчинники, фарбники, синтетичні поверхнево-активні речовини.

Біологічні забруднення являють собою різні мікроорганізми, бактерії, водорості, грибки. Особливо небезпечні хвороботворні бактерії - збудники

черевного тифу, паратифу, дизентерії та ін. Цей вид забруднень притаманний в основному побутовим стічним водам і деяким видам виробничих стічних вод (бойні, біофабрики). За хімічним складом біологічні забруднення відносяться до органічних, але виділяються в особливу групу, завдяки специфічності взаємодії з іншими забрудненнями.

Системою водовідведення називають спосіб (сумісного або роздільного) відведення стічних вод різних категорій.

По цій ознаці відрізняють загально сплавну, роздільну та комбіновану системи. У свою чергу роздільні системи поділяють на неповну, повну та напівроздільну системи.

Загальносплавна система – це система, в якій стічні води всіх категорій (або двох) збирають та транспортують спільною мережею труб та каналів за межі об'єкту на очисні споруди або у водойму.

Через те, що витрати дощових стічних стоків, як правило, у 100...150 разів більше за витрати побутових стічних вод, для транспортування всіх категорій стічних вод довелося б укласти труби значних діаметрів, які заповнювалися б тільки 4-5 днів за рік, а решта часу були б практично не завантажені.

Щоб запобігти надмірного завищення діаметрів труб та вартості мережі, загально сплавна система передбачає використання труб, розрахованих на приймання всіх побутових і лише частини дощових вод. Надлишок дощових вод, змішаних з побутовими, без очищення скидають у водойму через спеціальні розподільчі камери – зливоспуски.

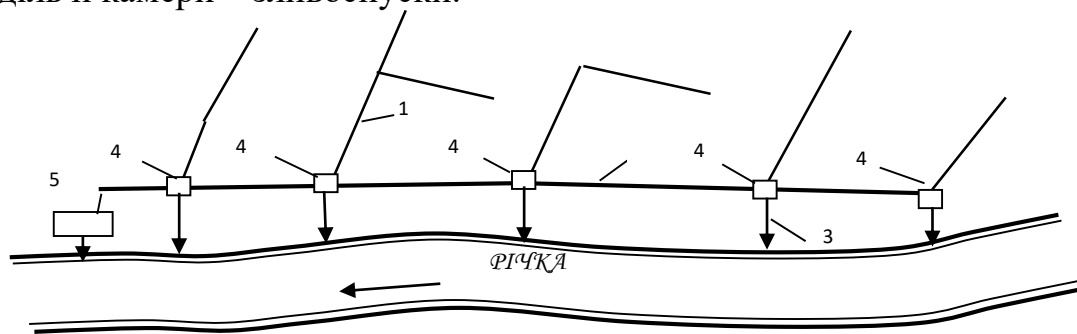


Рисунок 2.2 - Схема загальносплавної системи каналізації

1 - колектори; 2- загально сплавний колектор;

3- випуски; 4 – зливоспуски; 5- очисні споруди

Роздільні системи – призначені для відведення стічних вод різних категорій окремими мережами.

Повна роздільна система – це система, в якій стічні води різних категорій відводяться самостійними мережами; побутові та виробничі – на очисні споруди; дощові – у водойму.

Дозволяється об'єднувати побутові та наближені до них за складом виробничі стічні води, а також дощові та умовно чисті виробничі стічні води.

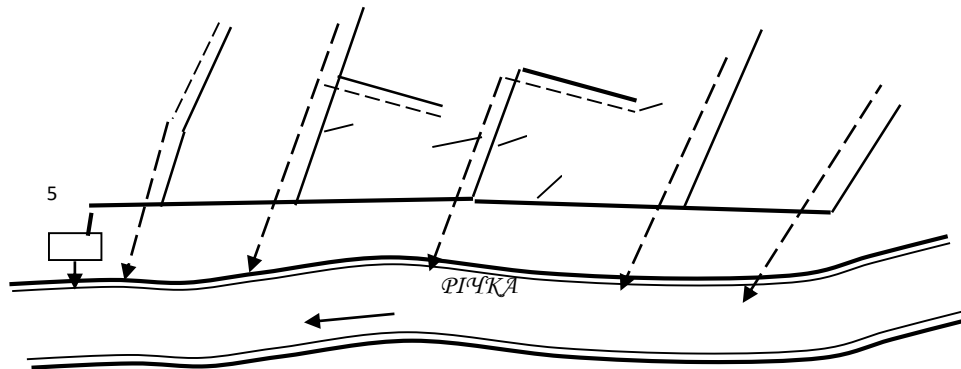


Рисунок 2.3 - Схема повної роздільної системи каналізації

1,2-побутова мережа; 3,4- дощова мережа; 5- очисні споруди

Неповна роздільна система – це система, в якій на очисні споруди відводяться тільки найзабруднені стоки (наприклад, побутові або виробничі), при цьому атмосферні стічні води стікають у водойми кюветами доріг, проїздів, відкритими лотками, канавами.

Напівроздільна система – передбачає збирання стічних вод різних категорій у окремі мережі, що об'єднуються головним колектором, яким транспортуються на очисні споруди всі побутові та перші, найбільш забруднені, потоки дощових стічних вод. Відносно чисті дощові води скидаються у водоему без очищення. Такий розподіл дощових стоків досягається влаштуванням у місцях об'єднання мереж спеціальних розподільчих камер – інтерцепторів.

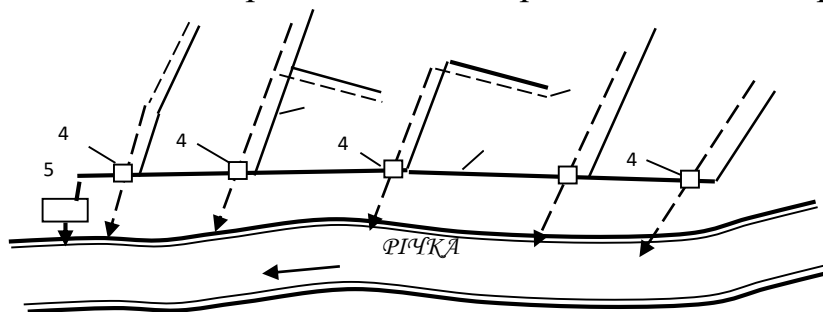


Рисунок 2.4 - Схема напівроздільної системи каналізації

1 - побутова мережа; 2- загальносплавний колектор; 3- дощова мережа; 4 – розподільчі камери; 5- очисні споруди

Комбінована система – утворюється в результаті зростання міст, об'єднання районів, що мали різні системи водовідведення.

З економічної точки зору найдешевшою є загально сплавна система. Однак вартість її дещо вища, ніж половина повної роздільної, бо на головному колекторі влаштовують багато зливоспусків, що приводить до значного збільшення її вартості.

На другому місці – повна роздільна система, що має якнайменше 2 окремі мережі. Найдорожчою системою є напівроздільна, бо окрім двох самостійних мереж має розподільчі камери, що дорого коштують.

Якщо виконувати сучасні вимоги щодо очищення 70% дощового стоку, вартості повної роздільної системи та напівроздільної значно зближуються.

З екологічної (санітарно-гігієнічної) точки зору, загально сплавна та повна роздільна системи майже рівноцінні. У загальносплавній системі під час дощів у водойми скидається суміш побутових та дощових стоків. Концентрація забруднень значно зменшується за рахунок розбавлення побутових стоків дощовими. Враховуючи, що сумарна тривалість дощів невелика, для досить потужних водойм скид таких стоків вважається відносно безпечним.

У повній роздільній системі у водойми без очищення скидають весь дощовий стік, який несе значну кількість забруднень.

Напівроздільна система найбільш досконала з екологічної точки зору, бо передбачає відведення на очисні споруди всіх забруднених стоків, в тому числі і найбільш забрудненої частини дощового стоку. Крім того, ця система запобігає перевантаженню очисних споруд, бо чисті дощові води скидаються у водойми.

Схемою водовідведення називають технічно та економічно обґрунтоване проектне рішення прийнятої системи водовідведення із врахуванням місцевих умов та перспектив розвитку об'єкта.

Схема водовідведення визначається головним чином рельєфом місцевості та визначеним місцем розташування очисних споруд та випусків стічних вод.

За місцем розташування та кількістю очисних споруд відрізняють схеми централізовані – якщо стічні води відводять на єдині очисні споруди; та децентралізовані – при наявності 2 або більше очисних споруд (приймаються для великих населених пунктів з числом мешканців 500.000 та більше, відповідно до місцевих умов).

За способом накреслення відрізняють: перпендикулярні, пересічені, паралельні (віялоподібні), зонні (поясні), радіальні схеми.

Тема 2.2 Моніторинг роботи каналізаційних мереж та заходи щодо удосконалення експлуатації

Мета вивчення теми: надати студентам інформацію щодо методів моніторингу роботи каналізаційних мереж та вдосконалення проектування.

1. Моніторинг роботи каналізаційних мереж.
2. Шляхи удосконалення проектування мереж водовідведення.

Ключові терміни: прочистка, діаметр, наповнення, ухил, вентиляція.

Підвищення благоустрою населених пунктів неможливе без будівництва та удосконалення систем водовідведення. Необхідність удосконалення мереж водовідведення виникає також внаслідок фізичного зношення трубопроводів на кінець розрахункового періоду. Розширення мереж водовідведення викликає неминучий зріст витрат на їх експлуатацію, відволікає велику кількість трудових ресурсів на виконання малокваліфікованої праці. Найбільша частина трудових витрат пов'язана з ліквідацією забивань та профілактичними прочистками трубопроводів від осадів.

Причинами забивань трубопроводів можуть бути як неякісно виконана робота, так і помилки, що закладені в проєктах.

Розглянемо фактори, що найбільше впливають на частоту утворення засмічень.

1. Діаметри труб.

Забивання труб малих діаметрів пов'язане випадковим попаданням у мережу великих предметів. Цілком ясно, що частота забивань тим більша, чим менший діаметр труб. Так, труби діаметром 150 мм засмічуються у 2,5 рази частіше, ніж діаметром 200, а останні у 2 рази частіше, ніж діаметром 250 мм; таке ж співвідношення для діаметрів 200 та 250 мм. Труби діаметром 500 мм майже не забиваються. Крім того, труби внутрішньоквартальної каналізації мають частоту засмічування у 3...4 рази більшу, ніж вуличної мережі.

Причин цього багато. Внутрішньоквартальну мережу прокладають найчастіше у зеленій зоні та на невеликій глибині, тому в колодязі проростають корені дерев, що приводить до засмічування і навіть до закупорювання труб.

Жири, що попадають з кухонних мийок, охолоджуються, налипають на стінки труб, тим самим звужуючи живий перетин і зменшуючи пропускну спроможність труб.

У дворах і зеленій зоні колодязі руйнуються автомобільним транспортом, що тимчасово паркується. У мережу попадають випадкові великі предмети: цегла, гілки, пакети тощо. Вони затримуються на початкових ділянках мережі,

забивають труби. При прочищуванні ці предмети вилучають із труб, тому вони значно рідше попадають у вуличну мережу.

2. Ухили труб.

Аналіз роботи труб діаметром 150...300 мм показує, що при збільшенні ухилу від мінімального, визначеного за спрощеною формулою $i=1/d$, частота забивань суттєво зменшується.

Для труб діаметром 300 мм і більше збільшення ухилів майже не впливає на частоту забивань. Навпаки, для труб діаметром 150 и 200 мм при збільшенні ухилу від 0,007 до 0,003 частота забивань зменшується у 2 рази.

Із характеру кривих видно, що подальше зменшення ухилів приведе до значного збільшення частоти забивань труб.

3. Наповнювання труб.

Співставлення частоти забивання труб із їх наповнюванням показало, що при збільшенні наповнювання від 0,4 до 0,8 частота забивань зменшується всього на 20...20 %.

Розробці проекту удосконалення мереж передують детальне обстеження і паспортизація. Паспортизація мереж полягає в наступному:

- вивчаються виконавчі креслення мереж і зйомка останніх років;
- разом із службою експлуатації виявляються найбільш навантажені ділянки;
- здійснюється уточнення траси діючої існуючої мережі і складаються паспорти колодязів в яких вказується адреса, прив'язка до існуючих сталих наземних об'єктів, наводяться дані про стан конструкцій, схема трубопроводів, їх діаметри, глибина закладання та матеріал труб;
- вивчається гідравлічний режим роботи ділянок методом заміру витрат стічних вод на основі якого при перекритті бічних приєднань можливо встановити наявність або величину інфільтрації або ексфільтрації.

На базі паспортизації мереж виконується аналіз її функціонування і виявляються ділянки, на яких необхідно проводити більш детальне обстеження. Так на колекторах великих діаметрів можливе обстеження верхнього зводу колектору за допомогою відеокамери. Якщо окремі ділянки мережі переповнюються періодично і це пов'язано зі скидом виробничих стічних вод, можливо змінити час скиду останніх за рахунок влаштування регулюючої місткості на підприємстві.

Для уникнення перевантаження мереж, які відводять стічні води від промислового вузла, вивчається режим скиду їх в мережі і пропонується графік скиду.

В містах, насичених водовідвідними мережами, коли є можливість перерозподілу витрат стічних вод між колекторами, можна використовувати „кільцювання” самопливних колекторів влаштуванням перепускних ліній. Для визначення витоків із напірних колекторів використовується замір витрати, яка

подається насосами насосної станції і витрати, яка надходить на очисні споруди. Аналіз стану окремих споруд на водовідвідній мережі (камер перепадних колодязів, розподільчих камер, дюкерів, естакад, переходів під інженерними спорудами) здійснюється окремо з використанням сучасних пристроїв і приладів. Особливе значення має стан залізобетонних конструкцій, які руйнуються із-за газової корозії. Зменшення впливу газової корозії на залізобетонній конструкції здійснюється (де це можливо) зменшенням бурхливості потоку, що запобігає виділенню розчинених в стічних водах газів, особливо сірководню або застосування примусової вентиляції споруд. Відновлення залізобетонних конструкцій від дії газової корозії можливе також покриттям внутрішніх поверхонь захисним шаром після очистки і ремонту.

Шляхи удосконалення проєктування мереж водовідведення.

Вибір мінімального діаметру труб.

Мінімальний діаметр труб призначається із конструктивних міркувань для внутрішньоквартальної мережі 150 мм, для вуличної – 200мм.

Як відзначалося раніше, труби діаметром 150 мм забиваються частіше, ніж діаметром 200 мм, у 2,5 рази. Враховуючи цей фактор, а також те, що при збільшенні діаметру зменшується мінімальний ухил, Нікаєвим зроблені розрахунки залежності приведених витрат на устрій і експлуатацію трубопроводів від діаметру при незмінній витраті стічних вод, для безрозрахункових ділянок. Для забезпечення однакових умов самоочищування ухили призначали так, щоб швидкості були однаковими.

Таким чином, при проєктуванні реконструкції мереж водовідведення доцільно відмовитись від труб діаметром 150 мм для внутрішньоквартальної мережі, а призначати мінімальний діаметр 200 мм. До речі, це вже широко практикується при реконструкції каналізації Москви, Києва, інших міст.

Призначення розрахункових наповнювань для труб діаметром 200...300 мм.

Неповне наповнювання труб роздільної системи приймається за низкою міркувань:

- вентиляція мережі
- гідравлічний режим
- забезпечення запасу пропускної спроможності.

Необхідність останнього пояснюється тим, що в майбутньому можливе збільшення щільності забудови, а також нерівномірність притоку стічних вод у межах розрахункової години. Найбільші коливання витрати в годину максимального водовідведення становить 20 % для труб діаметром 200мм.

Виходячи із того, що найкращі гідравлічні умови течії при наповнюванні приблизно 0,8, доцільно було б збільшити розрахункове наповнювання, але не до 0,8, а до приблизно 0,7...0,75, (враховуючи коливання у межах години), щоб не припуститися переповнювання мережі і утворювання напірного режиму.

Призначення мінімальних швидкостей, що забезпечують самоочищування.

Розглянемо процеси, що мають місце у каналізаційних трубах. Мережі водовідведення працюють в умовах змінного притоку стічних вод. Для забезпечення транспортуючої спроможності гідравлічний розрахунок проводять за максимальною витратою, що дорівнює добутку від середньої витрати на загальний коефіцієнт нерівномірності. Для забезпечення нормальних умов експлуатації при розрахунках дотримуються двох умов: при максимальній витраті стічних вод наповнювання повинне бути не більшим за максимально-припустиме, а швидкість – не менша за самоочищувальну [11].

Таким чином, фактично в режимі самоочищення мережа працює тільки у години з максимальною витратою стічних вод. В інші години, коли витрати менші, зменшується швидкість і у трубах починається випадіння осаду. Такий режим триває приблизно півдобу.

При підвищені витрати стічних вод частина піску, що осіла, розмивається, а частина залишається у трубах вздовж потоку. Таким чином, каналізаційні мережі фактично працюють в змінному донно-грядовому режимі з поступовим накопичуванням осаду в трубах.

Можна вважати, що у відповідності до прийнятої практики проєктування, мережі, особливо малого діаметру, приречені на забивання, бо формули визначають швидкість, за якою пісок не випадає в осад. Для змулювання осаду потрібні значно більші швидкості.

Самоочищення каналізаційних мереж від частинок піску може бути досягнене за двох умов:

1. Забезпечення швидкості потоку до величин, необхідних для транспортування піску, у всі періоди роботи (а не тільки у годину максимального водовідведення).

2. Розмивання піску, що випав, при максимальних швидкостях.

Перше твердження потребує деякого уточнення.

За мінімальну розрахункову витрату слід приймати не нічну, а мінімальну денну витрату, бо вночі пісок у мережу майже не надходить: дороги не миють, автотранспортні господарства не працюють, господині не миють підлогу та взуття, тощо.

Інші фактори.

Виявлено, що забивання часто виникають внаслідок неправильного з'єднання труб. При удосконаленні мереж слід передбачити використання труб із гнучкими стиками, що виключає ручні роботи та неправильність монтажу труб.

Тема 2.3 Удосконалення мереж водовідведення

Мета вивчення теми: ознайомити здобувачів вищої освіти щодо вдосконалення методів прокладки та відновлення трубопроводів системи мереж водовідведення.

1. Методи прокладки та відновлення трубопроводів.
2. Основні завдання вдосконалення.
3. Методи вдосконалення систем.

Ключові терміни: прокладка, реконструкція, мережа, буріння, проколювання.

При будівництві нових та розширенні старих міст та мегаполісів, їх підземна інфраструктура, в тому числі каналізаційні системи, створювалися в основному відкритим способом. Цей спосіб, як відомо полягає у викопуванні траншеї, вкладання туди труби на необхідних позначках та наступним засипанням траншеї вийнятим ґрунтом. Однак в умовах сучасних міст, з їх забудовою, підземною інфраструктурою, насиченим рухом транспорту, використання відкритих методів прокладання каналізаційних систем не тільки є дуже складним, але в багатьох випадках неможливим. В цих умовах важливим є не тільки будівництво нових ліній, а і підтримання надійної експлуатації існуючих підземних комунікацій, що пов'язане з заміною, перекладкою і реконструкцією ділянок мереж, що відпрацювали свій нормативний термін і є аварійними.

Можливо виділити такі основні методи прокладки та удосконалення трубопроводів безтраншейним способом:

- *проколювання, пробивання і продавлювання; горизонтальне направлене буріння; розкочування; щитова прокладка; мікротунелювання.*

Вибір безтраншейного способу прокладання труб залежить від діаметру та довжини трубопроводу, фізико-механічних властивостей та гідрогеологічних умов ґрунтів, що розробляються. Вибір способу також залежить від наявності в будівельних організаціях відповідних трубопроколюючих, продавлюючих та бурильних агрегатів, установок і обладнання.

Проколювання та пробивання: При прокладанні труб за допомогою проколу із використанням домкратів спочатку визначають натискне зусилля, після чого приймають необхідну кількість гідродомкратів для силової установки, а також вибирають тип упорної стінки в котловані.

Для проколу труб частіше за все застосовують натискні насоснодомкратні установки, що складаються з одного або двох з'єднаних гідравлічних домкратів типу ГД-170 із зусиллям до 170 тс кожний, змонтованих на спільній рамі. Штоки

домкратів мають великий вільний хід (до 1,15-1,3м). Раму з домкратами встановлюють на дні робочого котловану, з якого ведуть прокол. Поряд з котлованом на поверхні розміщують гідравлічний насос високого тиску – до 30 МПа. Трубу заштовхують циклічно шляхом поперемінного переключення домкратів на прямий та зворотній хід. Тиск домкратів на трубу передається через наголовник змінними натискними патрубками, шомполами або хомутами. При застосуванні натискних патрубків, які „подовжуються”, довжиною 1, 2, 3 та 4м після вдавлювання труби в ґрунт на довжину ходу штоку домкрату (наприклад, 1м) шток повертають у первісне положення та у простір, що утворився вставляють інший патрубок подвоєної довжини і так продовжують до тих пір, поки не закінчать прокол першої ланки трубопроводу (зазвичай 6м). Потім до нього приварюють другу ланку та вказані операції повторюють до тих пір, поки не буде завершений прокол на всю довжину трубопроводу. Гідропроколом труби прокладають із використанням кінетичної енергії струменю води, що виходить під тиском з розташованої спереду труби спеціальної конічної насадки. Такий струмінь розмиває в ґрунті отвір діаметром до 500мм, в який прокладають труби. Питома витрата води при цьому залежить від швидкості струменю, напору води та категорії ґрунтів, що проходяться. До переваг гідропроколу відносяться відносна простота проведення робіт та досить висока швидкість утворення свердловини (до 30м за зміну). Суттєвими його недоліками є порівняно невелика протяжність проходки (до 20-30м) і складні умови роботи внаслідок забрудненості робочого котловану.

Продавлювання. Безтраншейна прокладка продавлюванням відрізняється тим, що трубу, що прокладається відкритим кінцем, який оснащений ножем, вдавлюють в масив ґрунту, а ґрунт, що потрапляє в трубу у вигляді щільного керну (пробки), розробляють та видаляють із забою. При просуванні труби долають зусилля ґрунту по зовнішньому її контуру і вривання ножової частини в ґрунт. Для продавлювання труб застосовують натискні насосно-домкратні установки з двох, чотирьох, восьми та більшої кількості домкратів зусиллям по 500-3000 кН кожний з ходом штоку 1,1-2,1м, що працює від насосів високого тиску. Кількість домкратів в установці залежить від необхідного натискного зусилля. Оскільки для продавлювання труб великих діаметрів, особливо в твердих ґрунтах, застосовують особливо потужні натискні установки з декількох домкратів, що здатні створити зусилля більше 10000 кН, для них необхідні міцні упорні стінки. Застосування ручної розробки ґрунту при продавлюванні мало ефективно. Тому для безтраншейної прокладки частіше за все застосовують установки з механізованою розробкою.

Горизонтальне направлене буріння. Обладнання, необхідне для горизонтального буріння умовно складається з трьох частин: блоку гідравлічної напруги, бурової установки та змішувача. Бурова установка це гідравлічне пристосування, що виконує дві функції: проштовхує штанги для буріння або

витає їх із ґрунту. Під час цього процесу одночасно можна здійснювати обертальні рухи. За допомогою змішувача готується розчин для буріння. Такий розчин складається з суміші бентоніту (або полімерів) та води. Бутова установка і змішувач працюють від блоку гідравлічної напруги. Процес буріння і прокладання ланок трубопроводу у свердловину може бути роздільним і суміщеним. При роздільному спочатку бурять свердловину, а потім, після витягнення з неї бурового інструменту, протаскують трубопровід.

Способом горизонтального буріння можна проходити виробки для безтраншейної прокладки трубопроводів практично будь-яких діаметрів із відносно меншими зусиллями, ніж при проколі або продавлюванні. Однак суттєвим недоліком при цьому залишається необхідність видалення з пробуреної свердловини ґрунту. Тому зараз розробляється нова технологія проходки горизонтальних виробок без видалення ґрунту способом буріння та розкочування.

Розкочування. Розкочування використовують для проходки і розширення існуючих свердловин за рахунок спеціальної голівки, що розгортає та приводиться в рух буровим верстатом через нарощувані бурові штанги. При обертанні голівки ґрунт вдавлюється в стінки свердловини й утворюється стійка циліндрична порожнина, у яку потім при реверсі цієї голівки затаскується трубопровід. Відповідність осі голівки, що здійснює розгортання осі проєктованого трубопроводу контролюють лазерною системою наведення.

Щитова проходка. Цей метод реалізовується шляхом створення закритим способом тунелів механізованими щитами діаметром 1,5-3,6 м з наступним укладанням туди труб необхідного діаметру та забутовкою вільного простору. Щит складається з трьох основних частин: передньої – ріжучої клиноподібної форми з козирком або без нього, середньої – опорної, де розміщуються домкрати та задньої – хвостової. Щит вдавлюється в ґрунт гідравлічними домкратами, а ґрунт перед щитом розробляють ручним або механізованим способом. Спорудження обробки (стінок) колектору виконують у хвостовій частині щита. Для щитової проходки застосовують щити декількох видів, які в залежності від способу розробки ґрунту в забої підрозділяються на механізовані, частково механізовані та немеханізовані. Механізовані щити більш продуктивні, але більш складні в експлуатації, а немеханізовані відрізняються простотою в керуванні та широко застосовуються при проходці колекторів діаметром до 2,5 м. Механізовані щити мають механізми для розробки ґрунту, укладки блоків та видачі розробленого ґрунту на завантажувальні засоби. Робочі органи щитів можуть бути, наприклад, роторними, штанговими, екскаваторними, гідромеханічними [2].

У зв'язку із значним зростанням кількості нових міст, селищ та розширенням існуючих населених пунктів і промислових підприємств, інтенсифікацією роботи автомобільного транспорту, широким застосуванням

хімічних добрив, отрутохімікатів, виникає загроза погіршення санітарного стану водойм. Багато річок і великих рік вже набули неприпустимого забруднення і вимагають невідкладних заходів щодо попередження їх подальшого забруднення.

Одним із таких заходів може бути реконструкція системи водовідведення з очищування всього або найбільш забрудненої частини поверхневого стоку.

Розглянемо можливі шляхи реконструкції різних систем водовідведення.

Найбільш поширеною системою є повна роздільна, за якою господарсько-фекальні стічні води збираються у каналізаційну мережу і транспортуються на очисні споруди, а поверхневі стоки стікають у так звану “зливову” каналізацію і далі скидаються найкоротшим шляхом у водойму.

При реконструкції повної роздільної системи можливі декілька шляхів.

1. Влаштування локальних очисних споруд на всіх або найбільших випусках дощової мережі. При цьому дрібні дощові каналізації доцільно поєднати на один випуск. Вважаючи на специфіку забруднень і відносно велику кількість випусків, доцільно проектувати лише механічне очищування поверхневого стоку, а саме пісколовки та відстійники.

Будь яке обладнання може бути періодичної або безперервної дії. Виходячи із періодичності випадіння дощів, здавалося б доцільним проектувати споруди періодичної дії. Але при цьому споруди були б дуже великих розмірів. В умовах обмеженості вільних площ у великих містах, проектують споруди безперервної дії.

Споруди безперервної дії, особливо відстійники, вельми чутливі до коливання витрати стічних вод. Досвід експлуатації відстійників у м. Москва показав, що іноді вода після відстійників буває гіршої якості, ніж на вході. Це пояснюється розмиванням накопиченого у споруді осаду при зміні гідравлічного режиму.

Отже, виникає необхідність регулювання дощового стоку, що подається на очисні споруди дощової каналізації. Це досягається влаштуванням регулюючих резервуарів.

Регулюючі резервуари в залежності від призначення можуть розташовуватись або окремо перед насосними станціями або довгими колекторами, або в комплексі очисних споруд. Перший варіант приймається для зменшення діаметрів, другий – для забезпечення рівномірної подачі стічних вод на очисні споруди.

Доцільно перед регулюючими резервуарами влаштувати додаткову розподільчу камеру типу зливоскиду для скидання у водойму чистого дощового стоку під час злив. За допомогою цього заходу можна значно зменшити об'єм регулюючого резервуара.

Регулюючий резервуар може збирати або весь дощовий стік, або його частку. Перший варіант значно гірший, бо дощовий стік малої інтенсивності буде

замулювати ємність. Тому доцільно резервуари проєктувати таким чином, щоб малі витрати пропускалися повз резервуар.

Найчастіше застосовуються 3 схеми компоновання регулюючих резервуарів.

Схема а. На дощовому колекторі влаштовується зливоспуск за типом загально –сплавної системи, що розподіляє стік на 2 потоки. Більша частина переливається в резервуар, а менша проходить повз резервуар трубою малого діаметра на очисні споруди. Із резервуара вода зливається самопливом у колектор. Ця схема можлива за умовою, що існує значний перепад позначок між гребенем водозливу і точкою приєднання випускної труби до колектора. Ця величина має бути не меншою глибини резервуара.

Схема “б” аналогічна схемі “а” , але не вимагає великого перепаду висот. Вода із регулюючого резервуара перекачується в загальносплавний колектор насосом.

За кордоном найчастіше використовується схема “в”. Труба в резервуарі переходить у відкритий лоток. Нижня частина резервуара виконана у вигляді лотків, що розташовані ступінчасто. Крім того, всі лотки мають повздовжній ухил до випуску, що забезпечує зливання осаду при припиненні дощу.

Досить складним є визначення об’єму регулюючого резервуара.

На будь-якій ділянці витрата дощового стоку зазвичай швидко зростає і досягає максимуму, а потім зменшується до повного припинення стікання. Максимум витрати відповідає розрахунковій тривалості дощу. Тривалість протікання максимальної витрати мала, тому доцільно скидати пікові витрати в спеціальні регулюючі резервуари.

Регулюючі резервуари проєктують відкритими або закритими.

Відкриті резервуари або ставки простіші за конструкцією і зручніші в експлуатації. Видалення з них осаду передбачається періодично в період відсутності дощів, для чого влаштовують спеціальні заїзди для бульдозерів та автомобілів. Однак відкриті резервуари слід розташовувати за межами житлової забудови.

Закриті резервуари складніші в спорудженні та експлуатації, вимагають спеціальних технічних рішень для видалення осаду. Найкращим варіантом є ступінчасте розташування лотків за висотою, що забезпечує хороше змивання осадків. При насосному перекачуванні слід передбачити промивний трубопровід. Закриті резервуари повинні мати надійну вентиляцію. Крім того, резервуари мають бути захищеними від переповнювання, для цього в верхній частині влаштовують переливний трубопровід.

Реконструкція повної роздільної системи в напівроздільну.

Потребує вирішення цілого комплексу задач:

1. Влаштування розподільчих камер на випусках дощової каналізації

2. Збільшення пропускної спроможності колекторів фекальної каналізації
3. Збільшення продуктивності насосних станцій на мережі
4. Збільшення продуктивності очисних споруд

Третій пункт – збільшення продуктивності насосних станцій -вирішується відносно легко: або підключенням резервних насосів, або заміною насосних агрегатів на більш потужні. Об'єм приймального резервуара при цьому змінювати не має потреби, бо в практиці проектування його приймають з деяким запасом.

Збільшення пропускної спроможності колекторів фекальної каналізації. Господарсько – побутову каналізацію проектують на неповне заповнювання. Тому першим, найбільш природнім, кроком є перевірка, чи зможе даний колектор пропустити сумарну витрату стічних вод: господарсько – фекальних і від граничного дощу, при повному заповнюванні. Для труб великих діаметрів (800 мм і більше), що працюють із наповнюванням 0,5...0,6, такий варіант часто буває можливим. Для труб меншого діаметра коливання витрати при зміні наповнювання будуть значно меншими. Тому додаткові великі витрати (від граничного дощу) вони прийняти не спроможні.

Можливі два варіанти:

1. Перекладання нового колектора більшого діаметра
2. Прокладання додаткового розвантажувального колектора для забрудненого дощового стоку.

Перший варіант приймають в разі сильно зношених труб, які потребують обов'язкової заміни.

Другий варіант кращий за перший, бо, по – перше, використовується уже існуюча мережа; по – друге, менший об'єм земляних робіт; по – третє, є можливість плавної зміни навантаження на очисні споруди за рахунок влаштування регулюючого резервуара на розвантажувальному колекторі.

Розподільчі камери. Зливоспуски та розподільчі камери, що влаштовують на дощовій мережі напіврозподільної системи каналізації, служать для відокремлення із загального потоку частки, яка перевищує граничний дощ, і скидання її у водойму або в регулюючий резервуар.

Контрольні питання:

1. Які існують основні методи прокладання та реконструкції трубопроводів безтраншейним способом?
2. Від яких факторів залежить вибір безтраншейного способу прокладання труб?
3. Як здійснюється проколювання та пробивання?
4. Які методи відновлення трубопроводів використовують?

Тема 2.4 Моніторинг основних очисних об'єктів

Мета вивчення теми: домогтися обізнаності здобувачів вищої освіти щодо розуміння особливостей моніторингу очисних об'єктів системи водовідведення та основних причини їх незадовільної роботи.

1. Основні причини незадовільної роботи очисних об'єктів.
2. Моніторинг роботи очисних об'єктів.

Ключові терміни: концентрація, нерівномірність, осад, забруднення.

- *Невідповідність прийнятої технології очистки кількості, складу та властивостям стічних вод властивостям стічних вод.*

Невірне визначення розрахункових витрат, складу та концентрацій забруднень стічних вод, помилки у виборі технологічної схеми, розрахункових параметрів і типів споруд призводять до того, що введені в дію нові очисні споруди згодом виявляються непрацездатними. Часто причиною низької ефективності очистки стічних вод є наявність в суміші стічних вод, що надходять на очисні споруди, великої частки специфічних промислових стічних вод. Суттєве заниження об'ємів окремих споруд, потужності діючого аераційного устаткування часто зумовлене недосконалим проектуванням станцій біологічної очистки суміші виробничих і господарсько-побутових стічних вод за нормативними даними діючих будівельних норм і правил, що відбувається без урахування специфіки даного виду виробничих стічних вод.

- *Перевищення проектної продуктивності очисних споруд.*

Продуктивність споруд визначається двома головними розрахунковими параметрами: витратою стічних вод і кількістю забруднень, що можуть бути затримані та очищені на цих очисних спорудах. Перевищення проектної продуктивності очисної станції по витраті стічних вод негативно позначається на роботі всіх споруд, що входять у технологічну схему, проте погіршення роботи окремих із них по-різному впливає на кінцевий ефект очистки, що звичайно визначається концентрацією завислих речовин та величиною БСК_{повн} в очищених стічних водах. Зростання швидкостей руху води у прозорах ґрат і пісколовки може викликати певні ускладнення в експлуатації всієї очисної станції, але погіршення роботи саме цих споруд не впливає на кінцевий ефект очистки так серйозно і безпосередньо, як, наприклад, погіршення роботи первинних відстійників. Первинні відстійники слід вважати найбільш слабкою

ланкою в технологічному ланцюгу практично всіх існуючих систем біологічної очистки стічних вод. Відстійники всіх типів різко знижують ефективність прояснення стічних вод при витраті, що перевищує розрахункову.

Підвищення концентрації завислих речовин у прояснених стічних водах, що надходять в аеротенки чи на біологічні фільтри, суттєво збільшує навантаження на них по органічним забрудненням, які знаходяться у грубодисперсній і колоїдній формах. Якщо у стічних водах міститься значна кількість жирів і нафтопродуктів, а первинні відстійники працюють незадовільно, завантаження біофільтрів покривається жировою та нафтовою плівкою і стає, як правило, непридатним для подальшого використання. Очисні споруди, що пропускають стічні води у кількості, яка не перевищує розрахункову витрату, можуть виявитися перевантаженими за кількістю забруднень, що надходять. Становище погіршується ще й у випадках, коли перевантаження і через забруднення і витрати відбуваються одночасно. Таким чином, перевищення розрахункової витрати стічних вод не тільки скорочує тривалість біологічної очистки в аеротенках і на біофільтрах, але й збільшує навантаження на ці споруди через забруднення. Скорочення тривалості відстоювання стічних вод у вторинних відстійниках призводить до збільшення концентрації завислих речовин в очищеній воді. Підвищений винос з очищеною водою активного мулу в кількості, що перевищує його приріст, може призвести до зниження концентрації мулу в аеротенках, і, як наслідок цього, до зменшення їх окислювальної потужності.

- *Нерівномірність надходження стічних вод.* Цей фактор негативно впливає на роботу всього комплексу очисних споруд і спостерігається найбільш часто на очисних спорудах невеликої продуктивності. Тривалі перерви у подачі стічних вод на очисні споруди, різке зменшення витрат у нічний час чи у святкові дні призводить до загнивання стічних вод у приймальних резервуарах насосних станцій і первинних відстійниках, до пригнічення і загибелі значної частини мікроорганізмів. Велика нерівномірність надходження стічних вод на очисні споруди спостерігається звичайно водночас з різкими змінами складу і концентрацій забруднень стічних вод. Залпові надходження токсичних домішок у концентраціях, що перевищують гранично допустимі, можуть порушити їх нормальну роботу або повністю вивести з ладу споруди для біологічної очистки.

- *Наявність у стічних водах різних токсичних домішок.* Головним засобом захисту біологічних очисних споруд від впливу токсичних домішок є

видалення їх із стічних вод на локальних очисних спорудах промислових підприємств.

- *Конструктивні недоліки та порушення правил технічної експлуатації очисних споруд.* Незадовільна робота ґрат може спричинити порушення роботи піскоуловлювачів і первинних відстійників через випадання в осад крупних покидьок, що можуть засмітити гідроелеватори та трубопроводи для транспортування осадів. Конструктивні недоліки та порушення режимів експлуатації піскоуловлювачів призводять до підвищеного виносу піску та інших важких мінеральних домішок у первинні відстійники, що ускладнює видалення, транспортування і наступну обробку осадів.

Головні причини підвищеного виносу піску з пісколовок, навіть за їх нормативних навантажень:

- гідравлічні збурення потоку води, спричинені трубопроводами гідроелеваторів, пісковими напрямками, що розміщені по всій довжині горизонтального піскоуловлювача, різкими змінами напрямку та поперечного перерізу каналів на вході й виході з піскоуловлювача;
- несвоєчасне і неповне видалення осаду, зумовлене недостатнім нахилом стінок піскових напрямків, поганою роботою гідроелеватора внаслідок засмічення чи зміщення осі сопла відносно осі дифузора, порушеннями графіка видалення осаду;
- неоднаковий розподіл витрати стічних вод по відділках піскоуловлювача; • перевищення розрахункових швидкостей руху води в піскоуловлювачі внаслідок несвоєчасного включення в роботу резервних відділів при збільшенні витрати стічних вод.

- *Недостатня ефективність роботи первинних відстійників* під час надходження в них стічних вод з витратою, що не перевищує розрахункову, може бути викликана нерівномірністю розподілу стічних вод по окремих відстійниках, недосконалим розподілом тих, що надходять, і збором прояснених стічних вод у межах кожного відстійника, несвоєчасним і неповним видаленням осаду і завислих речовин. Нерівномірність розподілу стічних вод по окремих спорудах призводить до підвищеного виносу завислих речовин з перевантажених відстійників.

У горизонтальному відстійнику нерівномірний розподіл стічних вод по його ширині можливий через порушення цілісності та горизонтальності водозливу розподільного лотка, а також через підтоплення його з боку відстійної зони відстійника. Нерівномірність розподілу водного потоку за глибиною може

бути викликана недостатнім або неоднаковим за шириною відстійника заглибленням напівзануреної дошки, що встановлюється на вході у відстійник. Аналогічні порушення в конструкції збірних пристроїв також можуть бути причиною нерівномірного розподілу водного потоку за поперечним перерізом відстійника.

У вертикальному відстійнику нерівномірність розподілу стічних вод за його площею може бути пов'язана з відхиленням від нормативних розмірів розтруба центральної труби і відбивного щита, а також з порушенням нормального їх розміщення відносно один одного і стінок відстійника. Важливо також, щоб прояснена вода збиралася рівномірно по всій довжині збірних лотків.

У радіальних відстійниках небажані зміни у гідродинамічній структурі руху води можуть виникати при недотриманні горизонтальності водозливної кромки збірного кругового лотка внаслідок перекосів кожуха і надмірного накопичення забруднень, що спливають між стінками кожуха і центральною трубою.

Серйозні ускладнення в роботі первинних відстійників і споруд для біологічної очистки стічних вод виникають через несвоєчасне і неповне видалення осаду. Діючі горизонтальні відстійники у більшості випадків не обладнані механічними скребковими пристроями, мають недостатні нахили днища і стінок мулових приямків. Кут нахилу стінок конусів вертикальних і двоярусних відстійників становить звичайно 30-45°. Самопливне видалення осаду з таких відстійників відбувається неповно. Загнивання осаду призводить до виділення газів бродіння, спливання осаду й виносу його із відстійників проясненою водою, також самопливне видалення осаду з первинних відстійників ускладнюється у разі неповного затримання піску в піскоуловлювачах. Осад, що містить велику кількість піску, створює щільні відкладення на дні відстійників, у мулових приямках і трубопроводах.

При виявленні недостатньої ефективності роботи очисних споруд необхідно знайти дійсні причини, що це обумовлює. Для цього необхідно провести ретельний та всебічний аналіз роботи всіх ланок технологічної схеми, а також можливостей по підвищенню ефективності роботи діючих споруд, або реалізації нових технологічних процесів в них без будівництва нових. На основі такого аналізу приймається рішення по здійсненню конкретних заходів інтенсифікації та удосконалення діючих очисних споруд. На базі такого розробляються і узгоджуються технологічні схеми очистки стічних вод.

Для відтворення реальної картини роботи діючих очисних споруд необхідно в першу чергу встановити:

- дійсні витрати стічних вод;
- режим їх надходження;
- склад і концентрації забруднень.

Для отримання дійсного стану про гідравлічний режим роботи станції необхідно здійснити замір витрат стічних вод на всіх етапах їх протікання через споруди станції: на вході, до і після однойменної групи споруд, а в ряді випадків і розподіл витрат між окремими спорудами. Для цього використовуються існуючі вимірювальні прилади, застосовуються відомі способи вимірювання витрати стічних вод, або встановлюються додаткові спеціальні водомірні пристрої. За результатами замірів будуються добові графіки надходження стічних вод на очисні споруди і окремі блоки для характерних періодів роботи станції. Доцільно мати такі графіки впродовж року. За цими графіками визначаються розрахункові витрати і коефіцієнти нерівномірності. Склад і концентрації забруднень визначають для оцінки роботи як усього комплексу, так і окремих очисних споруд. Так, для такої оцінки необхідно знати дійсні концентрації забруднень в характерних точках (до і після споруд) за БСК, ХСК, концентрації завислих речовин, специфічних забруднень, біогенних елементів, рН та ін. Максимальні, мінімальні та середні концентрації забруднень, а також їх коливання протягом доби, беруться за основу щодо висновку про доцільність використання і розрахунку усереднювача стічних вод. Ефективність роботи кожної із споруд очисної станції може бути оцінена за результатами технологічного контролю їх роботи. У випадку низького ефекту прояснення стічних вод у первинних відстійниках, доцільно визначити можливу межу прояснення стічних вод відстоюванням.

Контрольні питання:

1. Основні причини недостатнього рівня очистки на діючих очисних спорудах ?
2. Які наслідки перевищення проектної продуктивності для споруд очисної станції ?
3. До чого може призвести нерівномірність надходження на очисну станцію стічних вод ?.
4. Чим може бути викликана недостатня ефективність роботи первинних відстійників?

Тема 2.5 Удосконалення роботи споруд механічної очистки стічних вод

Мета вивчення теми: надати здобувачам вищої освіти уявлення щодо особливостей роботи споруд механічної очистки стічних вод, розуміння проблем, які виникають при експлуатації споруд, заходів щодо удосконалення їх роботи.

1. Методи удосконалення попередньої очистки.
2. Удосконалення первинних відстійників.

Ключові терміни: відстійник, преаерація, біокоагуляція, реагенти.

Споруди механічної очистки можуть використовуватись самостійно або входити до комплексу споруд біологічної або фізико-хімічної очистки. Механічна очистка як самостійний метод застосовується у тих випадках, коли ступінь очистки стічної води від забруднень дозволяє (по місцевих умовах відповідно до санітарних норм) використати прояснену воду для тих або інших виробничих цілей, або спускати у водойму. У всіх інших випадках механічна очистка служить попередньою стадією перед біологічною очисткою.

Основними завданнями удосконалення є:

1. Підвищення продуктивності;
2. Підвищення ефективності очистки;
3. Зменшення капітальних та експлуатаційних видатків;
4. Раціональне використання земель.

Ці завдання можливо вирішити або екстенсивним, або інтенсивним шляхами.

Екстенсивні методи –це, наприклад, розширення існуючих очисних споруд. Цим шляхом можливо збільшити продуктивність, а в деяких випадках (наприклад, при перевантаженні очисних споруд) дещо підвищити ефективність очистки. Однак при цьому суттєво зростають капітальні та експлуатаційні витрати, займаються земельні площі.

Найбільш кардинальними рішеннями є запровадження нових конструкцій, споруд, технологій. Цей шлях є найкращим при проектуванні і будівництві нових очисних споруд.

Інтенсифікація роботи і підвищення ефективності споруд механічної очистки можуть бути здійснені декількома способами:

1. Удосконалення гідродинамічного режиму;
2. Обладнання відстійників тонкошаровими елементами;
3. Застосування преаерації та біокоагуляції;
4. Запровадження флотаційних методів;
5. Введення хімічних реагентів.

Усереднення.

Аналіз графіку надходження стічних вод на станцію дає можливість зменшення максимальної годинної витрати за рахунок влаштування місткості для усереднення витрати. Усереднення витрати і концентрації забруднень стічних вод забезпечує рівномірне навантаження очисних споруди протягом доби, створює стабільні умови для їх роботи; дозволяє зменшити об'єми очисних споруд, які зазвичай проектуються на максималні годинні витрати та суттєво послабити шкідливий вплив на біологічні процеси залпових скидів токсичних домішок.

Будівництво усереднювачів дає можливість поліпшити умови роботи діючих очисних споруд, збільшити їх продуктивність і ефект очистки. Конструкція усереднювача витрати стічних вод залежить від місця його розташування: чи перед всім комплексом споруд механічної очистки чи після пісковловлювачів. В разі влаштування усереднювача витрати перед ґратами і пісковловлювачами, коли відсутня можливість розширення останніх, треба врахувати, що сирі стічні води мають значну кількість завислих і плаваючих речовин, а також піску. Тому конструкція таких усереднювачів повинна унеможливити утворення осаду і мати пристрій для відведення плаваючих речовин.

При різкому коливанні концентрацій забруднень стічних вод, а також при залповому надходженні на очисні споруди висококонцентрованих стічних вод, виникає необхідність їх усереднення за концентрацією, або розбавлення очищеними стічними водами до концентрацій, які не будуть погіршувати роботу споруд біохімічної очистки. У разі розміщення усереднювача перед очисними спорудами подача в нього очищених-стічних вод збільшує навантаження на решітки, пісколовки, первинні відстійники, проте такий технологічний прийом у ряді випадків може виявитися доцільним. Розведення стічних вод і зміна їх *властивостей* у позитивний (з точки зору біологічної очистки) бік можуть бути досягнуті подачею в усереднювач надлишкового активного мулу чи біоплівки, розчинів біогенних елементів, мулової води, що утворюється при ущільненні та зневоднюванні осадів і т.д.

При розташуванні усереднювача після ґрат і пісковловлювачів доцільно сумістити процеси усереднення і первинного відстоювання стічних вод в одній комбінованій споруді - усереднювачі-відстійнику, що дозволить поліпшити первинне прояснення стічних вод за рахунок більш тривалого відстоювання, скоротити сумарний об'єм споруд а також відмовитися від пристроїв для запобігання утворенню осаду в усереднювачах.

Доцільно регулюючі резервуари влаштовувати на базі первинних вертикальних або радіальних відстійників, які пристосовані для видалення осаду.

Грати та пісколовки.

Грати застосовуються для видалення великих забруднень (ганчірки, рослинні залишки й ін.) перед подальшою очисткою стічних вод.

Поліпшити роботу грат можливо шляхом заміни застарілого типу новим більш досконалим типом і суворому дотриманні технологічного режиму їх експлуатації (своєчасна очистка від забруднень, регулювання навантажень).

З метою затримання на гратах більшої кількості крупних часток забруднень, в останній час на міських очисних станціях встановлюють грати з меншими прозорами – 5-6 мм. Тим самим зменшується навантаження на первинні відстійники і сирий осад краще і повніше зброджується. Серед покидьок, затриманих на решітках з меншими прозорами, або на проціджувачах, великий відсоток складають речовини органічного походження, які здатні до загнивання. Тому доцільно виділити із затриманої маси речовини органічного походження, пропустити їх через дробарки і направити в канал перед гратами.



Рисунок 2.5 Грати механічної очистки

В первинних відстійниках, які отримали поширення, зазвичай затримується 40-50% завислих речовин, що містяться у стічних водах.

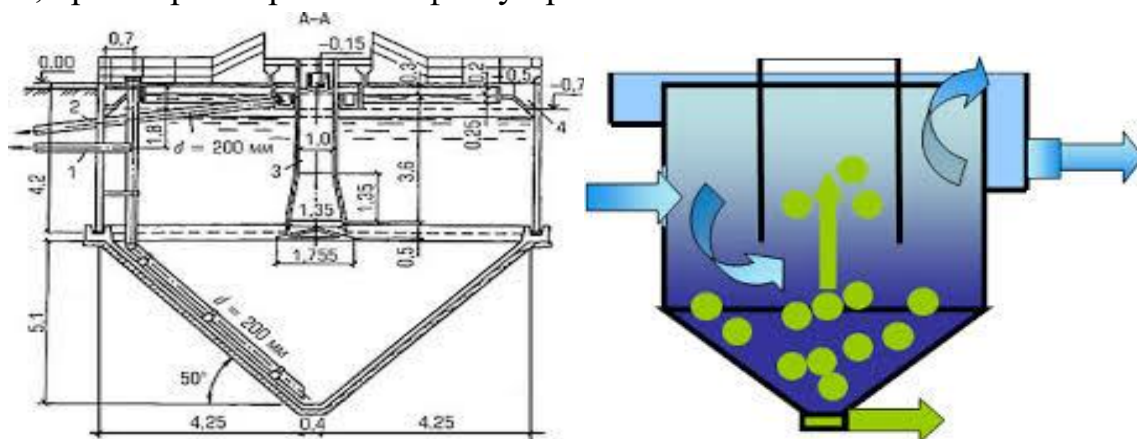
Відстійники служать для затримки нерозчинених органічних забруднень, що перебувають у стічній воді. Ці забруднення випадають на дно відстійника або спливають на поверхню води внаслідок малої швидкості руху стічної води. Рух води у відстійнику є нерівномірним, тому що швидкість потоку є функцією координат і часу $V = f(x, y, t)$. Особливістю руху води у відстійнику є те, що потік тут обмежений не з усіх боків, а має вільну поверхню, всі крапки якої є під впливом однакового зовнішнього тиску (атмосферного).

Відстійники застосовуються як споруди попередньої очистки стічних вод, а також для затримки біоценозу після апаратів біологічної очистки. Для інтенсифікації процесів відстоювання та згущення осадів, що утворюються застосовуються різні методи. Пропускна здатність первинних відстійників залежить від їх конструкції, якій відповідає коефіцієнту використання об'єму проточної частини K_{set} . Величини цього коефіцієнту змінюються від 0,35 до 0,85 для різних конструкцій відстійників. Від цієї величини залежить також і розрахункова величина гідравлічної крупності u_0 . Таким чином підвищення пропускної спроможності відстійника при одному і тому ж ефекті відстоювання може бути забезпечено удосконаленням конструкції. Можливості суттєвих змін у конструкції діючих відстійників дуже обмежені і зводяться звичайно до відновлення проектних положень і розмірів водорозподільних і водозбірних пристроїв, скребкових механізмів, муловідвідних труб і т.д. У відстійниках старих типів часто виявляється необхідним збільшити (не менше як до 50°) кут нахилу стінок мулових приямків, що суттєво поліпшує умови видалення осаду і роботу відстійників у цілому. Горизонтальні відстійники, що не мають скребкових механізмів, за можливістю повинні бути обладнані ними.

Основними методами вдосконалення роботи первинних відстійників є преареція, біокоагуляція, обладнання тонокошаровими елементами, переобладнання відстійників у флотатори або флотаційні біокоагулятори, попередня обробка стічних вод реагентами.

Удосконалення гідродинамічного режиму.

Вертикальні відстійники. Реконструкція вертикальних відстійників у відстійники з низхідно-висхідним потоком дозволяє збільшити їх продуктивність у 1,3...1,5 рази при збереженні ефекту прояснення.



Випускний устрій виконаний у вигляді кільцевої перегородки із зливом усередину і струминонаправного козирька. Освітлена вода збирається в

кільцевий периферійний лоток. Площі нисхідної й висхідної частини відстійника приймають однаковими, щоб забезпечити однакові за модулем швидкості.

Звідси знаходять діаметр кільцевої перегородки:

$$\frac{\pi}{4}(D^2 - d^2) = \frac{\pi d^2}{4}; \quad (2.1)$$

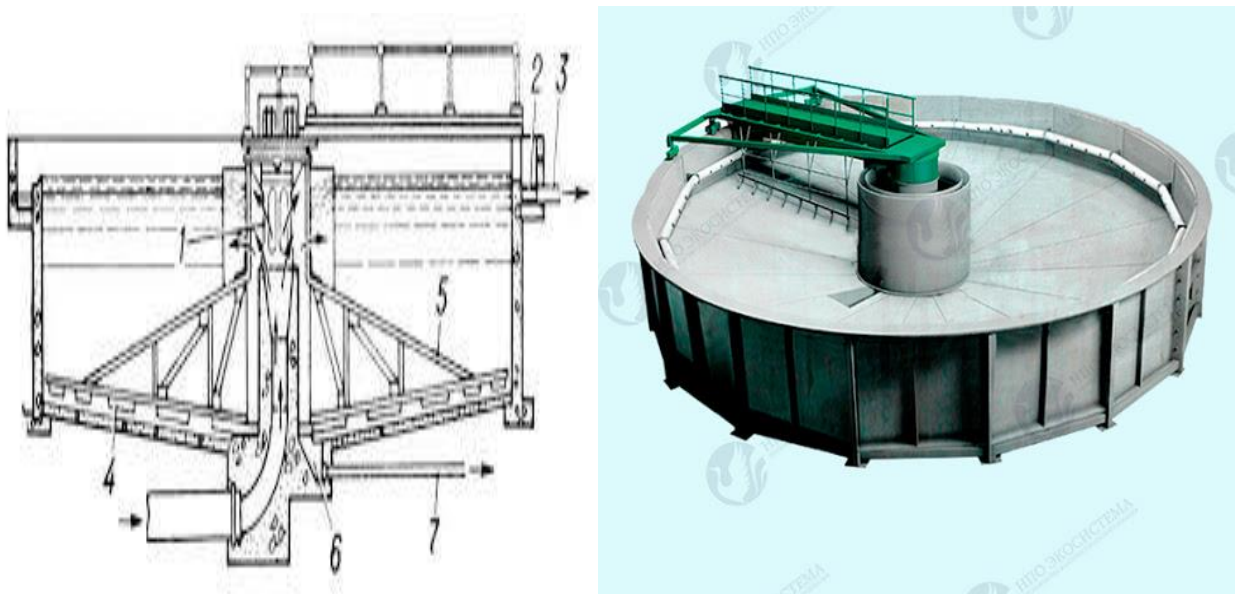
звідки $d = \frac{D}{\sqrt{2}}$

де D і d - відповідно діаметри відстійника і перегородки.

Висота перегородки приймається $2/3$ висоти проточної частини відстійника.

Радіальні відстійники.

Звичайний радіальний відстійник має центральний впуск і периферійний кільцевий лоток. Швидкість води в такому відстійникові зменшується від центру до периферії, а це призводить до погіршення його роботи, змулювання осаду. Удосконалення гідродинамічного режиму відстоювання здійснено у відстійнику Скирдова із збірно-розподільчим устроєм, що обертається. Умови відстоювання близькі до статичних, тому продуктивність таких відстійників більша приблизно на 40 %.



Подача стічної води у відстійник і виведення очищеної води із нього здійснюється через центральну чашу з допомогою жолоба, що обертається. Жолоб поділений поздовжньою перегородкою на дві частини: розподільчу і збірну.

У розподільчій частині є струминонаправні лопатки, які розміщуються таким чином, щоб тривалість перебування окремих струмин у відстійнику була б практично однаковою.

Тонкошарові відстійники (дивись розділ 1)

В таких відстійниках відстійна зона поділяється на низку шарів невеликої глибини.

Тонкошарові відстійники приймають для мало-та середньо-забруднених стічних вод, осадки яких не налипають на тонкошарові елементи.

Ефективним способом поліпшення первинного прояснення стічних вод може бути обладнання відстійників трубчастими або полицевими блоками, що забезпечують роботу відстійників у режимі тонкошарового прояснення. Для очистки міських стічних вод найчастіше використовуються тонкошарові відстійники, що працюють за протиточною схемою. Перевагами тонкошарових відстійників є їх компактність, високий ефект прояснення, можливість ефективного прояснення стічних вод при високих концентраціях завислих речовин, що погано осаджуються.

Тонкошаровими елементами легко оснащувати горизонтальні та вертикальні відстійники. Для вертикальних відстійників зону відстоювання поділяють на сектори трапецоїдної форми. Пакети пластин монтують на рамі, і всю раму опускають у відстійник .

Швидкість руху води приймають $V = 5...10$ мл/с. Висоту полицного простору $H=1...2$ м.

Площа перетину

$$\varpi = \frac{Q}{V};$$

Ширина полицного простору

$$B = \frac{\varpi}{H};$$

Тривалість відстоювання

$$t = \frac{h_{ЯР}}{3600 \cdot u_o \cdot \cos \alpha} \quad (2.2)$$

де u_o – гідравлічна крупність осаду, мм/с

Довжина зони відстоювання

$$L = t \cdot \frac{V}{k} \quad (2.3)$$

де k – коефіцієнт використання об'єму.

Найбільш раціональною схемою потоків є протиточна, бо в цьому разі додатково спрацьовує контактна коагуляція при пересуванні води і осаду назустріч один одному.

Оснащення радіальних відстійників тонкошаровими елементами значно складніше через наявність ферми, що обертається, однак можливе в обмеженій зоні біля збірного кільцевого лотка.

Гідроциклони.

У відстійниках прояснення відбувається за рахунок тільки гравітаційних сил.

У гідроциклонах до гравітаційних сил додається відцентрові і доцентрові, що дозволяє інтенсифікувати процеси освітлення стічних вод. Гідроциклони можуть бути відкритого типу (безнапірні), або закритого.

Відкриті гідроциклони застосовують для вилучення грубих зависей, напірні – для середніх і дрібних завислих речовин.

У всіх видах гідроциклонів рух води організується круговим, по низхідній спіралі. За рахунок відцентрових сил частинки агрегуються, укрупнюються і швидше осідають.

Розроблено багато конструкцій відкритих гідроциклонів без внутрішніх устроїв діаметром 2...10 м; з конічною діафрагмою і циліндричною перегородкою тощо.

Для подальшої інтенсифікації роботи гідроциклонів в них вмонтовують тонкошарові елементи, кожний ярус яких працює як самостійний гідроциклон.

Для кращого розподілу води рекомендують влаштовувати не менше 2 уводів, розташованих навпроти.

Преаерація та біокоагуляція

Преаерація – це попереднє насичення стічної води повітрям перед первинними відстійниками. Внаслідок часткового окислення забруднень прискорюються процеси седиментації. Преаерація рекомендується при вмісті завислих речовин більше 300 мг/л. Тривалість аерації 10 - 20 хвилин.

Кращих результатів досягають в процесі біокоагуляції – преаерації з веденням надлишкового активного мулу від 50 % до 100 % його кількості. Тривалість аерації – до 20 хвилин. Ефект освітлення збільшується на 10...15 %. При проектуванні біокоагуляторів слід передбачати споруди для регенерації активного мулу.

Реконструкція відстійників в преаератори або біокоагулятори досить нескладна: влаштування труб для подачі мулу, повітря, збірного лотка для збирання шлаку (піни), піногонного устрою. Однак необхідність регенерації знижує переваги цього методу.

Флотація.

Використання флотації дозволяє суттєво збільшити продуктивність процесів розділення суспензій або емульсій: первинного або вторинного відстоювання, ущільнення активного мулу.

Сутність методу полягає в переміщенні часток забруднень до поверхні дрібними бульбашками повітря. Частки налипають на поверхню бульбашок, утворюючи аерофлокули. Процес флотації залежить від багатьох чинників, головними з них є розміри часток і бульбашок, здатність до змочування часток.

Найбільш оптимальною сферою застосування флотації є розділення суспензій та емульсій, дисперсна фаза яких має густину меншу або близьку до густини води, і відносно погано змочується: вилучення олій, смол, жирів, нафтопродуктів, поверхнево-активних речовин, дуже дрібних зависей, гідроксидів важких металів, а також для ущільнення мулових сумішей.

Найбільш ефективно розділення досягається при порівняних розмірах часток і бульбашок повітря. Якщо бульбашки менші за частки, то під'ємна сила бульбашок може бути не достатньою. Якщо ж розміри бульбашок значно більші за розміри часток, бульбашки легко з'єднуються з утворенням крупних газових порожнин, що призводить до руйнування аерофлокул, що утворилися.

Інтенсивність аерації також має велике значення. Тут важливе визначити таку кількість повітря, яка б забезпечила транспорт забруднень до поверхні, не припускаючи повздовжнього перемішування. Досвід експлуатації флотаційних установок показує, що оптимальною інтенсивністю аерації є $I=2\dots 6 \text{ м}^3/\text{м}^2\cdot\text{год}$.

Дуже важливою перевагою флотації перед відстоюванням є значно менша, у порівнянні з осадком у відстійників, вологість флотопіни. Так, вологість осаду первинних відстійників становить 93,5...97 %, а вологість флотопіни – 88...93 %, тобто об'єм флотопіни у 2...3 рази менший, ніж об'єм осаду, а значить, відповідне співвідношення об'ємів споруд з обробки осадків.

Витрата повітря і розміри бульбашок залежить від технологічної схеми флотації і способу насичення стічної води повітрям.

➤ *Вакуумна флотація.* Стічна вода надходить в закритий резервуар, в якому попередньо створюється зменшений тиск. Розчинене у стічній воді повітря

звільняється і бульбашки утворюються безпосередньо на частках забруднень. Бульбашки дуже дрібні, тому можливе вилучення дрібнодисперсних домішок.

Не зважаючи на відсутність витрати на утворення бульбашок повітря, процес достатньо енергоємний: потребується створити і підтримувати вакуум у великих об'ємах. Крім того, технічно складно організувати збирання і видалення флотоїни.

➤ *Напірна флотація.* За організацією потоків напірна флотація може бути прямоточною; частково-прямоточною; з рециркуляцією очищеної води. За прямоточною схемою весь об'єм стічної води насичується повітрям; у частково-прямоточній схемі - повітрям насичується 30...70 % стічної води; в рециркуляційних схемах повітря подають у всю або частину очищеної води, яку зміщують із вихідною водою.

За способом насичення повітрям відрізняють напірну флотацію з баком (сатуратором), та ежекторну.

В схемах с сатураторами насичення здійснюють або компресором, або влаштуванням ежекторів на напірній лінії до бака. У сатураторі створюють тиск 0,3...0,5 МПа.

Ежекторні схеми простіші, вимагають менших витрат електрики, однак розміри бульбашок повітря суттєво більші. Проектують декілька варіантів ежекторних схем: а) ежектор на всмоктувальному трубопроводі насосу; б) на нагнітальному трубопроводі насосу; в) ежектор на байпасній лінії. При введенні коагулянтів пластівці можуть руйнуватися, особливо по схемах "а" і "в".

Інтересною різновидністю напірної флотації є ерліфтна. Насичення і подальше звільнення повітря здійснюється за рахунок великої різниці позначок флотатора і точки уводу повітря (20...30 м). Схема економічна, однак далеко не завжди є умови великого перепаду висот.

Напірну флотацію доцільно приймати для очистки сильно – та середньо - забруднених стічних вод.

➤ *Імпеллерна (механічна) флотація.* Насичення повітрям здійснюється за рахунок утягування повітря у воду при обертанні швидкісної мішалки. Застосовується для очистки малих об'ємів висококонцентрованих суспензій. Широко використовується при збагаченні бідних (пісних) руд, кольорових та дорогоцінних металів. Для покращення піноутворення уводять добавки: поверхнево – активні речовини і колектори. Імпеллерна флотація найбільш енергоємні із всіх видів флотації.

Флотація з диспергування повітря пористими перегородками. В залежності від розмірів пор, і відповідно, бульбашок, відрізняють крупно - , середньо – і дрібнобульбашкову флотацію. Найкращим варіантом є дрібнобульбашкова флотація, за якою забезпечується високий ефект очистки при мінімальних експлуатаційних видатках. Так, найбільший тиск , необхідний для флотації цього типу, не перевищує 0,1 МПа, а зазвичай 0,05...0,08 МПа, в той час як для напірної флотації треба 0,3...0,5 МПа .

При подачі стічної води на шар піни, що утворилася, процес називається пінна сепарація. Пінною сепарацією можна зменшити вміст не тільки завислих речовин, а і таких, що знаходяться у колоїдному стані, а також і частково розчинених (але не електролітів).

Найвідповідальнішим елементом установок цього типу є устрої для диспергування повітря. Це можуть бути пористі пластини або труби з розміром пор від 10 до 40 мкм; войлочні диски із спеціальними зажимними устроями для регулювання розміру бульбашок; перфоровані гумові трубки тощо. Обов'язковою умовою є очистка повітря від механічних домішок - окалини, іржі, пилу, масла.

➤ Електрофлотація.

Використовують для очистки невеликих об'ємів стічних вод (до 20 м³ за годину), з високим солевмістом, з використанням нерозчинних електродів.

Якщо використовувати розчинні, залізні або алюмінієві, електроди, процес очистки називають електрофлотокоагуляцією.

Для інтенсифікації очисних процесів доречно переобладнання первинних відстійників у так звані **флотаційні біокоагулятори**. (можливі схеми переобладнання у флотаційні біокоагулятори горизонтальних, вертикальних і радіальних відстійників).

Переобладнання первинних відстійників дозволяє скорочувати тривалість первинного прояснення води, знижувати БПК₅ стічних вод, що надходять до аеротенків. Отримання шламу низької вологості дозволяє виключати з технологічної схеми ущільнювачі надлишкового активного мулу, зменшувати об'єми метантенків або інших споруд обробки осадів. Недоліком флотаційної біокоагуляції є великі витрати електроенергії для перекачування робочої рідини під значним тиском.

Реагентна обробка.

Великі об'єми споруд і малий ефект очистки в різних відстійниках значною мірою визначаються тим, що завислі частки знаходяться у стані агрегативної

рівноваги. Агрегативна рівновага найчастіше є наслідком утворення на поверхні часток подвійного електричного шару: гідратної оболонки, а також адсорбційної оболонки з високою в'язкістю.

Вдосконалити процеси первинного відстоювання можливо шляхом введення у стічні води реагентів, а саме сульфату алюмінію, хлориду заліза, сульфатів окисного та закисного заліза. На вибір виду та дози реагентів впливають склад стічних вод, необхідний ступінь очистки, а також техніко-економічні міркування. Використання реагентів на стадії попередньої очистки забезпечує не тільки суттєве підвищення ефекту прояснення стічних вод, але і видалення значної частини колоїдних і розчинних забруднень. Одночасно зменшується концентрація іонів важких металів і сполук фосфору.

Колоїдні системи по відношенню до води можуть бути гідрофобними та гідрофільними.

Гідрофобні системи не пов'язують воду. Вони часто мають великий заряд. Нейтралізація такого заряду призводить до втрати рівноваги і швидкої коагуляції. До гідрофобних колоїдів належать глина; гумус; мул та ін.

Гідрофільні колоїди, навпаки, пов'язують дуже багато води, але при цьому мають незначний заряд. Нейтралізація таких колоїдів зазвичай не покращує коагуляцію. До гідрофільних колоїдів належать гелі (золі) гідроксидів важких металів.

За знаком заряду колоїди можуть бути позитивно – або негативно зарядженими.

Ядро адсорбує на своїй поверхні іони переважно одного заряду. Ядро разом з адсорбованими іонами складають гранулу, що має заряд. Протилежно заряджені іони знаходяться у дифузному шарі. Якщо б міцела знаходилась у стані спокою, то в цілому заряд гранули був би нейтралізований іонами протилежного знаку. Але внаслідок броунівського руху протіони дифузійного шару відстають від гранули, і частка набуває заряду.

Наявність у часток однойменних зарядів перешкоджає їх зближенню і коагуляції.

Потенціал на грані адсорбційного шару називають електрокінетичним, або ζ (зета) – потенціалом. Зазвичай ζ - потенціал коливається в межах 0,05...0,1 в. Коагуляція здійснюється при $\zeta < 0,03$ в. Найінтенсивніше коагуляція протікає при $\zeta \approx 0$ – в так званій ізоелектричній точці.

Зменшення ζ - потенціалу можливо при збільшенні концентрації у воді електролітів. При цьому збільшується концентрація протиіонів і зменшується радіус дифузного шару.

Частки глини, мулу мають від'ємний заряд. Для їх коагуляції слід уводити позитивно заряджені іони.

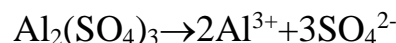
Золі важких металів зазвичай позитивно заряджені, для їх коагуляції слід уводити солі полівалентних кислот, наприклад, фосфорної.

Передозування коагулянта небажане, бо при цьому можливе перезарядження часток міцели.

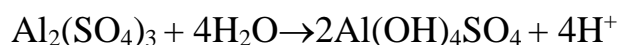
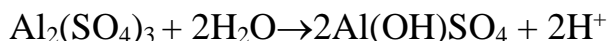
Сутність процесу коагуляції.

При коагуляції солями важких металів мають місце 2 ефекти:

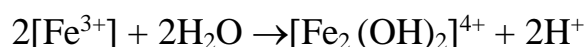
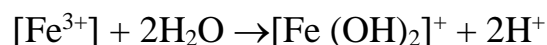
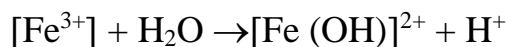
1. Нейтралізація заряду часток, зменшення ζ - потенціалу, при цьому частки втрачають усталеність і коагулюють:



2. Сорбція забруднень пластівцями коагулянту:



Аналогічні процеси ступінчастого гідролізу мають місце і в разі сполук заліза.



Послідовний гідроліз та полімеризація призводять до випадання осадків гідрооксидів алюмінію або заліза.

На швидкість і повноту гідролізу суттєво впливають рН середовища, розчинність осаду гідрооксиду металу, температура процесу, іонна сила розчину.

Для солей алюмінію ізоелектрична точка при рН = 6,5...7,5. Якщо рН < 3, гідроліз зовсім не йде, а при рН > 8 утворюються добре розчинні алюмінати.

Збільшити швидкість і повноту гідролізу можна, використовуючи конденсовані (тобто частково полімеризовані) продукти, такі як гідроксохлорид алюмінію $\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl}$, гідрокосульфати $\text{Al}_2(\text{OH})_4\text{SO}_4$, та інші.

Крім означених ефектів, при використанні таких коагулянтів майже не змінюється кислотність води, тобто відпадає необхідність корегування рН.

З метою зменшення собівартості коагуляції, в якості коагулянтів використовують різноманітні відходи виробництва.

Флокулянти.

Як відзначалося раніше, гідрофільні колоїди мають малий заряд, тому зниження ζ - потенціалу практично не покращує процес злипання таких чисток. Для інтенсифікації процесів осадження гідрофільних золів часто використовують флокулянти, тобто доповнюють коагуляцію флокуляцією.

Флокулянти – це високомолекулярні сполуки розгалуженої структури. Процес флокуляції – це процес утворення пластівців при адсорбції розгалуженою структурою флокулянта часток колоїдної системи із втратою рівноваги.

За природою флокулянти поділяються на мінеральні (гель кремнієвої кислоти), та органічні.

Органічні флокулянти в свою чергу поділяються на аніонного типу (такі, що мають функціональні групи – COOH ; $-\text{SO}_3\text{H}$; $-\text{OSO}_3\text{H}$ - $\text{PO}(\text{OH})_2$), катіонного типу ($-\text{NH}_2$; $-\text{NH}$; $-\text{NOH}$ тощо) та амфотерні, що мають обидві групи замісників.

Найкращого результату досягають, використовуючи флокулянти із зарядом, протилежним заряду колоїдної частки.

Водночас необхідно враховувати, що реагентна обробка стічних вод пов'язана з використанням дефіцитних реагентів і з будівництвом реагентного господарства. Рішення про використання реагентів для інтенсифікації очистки стічних вод на діючих спорудах повинно прийматися на основі всебічного аналізу ситуації.

Контрольні питання:

1. З якою метою використовують усереднення?
2. Де можливе встановлення усереднювачів?
3. Конструкції усереднювачів?
4. Шляхи покращення роботи ґрат?
5. Методи інтенсифікації роботи первинних відстійників?
6. Методи збільшення пропускну здатності первинних відстійників?
7. Застосування попередньої аерації стічних вод?
8. Біокоагуляція стічних вод.
9. Види та технологічні схеми флотації?

Тема 2.6 Вдосконалення споруд біохімічної очистки стічних вод

Мета вивчення теми: надати студентам уявлення щодо особливостей роботи споруд біохімічної очистки стічних вод, розуміння проблем, які виникають при експлуатації, заходів щодо удосконалення їх роботи.

1. Методи вдосконалення роботи біофільтрів.
2. Вдосконалення споруд аерації.

Ключові терміни: аеротенк, рециркуляція, завантаження, мул.

Біологічні методи очистки засновані на життєдіяльності мікроорганізмів, які в процесі своєї життєдіяльності (споживаючи як їжу) руйнують (окислюють або відновлюють) органічні речовини (забруднення), що перебувають у стічній воді у вигляді суспензій, колоїдів або розчинів.

Споруди біологічної очистки підрозділяються на два типи:

- 1) споруди очистки в природних умовах;
- 2) споруди, у яких очистка відбувається в штучно створених умовах.

До перших споруд відносяться поля фільтрації і зрошення, на яких відбувається фільтрування стічної води через шар ґрунту, і біологічні ставки, заповнені водою, що протікає (каскади ставків).

Для біологічної очистки стічної води в штучних умовах застосовують аеротенки, біофільтри й аерофільтри. У цих спорудах очистка протікає більш інтенсивно, ніж на полях зрошення, фільтрації й у ставках, тому що штучним шляхом створюються кращі умови для розвитку активної життєдіяльності мікроорганізмів.

Основною метою інтенсифікації роботи біологічних фільтрів є підвищення пропускної здатності і ефективності очистки стічних вод. Реконструкції повинен передувати ряд заходів, без виконання яких виконувати роботи практично неможливо.

Для чого необхідно:

- провести аналіз роботи всього комплексу очисних споруд, їх стану та окремо біофільтрів;
- здійснити експертизу технічного стану біофільтрів, включаючи конструкційну частину, матеріал, що завантажується, стан системи розподілу, збору і відведення води;

- розробити заходи щодо вдосконалення роботи споруд, включаючи різні варіанти рішень, дати їх техніко-економічну оцінку та вибрати оптимальний варіант.

Основними методами інтенсифікації біофільтрів являються:

- зміна технологічної схеми роботи всього комплексу споруд;
- заміна об'ємного завантаження на площинне;
- зміна системи водорозподілу стічних вод по поверхні завантаження біофільтру;
- використання багатоступінчастої схеми очищення в біофільтрах;
- використання рециркуляції стічних вод;

Вдосконалення високонавантажувальних біофільтрів.

Для інтенсифікації роботи високонавантажувальних біофільтрів і покращення ефективності очистки стічних вод на очисних спорудах можна застосовувати декілька варіантів. Методи інтенсифікації роботи високонавантажувальних біофільтрів мало чим відрізняються краплинних біофільтрів найбільше часто застосовується.

➤ шляхом заміни завантажувального матеріалу на площинний.

Для цього необхідно виконати наступні роботи:

- змонтувати нову водорозподільну систему;
- наростити висоту стін біофільтра;
- замінити існуючі лотки на канали більшої пропускної здатності;
- переобладнати систему подачі стічної води на очистку;
- замінити водовідвідні лотки до вторинних відстійників.

Висота огорожувальних конструкцій високонавантажувальних біофільтрів збільшується до 3-4 м, у якості площинного завантажувального матеріалу можливо використовувати рулонний завантажувальний матеріал з гофрованого вторинного поліетилену. Для зрошення поверхні завантажувального матеріалу можливо застосувати зрошувачі струминного типу.

➤ *Зміна технологічної схеми роботи високонавантажувальних біофільтрів, із заміною завантажувального матеріалу.*

У даному випадку розглядається зміна технологічної схеми очистки стічних вод.

Перший варіант. Заміна гравійного завантаження на площинну (пластмасову) з роботою їх по двоступінчастій технологічній схемі.

Другий варіант. На всіх біофільтрах замінюють завантажувальний матеріал. При цьому зберігається одноступінчаста схема роботи біофільтрів.

Третій варіант. На одному біофільтру замінюють завантажувальний матеріал. У цьому випадку робота споруд також буде здійснюватися за двоступінчастою схемою: на першій ступені працює біофільтр із площинним завантаженням, на другій – аерофільтр.

Для реалізації першого та третього варіантів буде потрібно будівництво додаткових відстійників після біофільтрів із площинним завантаженням і насосної станції для перекачування проясненої води після відстійників на другу ступінь в аерофільтр.

➤ *Використання рециркуляції стічних вод.*

Рециркуляція, тобто повторна подача на біофільтри частини очищених стічних вод разом з неочищеними стічними водами, збільшує продуктивність біофільтрів і підвищує ефективність біологічної очистки. Вода, що повертається на біофільтри, несе з собою кисень, нітриту та нітрати, аеробні мікроорганізми та ферменти. Внаслідок цього суміш рециркуляційної води з неочищеними стічними водами набуває властивостей, які забезпечують підвищення швидкості окиснення забруднень біоплівкою. У разі використання рециркуляції із значно більшою ефективністю беруть участь у процесі очистки нижні шари завантаження біофільтру, зменшується небезпека замулювання завантаження, згладжуються піки концентрацій забруднень стічних вод, забезпечується більш рівномірне гідравлічне навантаження на біофільтр протягом доби.

➤ *Збільшення продуктивності існуючих біофільтрів за рахунок збільшення кількості кисню, що подається.*

Одним із шляхів підвищення продуктивності існуючих біофільтрів може бути застосування штучної вентиляції завантаження для краплинних біофільтрів, або збільшення питомої витрати повітря на аерофільтрах. Дефіцит кисню може бути особливо виражений у крапельних і високонавантажувальних біофільтрах з об'ємним завантаженням з щебеню, гравію, керамзиту, коксу, шлаку. Активна біомаса у таких біофільтрах дуже нерівномірно розподілена за висотою завантаження. Близько 70% аеробних мікроорганізмів зосереджено у верхньому шарі завантаження товщиною до 250 мм. У глибших шарах у великій кількості присутні анаеробні мікроорганізми, що є наслідком відсутності тут дефіциту кисню. Існування у завантаженні анаеробних зон зумовлено насамперед його замулюванням через перевантаження біофільтра забрудненнями, що надходять, при недостатньому гідравлічному навантаженні. Разом з тим дефіцит кисню у завантаженні біофільтрів може бути викликаний недостатньою інтенсивністю його вентиляції, особливо природної, розрахованої в основному на надходження

повітря у товщу завантаження, що зумовлене різницею його температур всередині та зовні біофільтра. Інтенсивність природної вентиляції завантаження залежить від його опору руху повітря, який зростає при замулюванні завантаження біоплівкою. Припинення надходження кисню у завантаження спричинює гниття біоплівки і вихід біофільтра з ладу. Такій небезпеці найбільшою мірою піддаються крапельні біофільтри. Аерацію завантаження може поліпшити застосування вентиляторів для подачі повітря у міждонний простір під шар завантажувального матеріалу

Необхідність інтенсифікації роботи аераційних споруд виникає при:

- збільшенні витрати стічних вод;
- погіршенні якості очищення;
- необхідності зниження споживання електроенергії.

Для інтенсифікації роботи аераційних споруд існують наступні основні способи:

- збільшення маси активного мулу, що бере участь у процесі очистки;
- впровадження технології біологічного видалення азоту і фосфору;
- оптимізація роботи аераційної системи, включаючи використання високоефективних аераторів;
- удосконалення гідродинамічного режиму роботи аеротенків;
- використання двоступінчастого очищення стічних вод;
- використання флотаційних аеротенків-освітлювачів і аеротенків із глибинною аерацією.

Впровадження вищезазначених способів на очисних спорудах може відбуватися шляхом:

- будівництва нових аераційних споруд;
- реконструкції та інтенсифікації діючих.

Вибираючи варіант потрібно враховувати той фактор, що у першу чергу будуть фінансувати ті заходи, що мають невеликі капітальні затрати і приносять безсумнівний економічний ефект як з погляду оздоровлення екологічної обстановки, так і економії матеріальних і енергетичних ресурсів.

Найбільша частина енергетичних витрат в аеротенках припадає на систему аерації.

Більшість станцій аерації оснащені пневматичними дрібнобульбашковими аераторами з використанням фільтросних пластин або труб. Продуктивність таких аераторів за киснем становить 2...3,3 кг/кВт год електроенергії, а для крупнобульбашкових – 1,4...1,8 кг/кВт ч.

Основним недоліком дрібнобульбашкових аераторів є забивання пор. Тому головними напрямками удосконалення цієї системи аерації є виготовлення стійких до засмічування пористих елементів, а також фільтросних елементів, що легко виймаються та регенеруються.

Фінляндською фірмою "Нокіа" розроблені трубчасті та дискові дрібнобульбашкові фільтроси із пористого поліетилену, які забезпечують отримання бульбашок розміром 1...4 мм.

Французька фірма "Дегремон" пропонує дискові фільтроси із металокераміки, що угвинчуються у розподільчий повітропровід.

У ВНДІ Водгео розроблені тканинові аератори трубчастої, коробчастої, тарільчастої та інших форм. Тканиновий аератор - це дірчаста основа (труба, короб тощо), що обмотана у декілька шарів тканиною (чим більше шарів тканини, тим дрібніші бульбашки). Рекомендується використовувати синтетичні тканини щільного плетіння, спеціальні тканини для фільтрів.

Виявлено, що за однаковою кількістю диспергованого повітря тканинові аератори приблизно в 6 разів дешевші за керамічні. Крім того, тканинові аератори легко регенеруються звичайним пранням.

Для зменшення розміру бульбашок повітря фірмою "Марокс" розроблені пористі диспергатори, що обертаються. При обертанні фільтросної пластини дрібні бульбашки змиваються з її поверхні струминою води.

Удосконалюються також середньобульбашкові аератори. Головним завданням є отримання достатньо дрібних бульбашок і попередження попадання стічної води з активним мулом у повітря -розподільчу систему.

Фірма "Дегремон" успішно експлуатує диспергатор "Вібрейр", що працює за принципом зворотнього клапану. Клапан (кришка) виготовлений із бронзи, підпружинений. Зазор між кришкою і корпусом менше за 1 мм. Під тиском повітря кришка піднімається і випускає повітря. Внаслідок падіння тиску кришка опускається. Частота вібрацій сягає 100 хв^{-1} . Витрата повітря – $2,5...7 \text{ м}^3/\text{год}$.

Аналогічні, тобто такі що працюють за принципом зворотнього клапану, диспергатори експлуатують і в США.

Великі перспективи у механічних аераторів. Механічні аератори можна поділити на 2 групи:

- з горизонтальною віссю обертання;
- з вертикальною віссю.

Механічні аератори першого типу мають лопасті, які при вході у воду утягують повітря. Удосконалення цього типу аераторів стосуються в першу чергу

конструкції лопастей, щоб забезпечити, по-перше, ефективність аерації. Механічні аератори другого типу мають горизонтальний ротор, що обертається з великою швидкістю. При обертанні ротору вода розбризкується і насичується повітрям. Додатково у воронку, утворену ротором, підсмоктується повітря. Удосконалення цього типу аераторів направлені на конструкцію роторів, підвищення надійності редукторів і валів.

Найбільша кількість розробок в цьому напрямку у фірми "Дегремон" – більше 20 модифікацій механічних аераторів типу "Актиротор".

Вельми ефективним виявилось поєднання двох типів в аерації в одному - пневмомеханічна аерація, в якій під ротор або лопасті механічного аератора диспергуються повітрям. Ступінь використання кисню при застосуванні пневмомеханічних аераторів становить 20...25 %, що у 2...2,5 рази більше, ніж при пневматичній аерації. Найбільш відомими конструкціями є розробки фірми "Інфілко" та "Пермутіт", США.

У Східній Німеччині широко використовують аератори ежекторного типу, так зване "кільцеве сопло". Аератор може бути віднесений до перехідного типу від середньобульбашкового до дрібнобульбашкового.

На відміну від систем пневматичної аерації, в ежекторних аераторах відсутні повітряпроводи і пористі матеріали. Повітря підсмоктується із атмосфери робочою рідиною, якою є стічна вода або її суміш із активним мулом. Ефективність за киснем нижча, ніж у пневматичних або механічних аераторів – 1...1,5 кг/кВт год, однак із врахуванням перемішування, що здійснюється насосами, загальні енерговитрати на біологічну очистку менші, ніж при використанні механічних аераторів.

➤ *Удосконалення гідродинамічного режиму*

За гідродинамічним режимом всі реактори, можна поділити на 2 групи: витискувачі, в яких концентрація реагентів змінюється по довжині, але є постійною у будь-якому перетині (тобто відсутнє поздовжнє і поперечне перемішування)

і змішувачі, в яких концентрація миттєво усереднюється у всьому об'ємі.

В аеротенки-витискувачі стічна вода і активний мул подаються зосереджено у початок споруди і відводяться також зосереджено на виході.

Аеротенки-витискувачі забезпечують глибоку очистку і стабільні показники. Однак доза мулу в них невелика, тому вони дуже чутливі до коливання витрати або вмісту забруднень. Крім того, навантаження на мул розподіляється нерівномірно по довжині: велике на вході і мале на виході.

В аеротенках-змішувачах стічна вода і активний мул розподіляються рівномірно вздовж довгої сторони споруди і також рівномірно виводяться з протилежної сторони.

Аеротенки-змішувачі характеризуються рівномірним навантаженням на мул внаслідок повного змішування стічної води з мулом, високу і однакову за всьм об'ємом аеротенка швидкість окислювання. Такі аеротенки більш пристосовані для очистки концентрованих за БСК (до 1000 мг/л) стічних вод на неповну очистку.

Розроблені конструкції аеротенків, що поєднують в собі елементи витискувачів і змішувачів, наприклад, аеротенки з рівномірною подачею стічних вод по довжині і зосередженою подачею мулу в початок споруди, і зосередженим випуском у кінці споруди.

Перевагою цього типу аеротенку перед змішувачем є розвиток адаптованого мулу по довжині споруди. Але навантаження на мул збільшується в кінці споруди, що погіршує якість очистки.

Варіацією цього типу є аеротенк з нерівномірним розподілом стічної води по довжині. Стічна вода подається через спеціальні затвори пропорційно концентрації активного мулу у даній зоні аерації, внаслідок чого навантаження на мул залишається постійним по довжині споруди.

Практика експлуатації показує, що ефективність очистки в аеротенках різних типів практично однакова, що можна пояснити недотриманням гідродинамічного режиму. Погіршення роботи аеротенків виникає внаслідок поперечного і поздовжнього перемішування аж до утворення зворотних потоків. Ефективність роботи аеротенків коридорного типу можливо збільшити, поділивши коридори на секції поперечними перегородками. У середині кожної секції відбувається повне змішування, однак в цілому по коридору забезпечується режим витискування, тобто проміж секціями перемішування відсутнє. Кількість камер приймають від 4 до 10. За розміром камери можуть бути однаковими, але краще, щоб їх об'єм був пропорційним вмісту забруднень за БСК або концентрації активного мулу.

В результаті ліквідації ракетної техніки залишаються пускові шахти. Їх після незначної реконструкції можливо використовувати як аеротенки "шахтного" типу. Це шахта діаметром від 0,25 до декількох метрів і глибиною до 360 м. За висотою аеротенк поділений на 2 секції – низхідного і висхідного потоків. Це досягається або секціюванням, або варіантом "труба в трубі".

Повітря, що подається компресором у центральну трубу, утворює ерліфтну циркуляцію стічних вод. Глибокі аеротенки мають цілу низку переваг у порівнянні з традиційними: об'єм у 2...2,5 рази менший, капітальні витрати на їх будівництво менші на 20%. Вони займають значно меншу площу. Розчинність кисню збільшується приблизно в 2 рази, а ступінь його використання сягає 90%. Це дозволяє зменшити потужність компресора. Зменшується кількість надлишкового мулу приблизно на 50%, що зменшує витрати на його транспортування і переробку.

Аеротенки шахтного типу експлуатуються у Великій Британії, Канаді, Японії, Німеччині та інших країнах.

Альтернативою шахтному є баштовий аеротенк. Дослідницька установка такого типу працює у Німеччині.

➤ *Збільшення дози активного мулу*

Це один із найголовніших шляхів інтенсифікації роботи очисних споруд. При збільшенні дози мулу від 1...2 г/л до 25...30 г/л окислювальна потужність збільшується від 0,5...1 до 12...14,5 г БСК/м³ доби. Заважає збільшенню дози мулу вторинний відстійник. Збільшення концентрації мулу у вторинному відстійнику більше 7 г/л вимагає значного збільшення тривалості відстоювання. При відсутності кисню починаються анаеробні процеси, мул спухає, спливає, вода набуває неприємного запаху.

Розглянемо деякі шляхи підвищення дози мулу в аеротенках:

- використання інтенсивних методів розділення мулової суміші, таких як тонкошарове відстоювання або флотаційне виділення мулу.
- фільтраційне розділення мулової суміші.

В кінці аеротенка перед випуском у вторинний відстійник мулову суміш пропускають через фільтрувальні перегородки різноманітних типів. Це дозволяє підтримувати дозу мулу в аеротенці до 25 г/л.

Фільтротенки конструкції Московського інженерно-будівельного інституту. Мулова суміш фільтрується через сітчастий фільтр. Періодично (через 60...120 с) вмикається зворотня продувка фільтра для його регенерації на 5...7 с.

Різновидність цього фільтра-рототенк. Фільтрувальним елементом є бокова сторона сітчастого циліндра, що обертається. Осад знімається ножом.

У фільтротенків окислювальна потужність сягає 8000...12000 г БСК на 1 м³ аеротенка за добу, при малому навантаженні на мул - 400...600 мг БСК на 1 г мулу за добу. Собівартість очистки зменшується на 12...15%, капітальні витрати на 35...40 %.

Динамічний фільтр. Розроблений Ростовським інженерно-будівельним інститутом. Випробуваний на очисних спорудах Краснодарського хімкомбінату. Барабанний фільтр розташований над фільтросами. Бульбашки повітря не дають можливості утворення товстого шару мулу. Регенерацію фільтрувальної сітки здійснюють зворотною промивкою компактною струминою з швидкістю 3 м/с. Ефективність регенерації сягає 98%. Окислювальна потужність становить 18000 г БСК на 1 м³ аеротенка за добу, доза мулу - більше 30 г/л.

➤ *Використання інертних носіїв біомаси.*

В спорудах цього типу крім вільно плаваючого мулу закріплюється на різних носіях біомаса.

Біоцити. В аеротенки монтують металеві або дерев'яні рами, на яких закріплюють волоконні або пористі матеріали- носії біоплівки. Найкращим матеріалом є поролон. Об'єм завантаження становить 10...12% корисного об'єму аеротенка.

В процес очистки включається додаткова біомаса. Крім того, в результаті автоселекції щити у різних перетинах заселені адаптованими мікроорганізмами: на початку- найпростіші, а в кінці - нітрифікуючі бактерії.

Контрольні питання:

1. Мета інтенсифікації роботи біологічних фільтрів?
2. Які існують основні методи інтенсифікації роботи біофільтрів?
3. Вплив вентиляції завантаження біофільтрів на їх роботу?
4. Коли виникає необхідність вдосконалення аераційних споруд?
5. Які існують способи інтенсифікації аераційних споруд?
6. Яким чином можливо здійснити інтенсифікацію роботи системи аерації?

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Українець М.О. Вдосконалення систем водопостачання: навч. посіб. / Зап. держ. інж. акад.-я. Запоріжжя: ЗДІА, 2005. 104 с.
2. Василенко О. А., Грабовський П.О., Ларкіна Г.М. Реконструкція і інтенсифікація споруд водопостачання та водовідведення: навч. посіб./ ІВНВКП. Київ: УкрГеліотех, 2010. 272с.
3. Українець М.О. Водозабірні споруди. навч.-метод. посібник. Запоріжжя: ЗДІА, 2010. 152 с.
4. Тугай А.М., Орлов В.О. Водопостачання. Київ: Знання, 2009. 735 с.
5. Українець М.О. Реконструкція систем водопостачання: конспект лекцій. Запоріжжя: ЗДІА, 2003. 81 с.
6. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Державні санітарні норми та правила "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною". [Чинний від 12.05.2010]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2010. 35 с: (Інформація та документація).
7. ДБН В.2.5 – 74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. [Чинний від 01.03.2013]. Вид. офіц. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. 172 с.
8. С.М. Эпоян, Г. И. Благодарная, С.С. Душкин Повышение эффективности работы сооружений при очистке питьевой воды. Харків: ХНАГХ, 2013. 190 с.
9. Орлов В.О. Водоочисні фільтри із зернистою засипкою. Рівне: НУВГП, 2005. 163с.
10. Загальнодержавна програма «Питна вода України» на 2006–2020 роки, затверджена Законом України від 3 березня 2005 року № 2455-IV.
11. ДБН В.2.5-75:2013 Каналізація зовнішні мережі та споруди. [Чинний від 01.01.2014]. Вид. офіц. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2014. 196 с.
12. Долина Л.Ф. Проектирование и расчет сооружений и установок для механической очистки производственных сточных вод. уч. пособ./ Днепрпетровск: Континент, 2003. 93 с.
13. . М.Д. Волошин, О.Л. Щербак, Я.М. Черненко, І.М. Корнієнко. Удосконалення технології біологічної очистки стічних вод./ Дніпр. держ. техн. унів-т .Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2009. 20 с.
14. Епоян С.М. Фізико-хімічні та біологічні методи очистки стічних вод: навчальний посібник. Харків: Вид. «Міськдрук», 2012. 305 с.

15. ДСТУ 3008- 2015.Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлення. [на заміну ДСТУ 3008-95, чинний від 01.07.2017]. Вид. офіц. Київ : Технічний комітет стандартизації «Інформація та документація 2015. 31 с. (Інформація та документація).

16. ДСТУ 8302- 2015. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. [чинний від 01.07.2016]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ» 2016. 37 с. (Інформація та документація).

17. Романюк О.М. Шляхи модернізації підприємств водопровідно-каналізаційного господарства. Водопостачання та водовідведення. 2013. № 6. 16-25с.