
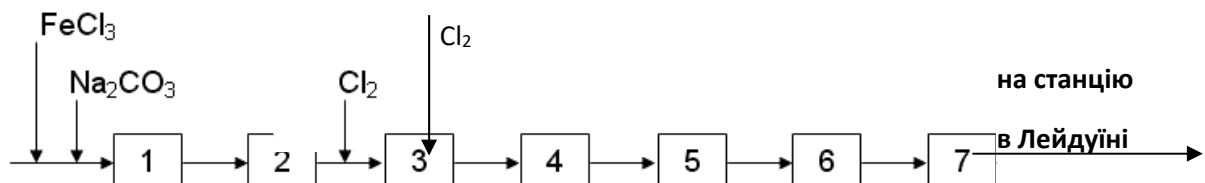


Лекція. Використання сучасних технологій в роботі механічних споруд очистки

1. Огляд очисних споруд.
2. основні проблеми в роботі споруд
3. Технологічна надійність.
- 4 Розрахунок припустимого збільшення витрати води.
- 5 Приклади рішення окремих конструктивних задач при удосконаленні роботи споруд

 **Ключові терміни** : порошкоподібне активне вугілля; сорбційний фільтр; гіперфільтраційна установка; аераційна колона

На першій лінії передбачена станція попередньої обробки рейнської води в Ньювегейне, що працює за технологічною схемою, яка приведена на рис. 1.



1 – змішувачі; 2 – камери пластівцеутворення; 3 – горизонтальні відстійники; 4 – підземні РЧВ; 5 – насосна станція II підйому; 6 – ділянки фільтрації; 7 – другий водозабір

Рисунок 1 – Принципова технологічна схема водоочисної станції в Ньювегейне

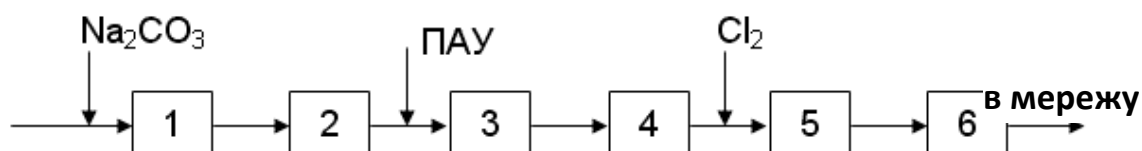
Для коагуляції використовується хлорне залізо при дозі 3 мг/л, а підлужування виконується каустичною содою з дозою 10-15 мг/л.

Хлорне залізо поставляється автоцистернами у вигляді розчину з концентрацією 41%, каустична сода – у вигляді 50%-го розчину. Хлорне залізо зберігається в 10 армованих пластмасових баках діаметром $D=2,6$ м та об'ємом по 32 м^3 кожний. Сода зберігається в 3-х резервуарах загальною ємністю 1310 м^3 .

Дозування реагентів виконується поршневыми насосами з регульованим ходом поршня і змінною частотою обертання електродвигунів.

Камери пластівцеутворення в кількості 6 шт. вмонтовані в 3 горизонтальних відстійники. Вони мають механічні мішалки діаметром 3,5 м з змінною частотою обертання 0-4 об/хв. Час перебування води в камерах 20 хв.

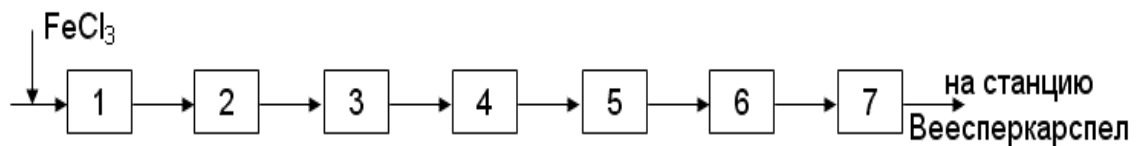
Відстійники мають розміри 300×40×2,5 м, кількість піщаних фільтрів 80 штук, площа одного фільтра складає 54 м², об'єм підземних резервуарів 400 м³. Насосна станція II підйому подає очищену воду в 40 інфільтраційних басейнів у Фогенлензанге. В результаті інфільтрації якість вихідної води істотно вирівнюється в часі, знижується вміст нітратів до 3–5 мг/л, зростає концентрація розчиненого кисню, помітно покращуються бактеріологічні показники. Однак окислюваність залишається високою, високим залишається і вміст заліза і кольоровість. Інфільтрат збирається дренами і виливається у відкритий резервуар, з нього насосами подається на очисну станцію доочистки в Лейдуїні, технологічна схема якої приведена на рис. 2.10.



1 – вхідні камери; 2 – каскадні аератори; 3 – швидкі фільтри; 4 – повільні фільтри; 5 – контактні резервуари; 6 – насосна станція, що подає воду у водоводи і мережу міста

Рисунок 2 – Принципова технологічна схема водоочисної станції в Лейдуїні

На цій станції для сорбції розчинених органічних сполук додають порошкоподібне активне вугілля (ПВ), а для підвищення рН до 8,1 – розчин каустичної соди. ПВ дозують у сухому вигляді. Розрахункова продуктивність станції 200 тис.м³/доб. Встановлені дві групи швидких фільтрів: 40 шт з площею 40 м² і 16 шт з площею 48 м². Швидкість фільтрації становить 3–5 м/год. Три групи повільних фільтрів включають 8 фільтрів, які мають площу 2000 м², 8 шт – з площею 1000 м² і 10 шт. – з площею 1000 м². Швидкість фільтрування становить 0,3–0,5 м/год. Плівка і забруднений поверхневий шар піску видаляються ~1 раз на місяць за допомогою скреперного механізму на мостовому крані. На другій лінії системи водопостачання м. Амстердама також працює дві станції водопідготовки: станція в Лоендервіні продуктивністю 100 тис. м³/доб для попередньої обробки води з оз. Лоендервін, станція доочищення Веесперкарспел. Технологічна схема станції в Лоендервіні приведена на рис. 3.

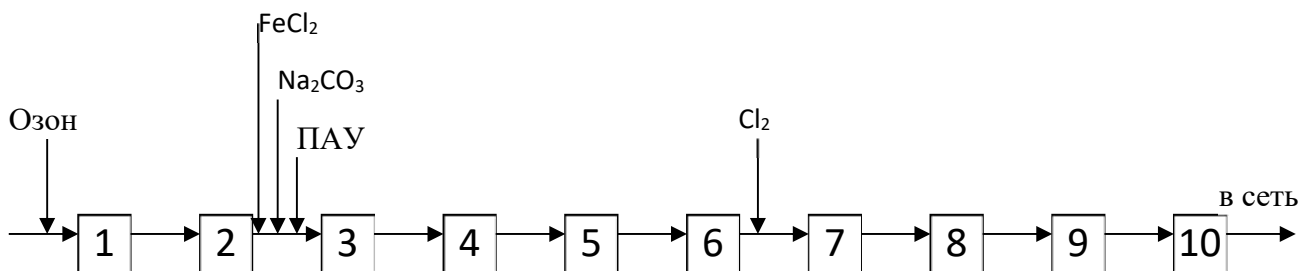


1 – змішувачі; 2 – камери пластівцеутворення; 3 – наливне водоймище;
4 – насосна, що подає воду на швидкі фільтри; 5 – швидкі фільтри; 6 – РЧВ;
7 – насосна станція для подачі води на станцію доочищення Веєсперкарспел

Рисунок 3 – Принципова технологічна схема водоочисної станції в Лоендервіні

На станції попереднього очищення вода обробляється хлорним залізом з дозою 7–8 мг/л і подається в наливне водоймище з площею дзеркала 130 га, місткістю 10 млн.м³, де вона перебуває протягом 100 діб і самоочищується. Потім вода подається на префільтри, завантажені кварцевим піском із крупністю зерен 1,0–1,65 м, товщина завантаження – 1200 мм.

Принципова схема доочищення приведена на рис. 4.



1 – контактні камери для озонування; 2 – насосна станція для підйому води;
3 – камери пшастівцеутворення; 4 – тонкошарові блоки в горизонтальних відстійниках; 5 – швидкі фільтри; 6 – повільні фільтри; 7 – контактні резервуари для хлорування; 8 – насоси для подачі води в РЧВ; 9 – РЧВ; 10 – насосна станція для подачі води в мережу

Рисунок 4 – Принципова технологічна схема водоочисної станції у Веєспрекарспеля

У станції передбачене озонування для руйнування важкоокислюємих органічних сполук (перманганатна окислюваність висока), доза озону – 2,3 мг/л. Поверхнево-активні речовини з дозою 5 мг/л вводяться для сорбції органічних сполук. Підлужування здійснюється каустичною содою з дозою 20 мг/л, а коагуляція – хлорним залізом з дозою 10 мг/л з додаванням флокулянта при дозі 1,6 мг/л.

Камери пластівцеутворення обладнані механічними мішалками діаметром $D=2$ м з частотою обертання 0,45 – 9 об/хв і діаметром $D=3,2$ м з частотою обертання 0,2 – 4 об/хв. Потім вода подається в горизонтальні відстійники з тонкошаровими пластинчастими модулями, швидкі і повільні фільтри. Хлорування здійснюється гіпохлоритом натрію з дозою 0,4 мг/л за активним хлором.

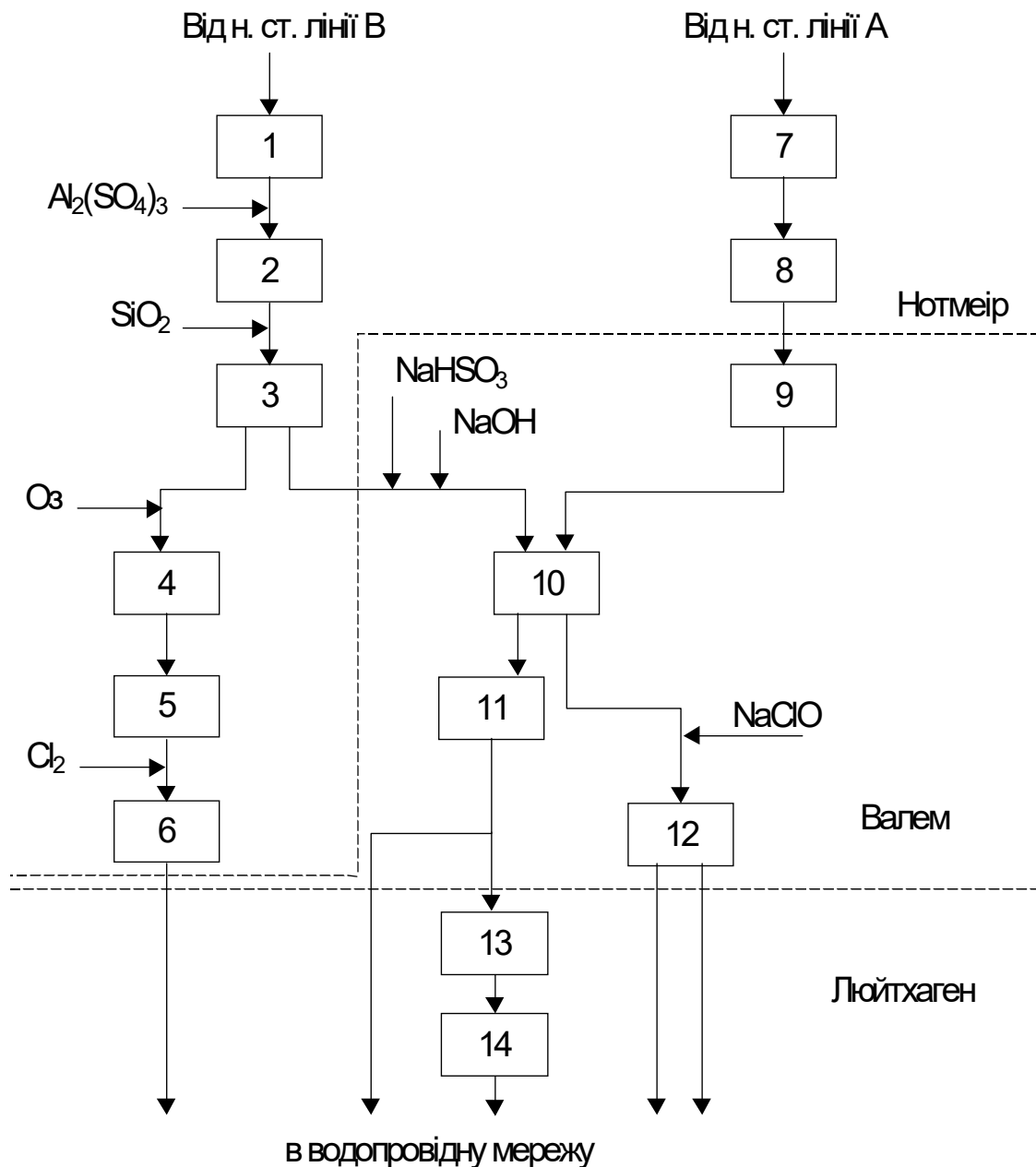
У схемі водопостачання м. Антверпена – дві станції водопідготовки: станція Нотмеір-Валем і станція Олегем. Вода на станцію Нотмеір-Валем подається від загального водозабору після попереднього відстоювання в 5-ти водоймищах-відстійниках двома насосними станціями по лініях А і В (рис. 2.13).

Як видно з рис.2.13, лінія А має ту особливість, що в ній використовується двоступінчасте фільтрування на 16 швидких фільтрах з площею 90 м^2 кожний, фільтри завантажені кварцовим піском із крупністю зерен 0,8 – 1,25 мм (товщина шару 900 мм), і 38 повільних фільтрах загальною площею 55300 м^2 , завантажених піском крупністю 0,25 – 0,65 мм при товщині шару 750 мм і швидкості фільтрування 0,15 м/год.

Лінія В має максимальну продуктивність $264 \text{ тис.м}^3/\text{доб}$, але пропускає в середньому $160 \text{ тис.м}^3/\text{доб}$. Блок фільтрування включає 22 швидких фільтра площею по 43 м^2 . Фільтруюче завантаження складається з кварцового піску крупністю зерен 0,4 – 0,8 мм і товщиною шару 300 мм та гідроантрациту (дробленого антрациту, обробленого сірчаною кислотою для збільшення питомої поверхні і шорсткості зерен) крупністю зерен 0,8 – 1,4 мм, товщиною шару 600 мм. Швидкість фільтрування становить 10 м/год.

До швидких фільтрів вода обробляється сірчаноокислим алюмінієм і активованою кремнієвою кислотою. Після фільтрів вода дехлорирується бісульфітом натрію і стабілізується каустичною содою. Перед подачею води в мережу здійснюється її обробка хлорним розчином з дозою хлору 0,5 мг/л для запобігання вторинного забруднення води в розподільній мережі.

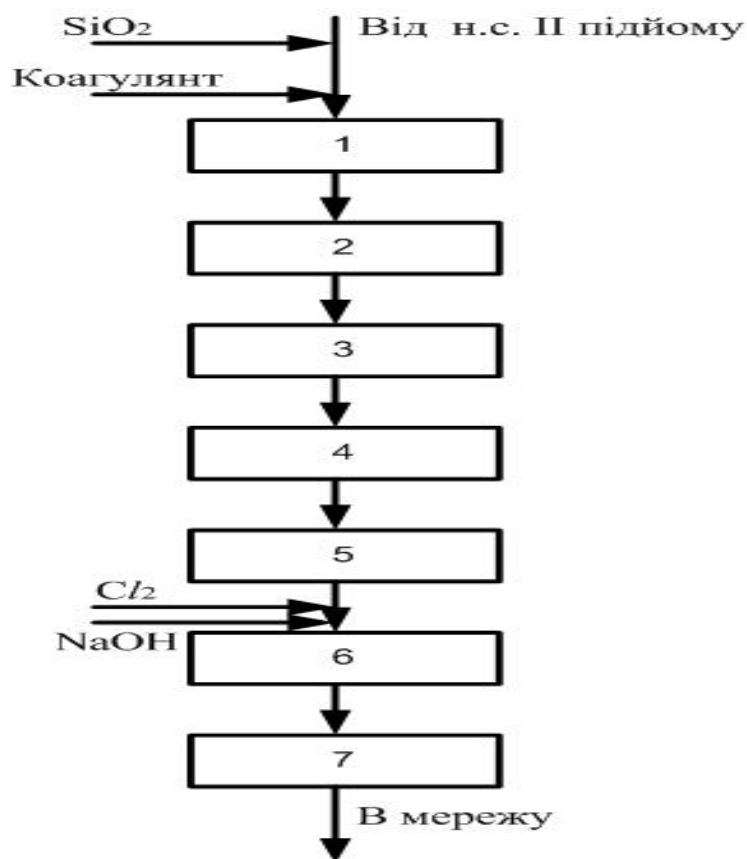
Представлена схема очистки дозволяє отримати незаражену воду у кількості, необхідній для задоволення потреб споживачів міста. При застосуванні коагулянтів ефективність очистки збільшується. Стабілізаційна обробка води здійснюється для запобігання утворення карбонатних відкладень в трубопроводах.



1 – контактні резервуари; 2 – змішувачі; 3 – швидкі фільтри; 4 – озонаторна станція; 5 – контактний резервуар; 6 – насосна станція II підйому; 7 – швидкі префільтри; 8 – проміжний резервуар; 9 – повільні фільтри; 10 – РЧВ; 11 – насосна станція II підйому; 12 – насосна станція II підйому; 13 – запасно-регулюючі РЧВ; 14 – насосна станція III підйому Люйтхагена.

Рисунок 5 – Принципова технологічна схема водоочисних споруд Нотмеір-Валем

На станції Олегем, технологічна схема якої показана на рис. 2.14, вода освітлюється в шарі зваженого осаду, потім на швидких фільтрах, самоочищається в проміжних резервуарах і потім на повільних фільтрах.



1 – змішувачі; 2 – освітлювачі зі зваженим осадом з убудованими камерами пластівцеутворення; 3 – швидкі фільтри; 4 – проміжні водоймища; 5 – повільні фільтри; 6 – контактні резервуари; 7 – насосна станція II підйому

Рисунок 6 – Принципова технологічна схема станції Олєгем

Після змішувачів вода продається в чотири камери пластівцеутворення, убудовані в таке ж число освітлювачів. Кожна камера розділена перегородками на три секції, у яких установлені лопатеві мішалки з горизонтальним валом. Камера розділена перегородками на три секції, у яких установлені лопатеві мішалки з горизонтальним валом, об'єм кожної камери – 440м³. Освітлювачі мають розміри 32×32м, об'ємом 2400м³ кожний. Потім вода надходить на 20 швидких фільтрів загальною площею 900м³. Швидкість фільтрування – 5м/год. Фільтри знаходяться під відкритим небом і перекриті оболонками з пластмасової плівки. При низьких температурах зовнішнього повітря під оболонки подається підігріте повітря, щоб запобігти замерзання поплавкового реле рівня. Проміжних водоймищ два: одне з площею дзеркала 8 га і об'ємом 430000м³ і друге має площу 4 га та об'єм 200000 м³. На станції встановлено 24 повільних фільтри розмірами 60×24м площею 1500м², швидкість фільтрування – 240,11 м/год. Завантаження – шар піску товщиною 1200 мм з крупністю зерен 0,25–0,65 мм.

Розглянемо очисні станції м. Брюсселя (Бельгія) [1]. У системі водопостачання є 7 водоочисних станцій, з яких шість обробляють підземну

воду, включаючи інфільтрат вироблених кар'єрів по видобутку будівельного мармуру і береговий інфільтрат р. Маас. Сьома станція (Таїлфер) обробляє поверхневу воду р. Маас. Характеристика станцій приведена в табл. 1.

Таблиця 1 – Характеристика водоочисних станцій м. Брюсселя

Станція	Продуктивність станції, тис. м ³ /добу	Склад основних споруд	Реагенти, що застосовуються
Бен-Ахен	15	Мікрофільтри	Хлор
Івуар-Шампаль	14	Освітлювачі зі зваженим осадом, префільтри, наливні фільтри	Хлор, двоокис хлору, сульфат алюмінію, діатоміт
Ведрен	25	Префільтри, швидкі фільтри	Хлор
Ліньї	11	Швидкі напірні фільтри	Хлорне залізо, хлор
Экосин	15	Мікрофільтри, швидкі фільтри	Хлорне залізо, хлор, двоокис хлору
Льєн	8	Наливні фільтри	Двоокис хлору, діатоміт
Таїлфер	165	Освітлювачі «Пульсатор», двоповерхові відстійники, швидкі фільтри	Хлор, двоокис хлору, сода, активоване вугілля (порошок), сульфат алюмінію, активована кремнекислота, озон

На станції Таїлфер після освітлювачів розташовані відстійники, технологічне рішення обгрунтоване необхідністю виключення забруднень води після освітлювачів. Доза озono-повітряної суміші становить 15 – 20 г/м³ повітря при тиску 0,05 МПа. Доза озону становить 2 мг/л.

На станції, крім звичайних методів контролю якості очистки, застосовується біотестування з використанням реакції райдужної форелі на забруднення води в проточному лотку. Наявність токсичних забруднень змушує форель швидко рухатись по лотку, зачіпаючи електроди, які подають аварійний світловий і звуковий сигнали. При наявності такого сигналу забір води з джерела тимчасово припиняється. Слід зазначити, що тариф на воду в Брюсселі у 2-10 разів вище у порівнянні з тарифами інших європейських міст.

Найбільше місто Данії Копенгаген в основному на 85% забезпечується підземною водою і тільки на 15% – з озер Харалстед і Сендерсе. Разом з тим на воді з підземних джерел улаштовано 8 очисних споруд і 2 комплекси очисних

споруд на озерних джерелах. Сім очисних споруд з підземних джерел в основному мають традиційні схеми знезалізнення, і включають аерацію, двоступінчасте фільтрування і знезаражування. Основна відмінність цих схем від вітчизняних полягає у здійсненні процесу фільтрування у дві стадії: попереднє фільтрування знизу вверх на грубозернистих фільтрах і остаточне фільтрування зверху вниз на звичайних швидких фільтрах.

Оригінальна схема очищення підземних вод від метану передбачена на станції Ебелхолт. Продуктивність станції становить 7 тис.м³/добу.

На відміну від схеми традиційної аерації з наступним фільтруванням прийнята схема з розбризкуванням води у високих герметичних резервуарах, що знаходяться під вакуумом. У результаті розрідження метан випаровується з дрібних крапель і видаляється вакуум-насосом. Резервуари мають діаметр 2,5 м і висоту 14 м. Їхня кількість – 2 шт. Оригінальність такого рішення ще й у тім, що завдяки відсутності аерації вода не насичується киснем повітря, що перешкоджає окислюванню двовалентного заліза у тривалентне. В результаті у воді відсутні пластівці гідроокису заліза, що дозволило перекачувати воду на відстань 8 км на групові очисні споруди в Слангерупі. План очисної станції Ебелхолт та головні елементи схеми водопідготовки показані на рис.2.15.

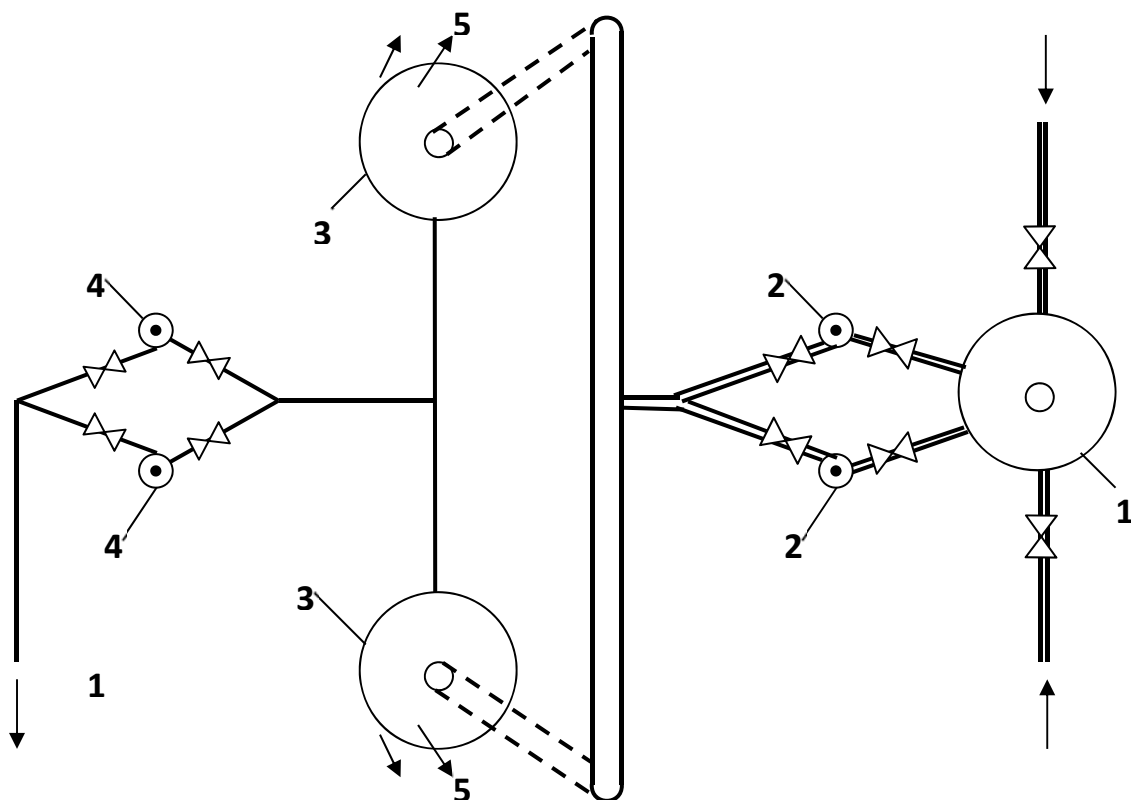
Вода зі свердловин подається у вакуум-котел 1, з якого відцентровим насосом подається в два герметичних сталевих циліндри діаметром 2,5 м і висотою 14 м, в яких влаштована конструкція із трикутних дерев'яних рейок. Повітря з циліндрів видаляється вакуум-насосами. Вода збирається в нижній частині циліндрів і відцентровим насосом подається у водовід. Якіст очистки води відповідає вимогам споживачів.

Станції обробки поверхневих вод з оз. Харалстед (станція Регнемарк) і з оз. Сендерсе (станція Сендерсе) мають префільтри і швидкі фільтри, а на станції Сендерсе ще і відстійники. Вода знезаражується хлорною водою.

Підготовку води для Парижа і пригородів забезпечують 16 водопровідних станцій продуктивністю 10 – 800 тис.м³/доб. Особливої уваги з них заслуговують станції Мері-сюр-Уаз, Морган-сюр-Сен і Анне-сюр-Марн.

Станція Мері-сюр-Уаз, що обслуговує північно-західні пригороди Парижа, розташована на березі р. Уази на 15 км вище її впадання в Сену і на 20 км вище розташування м. Париж.

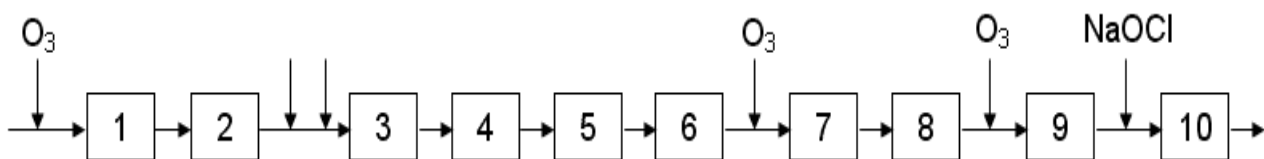
Аналогічні схеми очистки можна проектувати для очистки води як з поверхневих, так і з підземних джерел.



1 – вакуум-котел; 2 – насоси, що подають воду в реактор; 3 – реактор для випару метану під вакуумом; 4 – насоси, що подають очищену воду у водовод; 5 – до вакуум-насоса.

Рисунок 7 – План очисної станції Ебелхолт

Технологічна схема станції показана на рис. 2.16.



1 – перша камера змішування з озоном; 2 – наливне водоймище; 3 – змішувачі з механічними мішалками; 4 – камери пластівцеутворення, вбудовані у відстійники; 5 – тонкошарові відстійники; 6 – швидкий фільтр; 7 – друга камера змішування з озоном; 8 – сорбційні фільтри, завантажені гранульованим активованим вугіллям; 9 – третя камера змішування з озоном; 10 – РЧВ

Рисунок 8 – Принципова технологічна схема станції Мері-сюр-Уаз

Від насосної станції I підйому вода подається в наливне водоймище, перед яким вона озонується. Це водоймище є буферним із тривалістю перебування в

ньому води протягом 3–4 діб, що дозволяє тимчасово припинити забір води з ріки у випадку її забруднення. Крім того, у водоймищі відбувається деяке самоочищення води, яке інтенсифікується введенням озону. Каламутність води знижується на 50%, вміст аміаку – на 60% і патогенних бактерій – на 90%. З водоймища вода подається на змішувачі з механічними мішалками, куди вводиться коагулянт-оксихлорид алюмінію і двоокис хлору для попереднього хлорування. Після цього вона надходить у камери пластівцеутворення, багат шарові відстійники і швидкі фільтри. Прояснена вода обробляється озоном і подається на сорбційні фільтри з активованим вугіллям. Вторинне озонування перед сорбційними фільтрами сприяє біологічному окислюванню залишкових органічних забруднень при фільтруванні води через товщу вугільного завантаження. Потім утретє вводять озон, щоб знищити віруси і поліпшити органолептичні показники якості фільтрату. Перед РЧВ вода хлорується невеликими дозами гіпохлориту натрію для виключення вторинного забруднення в мережі.

Застосування двоокису хлору для попереднього хлорування пояснюється прагненням запобігти утворенню хлороформу у воді. Доза двоокису хлору $\leq 4,7$ мг/л. Середня доза озону становить 3,8 мг/л, у тому числі для попереднього озонування – 0,8 мг/л. Для остаточного озонування доза визначається, виходячи із забезпечення залишкового озону на рівні 0,4 мг/л протягом 4 хв. Товщина завантаження у швидких фільтрах становить 1,4 м при середній крупності піску 1 мм. Швидкість фільтрування – 9 м/год.

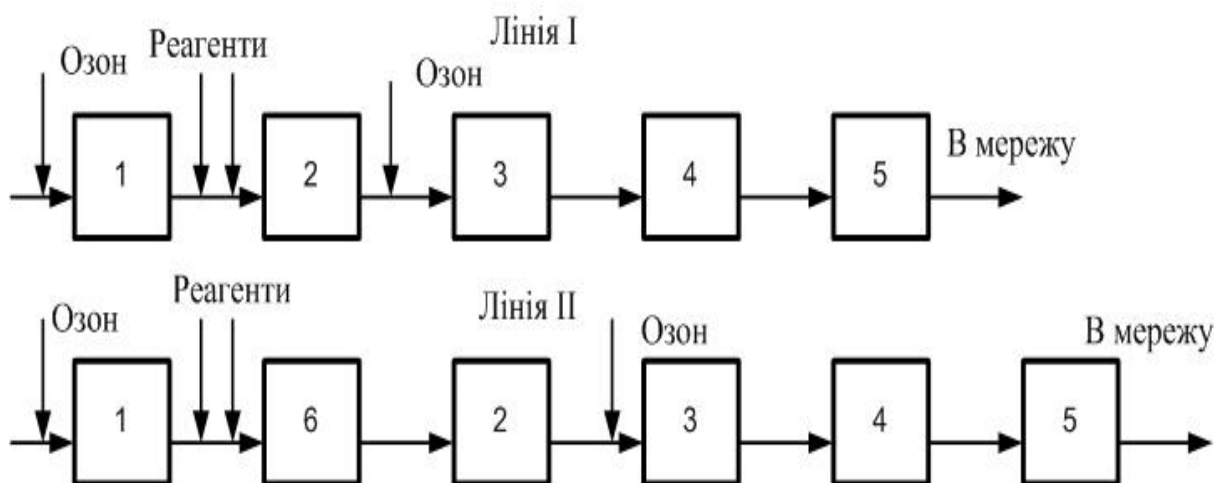
Вугільні фільтри такі ж, як і швидкі, але товщина шару – 1 м.

Водоочисна станція Морсан-сюр-Сен обладнана освітлювачами «Пульсатор» і «Суперпульсатор», піщаними і вугільними фільтрами. Вода озонується. «Суперпульсатор» відрізняється від «Пульсатора» тим, що в нижній частині його зони освітлення встановлені пластини з нахилом 60° і на відстані 300 мм одна від одної. Це дозволяє збільшити середню швидкість висхідного потоку в освітлювачі до 2,7 мм/с і за рахунок більш високого ефекту освітлення води підняти швидкість на піщаних фільтрах до 13 м/год.

Для попередження персоналу станції про залпове забруднення чи істотне погіршення якості річкової води в 5 км від водозабору вище за течією ріки встановлена контрольна автоматизована установка біотестування на основі поведження форелі в проточному лотку.

Принципова технологічна схема станції Анне-сюр-Марн приведена на рис. 2.17. Станція знаходиться на правому березі р. Марни в 30 км до сходу від міста, має 2 лінії чистки.

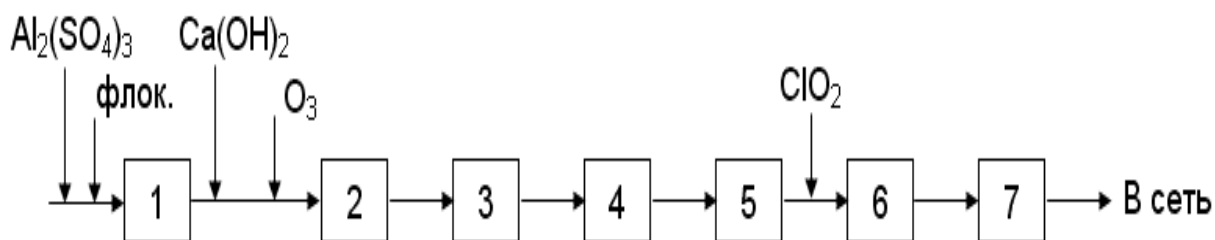
Швидкість висхідного потоку в зоні освітлення становить 13 м/год. З освітлювача вода надходить на швидкий фільтр типу «Біокарбон», завантажений гранульованим активованим вугіллям поверх шару кварцового піску.



1 – розподільні камери; 2 – фільтри «Біокарбон»; 3 – камери змішування з озоном; 4 – РЧВ; 5 – насосні станції II підйому; 6 – освітлювач «Флюорапід»

Рисунок 9 – Принципові технологічні схеми станції Анне-сюр-Марн

У вугільному завантаженні на висоті 40 см над шаром піску прокладені дірчасті труби, по яких на фільтр подається стиснене повітря, що зважає верхню частину слоя вугілля, на частках якого відбувається біохімічне окислювання органічних забруднень. Вода з частками забруднень, що відірвалися від вугільних зерен, рухається зверху вниз через нерухому частину двошарового завантаження, яке затримує ці забруднення. Швидкість фільтрування – 8 м/год. Фільтрат знезаражується озоном. Розглянемо схему водопровідної очисної станції Ленг м. Цюріха(Швейцарія) продуктивністю 250 тис.м³/доб (рис. 2.18).

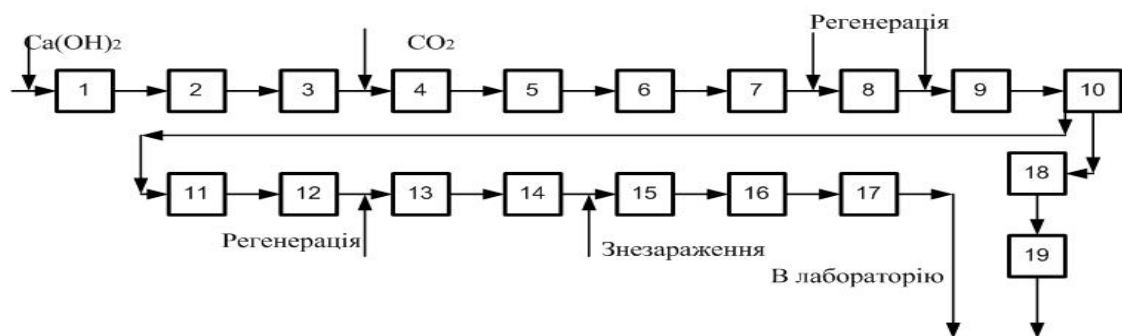


1 – фільтр I ступеню; 2 – контактна камера для озонування; 3 – вугільний фільтр II ступеню; 5 – повільний піщаний фільтр; 6 – РЧВ; 7 – насосна станція III підйому; 8 – насосна станція II підйому

Рисунок 10 – Принципова технологічна схема станції Ленг

Фільтри I ступеню мають двох- і тришарове завантаження із кварцового піску товщиною 700 мм, дробленого антрациту товщиною 300 мм, дробленої пемзи товщиною 400 мм. Фільтри II ступеню завантажені піском із шаром

товщиною 500 мм і активованим вугіллям товщиною 700 мм, щоб адсорбувати розчинені органічні забруднення, швидкість фільтрування – 24 м/год. Потім вода насосами подається на повільні фільтри, де відбувається її очищення від залишкових органічних речовин. Швидкість фільтрування в них 0,67 м/год. Фільтрат знезаражується двоокисом хлору (0,1 мг/л), що готується на місці. Слід зазначити, що на більшості станцій міст Західної Європи технологічна схема, крім хімічної обробки, будується на основі подвійного-потрійного фільтрування (швидкі-повільні фільтри, швидкі-вугільні-повільні фільтри. тощо). На водопровідних очисних спорудах Азії, Африки, Америки й Австралії більшість споруд будується за традиційною схемою одно- чи двоступінчастого очищення, але з одним фільтруванням [4]. Унікальною є експериментальна станція підготовки питної води з міських стічних вод на очисній станції Денвера (США). Продуктивність станції – 3,8 тис.м³/доб. Технологічна схема цієї станції показана на рис. 2.19. Вихідна стічна рідина не піддається хлоруванню (щоб уникнути утворення токсичних хлорорганічних з'єднань), а обробляється вапном, після змішувача і камери пластівцеутворення з механічними мішалками освітлюється у відстійнику і надходить у камеру рекарбонізації, куди уводиться вуглекислий газ для зниження рН, а потім – у буферний ставок для вирівнювання складу води, з нього насосом подається на швидкий фільтр. Фільтрат проходить через селективний іонообмінний фільтр для видалення аміаку, як побічний продукт одержують сульфат амонію. Потім вода надходить на сорбційний фільтр, завантажений гранульованим активним вугіллям, регенерація якого здійснюється термічним способом у печі з киплячим шаром [1].



1 – змішувач; 2 – камера пластівцеутворення; 3 – відстійник; 4 – камера рекарбонізації; 5 – буферний ставок; 6, 10, 12, 17, 19 – насос; 7 – швидкий фільтр; 8 – іонообмінний фільтр; 9,13 – сорбційний фільтр; 11 – озонаторна установка; 14 – гіперфільтраційна установка; 15 – аераційна колона; 16,18 – контактна камера

Рисунок 11 – Технологічна схема підготовки питної води з міських стічних вод

Після цього вода надходить на насосну станцію, де група насосів подає близько 90% загальної витрати в контактну камеру для знезаражування двоокисом хлору і наступного використання очищеної води для технічних потреб. Інша частина проходить через озонаторну установку, сорбційний фільтр

другого ступеню, гіперфільтраційну установку, аераційну колону і контактну камеру, перед якою вводиться двоокис хлору.

2.3.2 Аналізуючи особливості систем водопідготовки в закордонних країнах [1], слід в першу чергу відзначити старанність попередньої обробки води з поверхневих джерел перед фільтруванням. Часто ця обробка починається з процесів самоочищення в прибережних (наливних) водоймищах, в деяких випадках вода піддається штучній аерації з метою інтенсифікації природного біологічного очищення та уникнення надмірного розвитку водоростей.

Для видалення кольоровості попереднє хлорування заміняють озонуванням, щоб уникнути утворення токсичних хлорорганічних з'єднань (у I чергу хлороформу, віднесеного до канцерогенних речовин).

Для освітлення широко використовуються освітлювачі, горизонтальні відстійники і тонкошарові модулі. У Західній Європі широко використовувались повільні фільтри, які останнім часом заміняються сорбційними фільтрами з гранульованим активованим вугіллям (ГАВ).

Для поглиблення очищення води на деяких станціях застосовують двоступінчасте швидке фільтрування з попереднім фільтруванням на грубозернистих фільтрах.

Також застосовується штучне поповнення запасів підземних вод, що є одним з ефективних і економічних методів підготовки питної води з поверхневих джерел.

Для знезаражування води використовується рідинний хлор, іноді в сполученні з аміаком, а також озон і двоокис хлору.

Водопровідні очисні споруди як елемент системи водопостачання повинні забезпечувати високу надійність, що за кордоном забезпечується виконанням розглянутих раніше заходів. Але для одержання надійних і економічних систем треба вміти оцінити надійність водопостачання чисельно.

В якості чисельного показника надійності може бути прийнятий комплексний показник – імовірність задоволення споживачів водою.

Для визначення чисельного значення цього показника необхідно знати закони розподілу наступних імовірностей :

- імовірності відмови кожної ячейки відповідного типу споруд P_i ,
- імовірності зниження подачі води в систему при настанні тої чи іншої відмови P_{yi} .

Перший тип імовірностей може бути отриманий на основі обробки статистичних матеріалів по аваріях на спорудах.

Для обчислення імовірностей другого типу необхідно встановити залежність технологічних параметрів, які визначають надійність роботи станції водопідготовки, від кількості споруд, що залишаються в роботі. Такі залежності можуть бути отримані на підставі аналізу аналітичних залежностей, які описують основні технологічні параметри споруд.

2.3.2 При відомих значеннях P_i і P_{yi} технологічна надійність станції водопідготовки може бути оцінена по формулі [3] :

$$E = W_{\phi} / W_p = 1 - \sum P_i P_{yi} , \quad (15)$$

де E – імовірність задоволення споживачів якістю водопостачання;

W_{ϕ} – фактична кількість води, подана споживачу;

W_p – кількість води, необхідна для повного задоволення потреб споживача;

P_i – імовірність відмовлення кожної i -ої ділянки відповідних споруд;

P_{yi} – імовірність зниження подачі води при відмовленні i -того елемента.

Аналітичний опис технологічних параметрів, які визначають надійність водопідготовки, може бути отримано на підставі розрахункових формул, які використовуються при проектуванні споруд для водопідготовки.

Методика оцінки технологічної надійності споруд для водопідготовки зводиться до наступного :

- зробити розрахунок вихідного варіанта відповідно до нормативних значень технологічних параметрів;

- для кожного типу споруд визначити основні параметри, які впливають на надійність роботи споруд :

- для змішувачів – сумарний час змішування в спорудах і комунікаціях до камер пластівцеутворення чи освітлювачів;

- для камер пластівцеутворення – швидкості руху води в камерах і швидкості висхідного потоку;

- для відстійників – концентрація зважених речовин на виході з відстійника;

- для освітлювачів із шаром зваженого осаду – висота шару зваженого осаду і вміст зважених речовин у проясненій воді;

- для швидких фільтрів – час захисної дії і час досягнення граничної втрати напору;

- визначити значення необхідних параметрів при різних кількостях працюючих споруд;

- побудувати графіки залежності розглянутих параметрів Π від кількості працюючих споруд n_i – $\Pi=f(n_i)$;

- встановити граничні умови, які визначають стійкість роботи відповідного типу споруд;

- по графіках $\Pi=f(n_i)$ з урахуванням граничних умов визначити допустиму кількість однотипних споруд, які відключаються;

- зробити коригування параметрів наступних споруд з урахуванням можливого погіршення значення показників якості води, яка надходить на них, і при необхідності уточнити допустиму кількість однотипних споруд, які відключаються;

- порівняти значення $P_{ст.}$ з необхідною імовірністю безвідмовної подачі $P_{тр}$ і при необхідності скорегувати допустиму кількість споруд, які відключаються.

- скласти таблицю допустимих експлуатаційних режимів для кожного типу споруд станції водопідготовки.

Розрахунки для типових схем станцій підготовки показують, що допустиме відключення окремих споруд в аварійній ситуації складає: для змішувачів – 30-

50%; для камер пластівцеутворення – 20-30%; для відстійників – 7%; для швидких фільтрів – 20%. Основними елементами в системі водопідготовки, що вимагають підвищення надійності є: розподільна система освітлювачів, система формування нижньої межі зваженого шару; склад фільтруючого завантаження швидких фільтрів; процес освітлення води у відстійниках [3]. Характер залежностей $\Pi=f(n)$ приведено на рис.2.20 – 2.21. Вони отримані при збереженні розрахункової продуктивності постійною незалежно від кількості працюючих споруд $Q_p=\text{const}$.

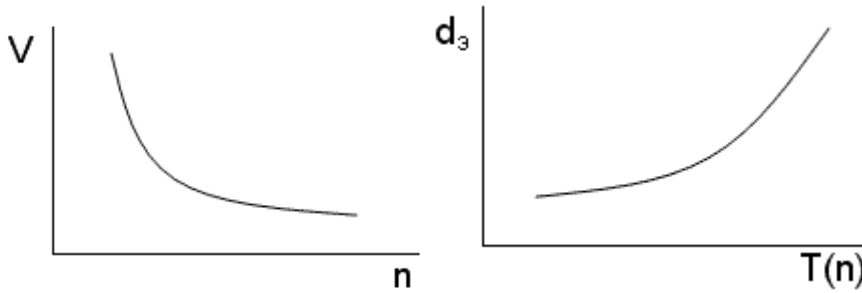


Рисунок 12 – Залежність швидкостей в лотках (V) від числа працюючих споруд при $Q_p=\text{const}$; залежність крупності пластівців коагулянту (d_3) від часу коагуляції чи від числа працюючих камер пластівцеутворення

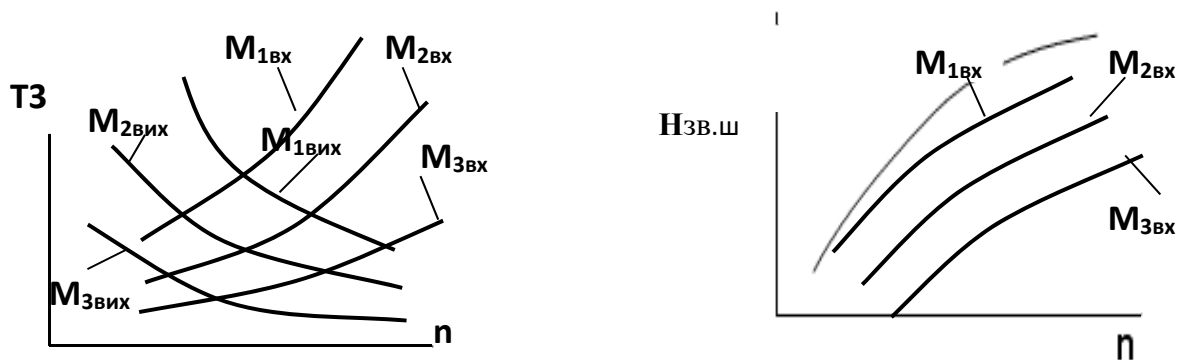


Рисунок 13– Залежність вмісту зважених речовин (T_3) на виході з відстійника чи освітлювача та висоти зваженого шару (H_3) від числа працюючих освітлювачів n

Якщо рівень необхідної надійності буде відомим, то можна визначити, яка кількість споруд того чи іншого типу здатна її забезпечити. При нормальному розвитку міста виникає необхідність розширення існуючих водопровідних станцій. Максимальна пропускна здатність існуючої очисної станції визначається найменшою з можливих пропускних здібностей споруд, що входять до складу станції.

Для визначення $Q_{i \text{ макс}}$ треба для кожного типу споруд, що входять у схему очисної станції, проаналізувати множину максимальних витрат Q_{in} , які здатні пропустити окремі споруди. Максимально можлива витрата однієї споруди визначається, виходячи з максимальних (мінімальних) нормативних

характеристик, які допускаються для її окремих елементів. Наприклад, пропускна здатність вертикального змішувача залежить від площі горизонтального перетину у верхній його частині і швидкості води в ній, від сумарної площі отворів у збірному лотку, що впливає на рівень води в змішувачі, і від глибини води в збірному лотку.

2.3.3 За умови належного відводу води максимальна витрата, яку пропустить змішувач, буде дорівнює [2] :

$$Q_1 = f_v V_{v.макс} , \quad (2.16)$$

де f_v – площа горизонтального перетину верхньої частини змішувача;

$V_{v.макс}$ – максимальна припустима швидкість води у верхній частині змішувача.

Максимальна витрата, що пропустять отвори в лотку змішувача можна знайти з наступних міркувань. Втрати напору в отворах [3] :

$$h = \sum \zeta \frac{V^2}{2g} = \frac{16 Q_2^2 n_{отв} \zeta}{\pi^2 d_{отв}^4} , \quad (2.17)$$

де $n_{отв}$ – кількість отворів у лотку;

$d_{отв}$ – діаметр отвору;

Q_2 – витрата води через всі отвори.

Тоді, якщо допустити втрати в отворах рівними h_1 , витрата через них повинна бути [5] :

$$Q_2 = \pi d_{отв}^2 \sqrt{\frac{h_1}{16 \zeta n_{отв}}} . \quad (2.18)$$

Максимальна витрата, яку може відвести лоток, визначається за формулою [5] :

$$Q_3 = b \cdot h_2 \cdot V_l , \quad (2.19)$$

де b – ширина лотка;

h_2 – допустима глибина потоку в лотку;

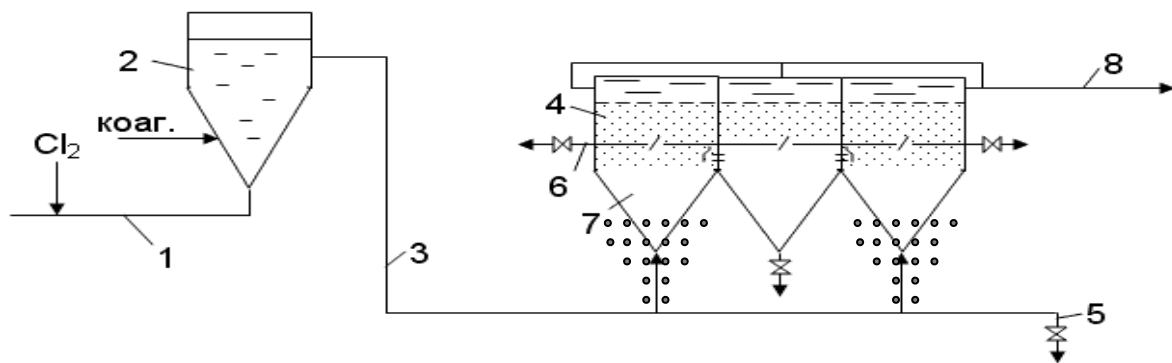
V_l – швидкість води в лотку.

З отриманих витрат $Q_1 - Q_3$ у якості $Q_{i.макс}$ приймається та, яку пропускають всі елементи, що аналізувались. Потім аналізуються всі значення $Q_{i.макс}$ для всіх типів споруд і в якості $Q_{макс.ст}$ приймається та витрата, яку здатні пропустити всі типи споруд.

Якщо максимальна пропускна можливість споруд недостатня, її можна підвищити за рахунок реконструкції окремих типів споруд (тих, які обмежують

пропускну здатність станції). Наприклад, заміна кварцового піску у фільтрах на нові фільтруючі завантаження з більшою пористістю і більш високим коефіцієнтом форми зерен забезпечує більш високі технологічні показники. В оптимальному режимі при однакових швидкостях фільтрування і товщині шарів керамзитове завантаження має тривалість фільтроциклу на 30% більшу в порівнянні з піщаною, а дроблений керамзит збільшує тривалість фільтроциклу ще на 25%. Доцільно також використовувати двошарові завантаження: антрацит-пісок.

2.3.5 Для покращення відновлення фільтруючої здатності завантаження використовують різні способи інтенсифікації такі, як водоповітряне промивання з низьким відводом промивної води, додаткове поверхнєве промивання, промивання зануреними струменями, пульсуюче промивання. На станціях з освітлювачами зі зваженим осадом коридорного типу можна підвищити їхню продуктивність, фільтруючи частину води після зваженого шару через шар завантаження, яке знаходиться на поверхні води. При цьому схема переустаткування освітлювача буде мати вигляд, який показано на рис. 2.22.



1 – подача сирової води; 2 – змішувач; 3 – трубопровід, що подає воду в освітлювач на освітлення; 4 – шар пінополістиролу; 5 – трубопровід, що відводить промивну воду при промиванні; 6 – додаткова дренажна система; 7 – зважений шар

Рисунок 14 – Переустаткування освітлювача в освітлювач з фільтром

На освітлення вода подається по трубопроводу 3. В освітлювачі вона спочатку проходить знизу нагору через шар зваженого осаду, а потім через шар пінополістиролу з крупністю гранул 0,5–2,0 мм і з товщиною шару не менше 0,5 мм. Прояснена вода з надфільтрового простору по трубопроводу 8 подається споживачу. Пінополістирол утримується спеціально встановленими ґратами вище осадкоприймальних вікон. Для можливості промивки пінополістиролу на величину, що допускає його розширення під час промивки, монтується додаткова дренажна система 6.

Коли пінополістирол вичерпає свою затримуючу здатність за напором чи захисній дії, завантаження промивається шляхом відкриття засувки на трубопроводі 5, який скидає промивну воду в каналізацію. При цьому відвід

фільтрованої води в коридор припиниться. Аналогічно можна переобладнувати швидкі фільтри у фільтри із завантаженням, яке знаходиться на поверхні.

Оосвітлювач із зваженим осадом «Флюорапід» – спрода, в якій для інтенсифікації освітлення вводиться мелений кварцовий пісок, а в зоні освітлення встановлені тонкошарові модулі. Швидкість висхідного потоку в зоні освітлення складає 13 м/год

Для інтенсифікації процесів відстоювання можна рекомендувати встановити в них тонкошарові пакети з віконного скла чи пластмаси (напівтверда полівінілхлоридна плівка товщиною 0,4-0,6 мм).

? Питання для повторювання

1. З яких основних елементів складається водоочисна станція?
2. Чим відрізняється технологія очистки води за кордоном від очисних технологій в нашій країні?
3. Яким методом здійснюється знешкодження важкоокислюємих органічних сполук ?
4. Які особливості має метод біотестування?
5. В чому полягає оригінальність схеми очищення підземних вод від метану на станції Ебелхолт?
6. В чому полягає унікальність експериментальної станції підготовки питної води з міських стічних вод на очисній станції Денвера (США)?
7. Для чого при видаленні кольоровості води попереднє хлорування замінюють озонуванням?

Література

1. Бодіка І., Ріддерстолп П. Стійка санітарія в центральній та східній Європі – відповідаючи потребам малих та середніх населених пунктів : монографія. Словенія : Global Water Partnership Central and Eastern Europe, 2007. 92 с.

URL: https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-see_files/regional/sustainable-sanitation-ua.pdf/ (дата звернення: 29.05. 2020).

2. Василенко О. А., Грабовський П.О., Ларкіна Г.М. Реконструкція і інтенсифікація споруд водопостачання та водовідведення : навчальний посібник. Київ: ІВНВКП «Укреліотех», 2010. 272с.

3. Василенко О. А. Водовідведення та очистка стічних вод міста. Курсове і дипломне проектування. Приклади та розрахунки: навчальний посібник. Київ, Харків : КНУБА, ХНУБА, ТО Ексклюзив, 2012. 540 с.

4. Ванюшина А.Я. Ветт Б., Хелл М. Лучшие примеры эксплуатации очистных сооружений: г. Штрасс (Австрия). *Експерт и решение*. 2014. №1. С.36 – 47.

5. Епоян С. М. Фізико-хімічні та біологічні методи очистки стічних вод : навчальний посібник. Харків : Міськдрук, 2012. 305 с.