

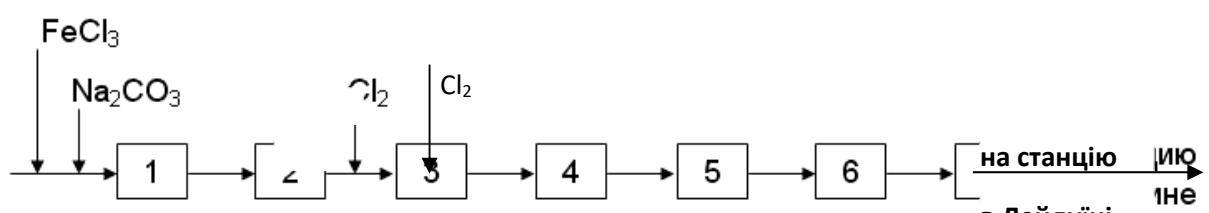
Тема 7. Використання сучасних технологій в роботі механічних очисних споруд

1. Огляд очисних споруд реальних вітчизняних і закордонних міст.
2. Основні проблеми, які треба вирішувати при поліпшенні роботи очисних споруд.
3. Технологічна надійність роботи очисних споруд.
4. Розрахунок припустимого збільшення витрати води через очисні споруди.
5. Приклади рішення окремих конструктивних задач при удосконаленні роботи очисних споруд.

1. Більшість очисних споруд України будувалися на початку і в середині минулого століття (і навіть наприкінці його). Тому більшість з них мають традиційні одно- і двоступінчасті схеми зі швидкими фільтрами. З великих міст тільки в м. Одесі використовуються повільні фільтри. У м. Запоріжжі на станції ДВС-2 побудована одноступінчата схема з контактними освітлювачами, а на станції ДВС-1 на лінії, яка будувалася в 30-і роки минулого століття, побудована двоступінчата схема з відстійниками і швидкими фільтрами. На цій же станції на лініях, що будувалися пізніше, побудовані одноступінчаті схеми з контактними освітлювачами.

У системах водопостачання міст західної Європи застосовуються більш складні схеми. У цьому змісті дуже показова система водопостачання м. Амстердама (Нідерланди) [1]. У ній побудовано дві незалежні лінії підготовки води, у кожній з яких передбачений блок споруд для попередньої обробки, після якого є ще один блок доочищення води.

На першій лінії передбачена станція попередньої обробки рейнської води в Ньювегейне, що працює за технологічною схемою, яка приведена на рис.26.



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

Рисунок 7.1 – 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 $D=2,6$ м об'ємом по 32 м³ кожний. Сода зберігається в 3-х резервуарах загальною місткістю 1310 м³. 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. Піщаних фільтрів 80 шт. площею по 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 поліпшуються бактеріологічні показники. Однак окислюваність залишається високою, високим залишається і вміст заліза і кольоровість. Інфільтрат збирається дренами і виливається у відкритий резервуар, відкіля насосами подається на очисну станцію доочищення в Лейдуїні, технологічна схема якої приведена на рис. 27.

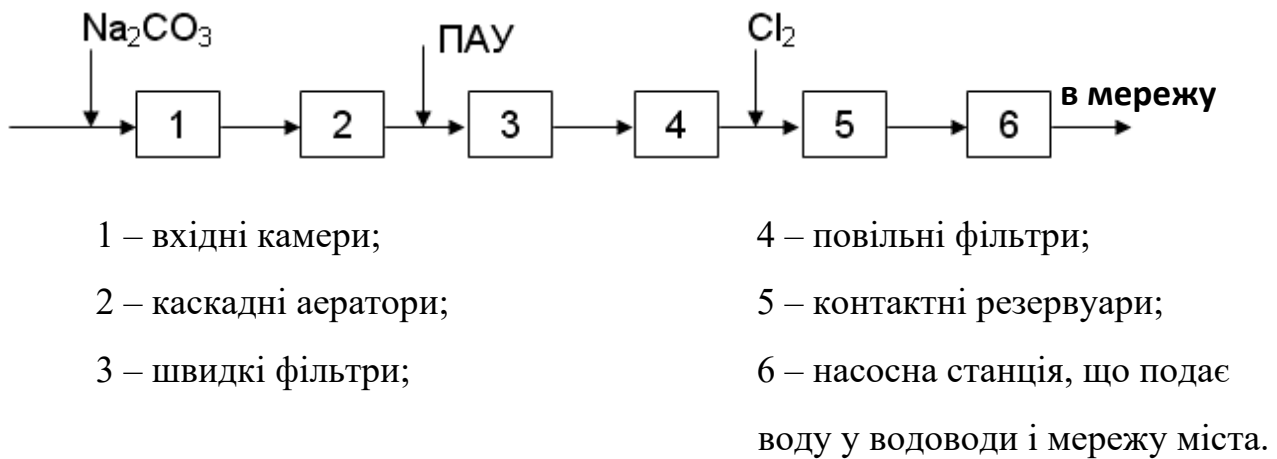


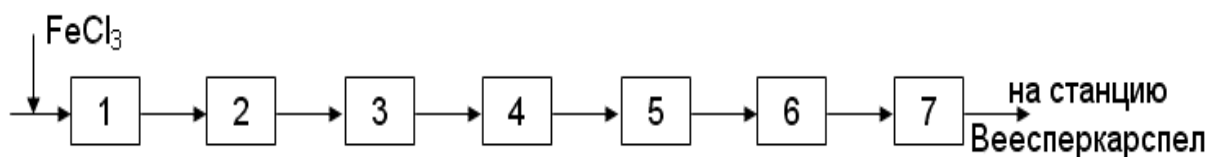
Рисунок 7.2 – Принципова технологічна схема водоочисної станції в Лейдуїні

На цій станції для сорбції розчинених органічних сполук додають порошкоподібне активне вугілля (ПАВ), а для підвищення рН до 8,1 – розчин каустичної соди. ПАВ дозують у сухому вигляді.

Розрахункова продуктивність станції 200 тис.м³/доб. На ній є дві групи швидких фільтрів: 40 шт по 40 м² і 16 шт по 48 м². Швидкість фільтрації 3-5 м/г. Три групи повільних фільтрів включають 8 фільтрів площею по 2000 м², 8 шт – по 1000 м² і 10 шт. – по 1000 м². Швидкість фільтрування 0,3-0,5 м/г. Плівка і забруднений поверхневий шар піску видаляються ~1раз 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. 28.



1 – змішувачі;

2 – камери пластівцеутворення;

3 – наливне водоймище;

4 – насосна, що подає воду на швидкі фільтри;

5 – швидкі фільтри;

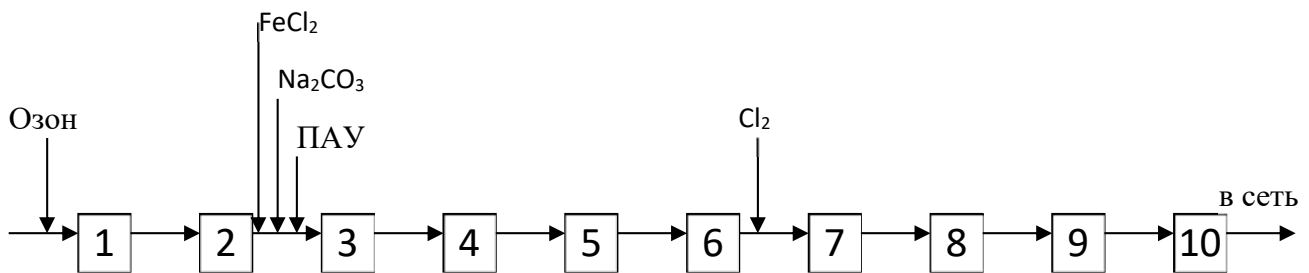
6 – РЧВ;

7 – насосна станція для подачі води на станцію доочищення Веєсперкарспел.

**Рисунок 7.3 – Принципова технологічна схема
водоочисної станції в Лоєндервіні**

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 100 доб. і де відбувається її самоочищення. Потім вона подається на префільтри, завантажені кварцовим піском шаром 1200 мм із крупністю зерен 1,0-1,65 м.

Принципова схема доочищення приведена на рис. 29.



1 – контактні камери для озонування;

2 – насосна станція для підйому води;

3 – камери хлопьеобразования;

4 – тонкошарові відстійники 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 7.4 – Принципова технологічна схема водоочисної станції у Веєспрекарспеля

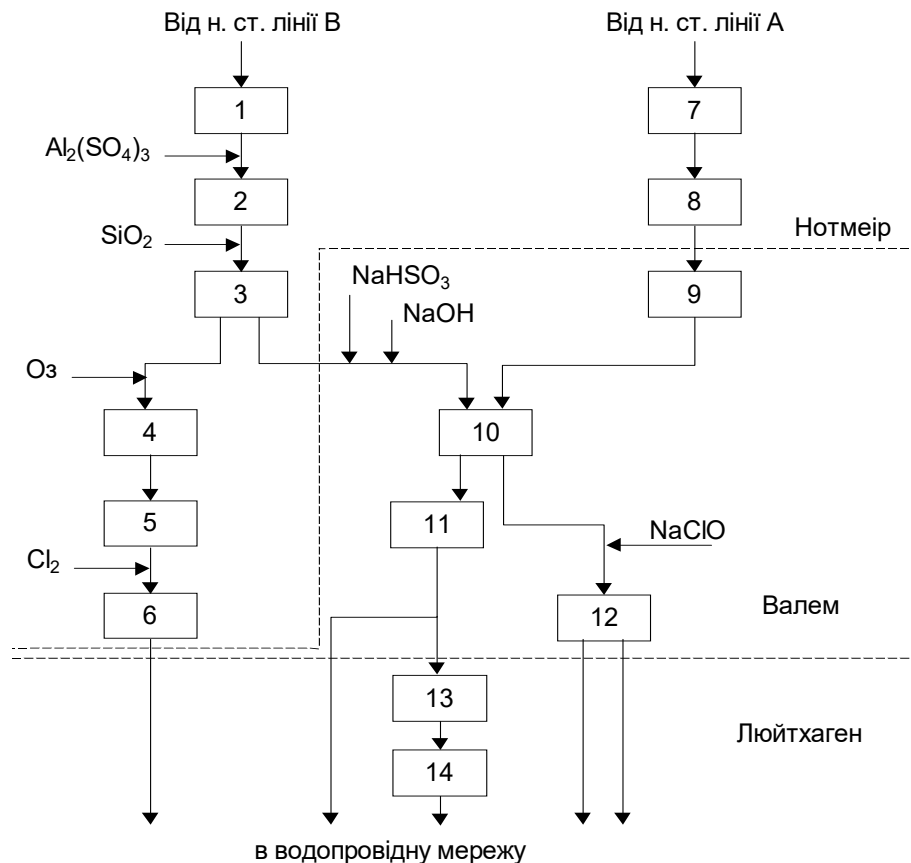
У станції передбачене озонування для руйнування важкоокислюємих органічних сполук (перманганатна окислюємість висока). Доза озону 2,3 мг/л. ПАВ вводиться для сорбції (доза 5 мг/л) органічних сполук. Підлужування здійснюється каустичною содою з дозою 20 мг/л, а коагуляція хлорним залізом з дозою 10 мг/л з додаванням флокулянта при дозі 1,6 мг/л.

Камери пластівцеутворення з механічними мішалками $D=2$ м з частотою обертання 0,45-9 про/хв і $D=3,2$ м з частотою 0,2-4 про/хв. Потім вода проходить

горизонтальні відстійники з тонкошаровими пластинчастими модулями, швидкі і повільні фільтри. Хлорування виконується гіпохлоритом натрію з дозою 0,4 мг/л активного хлору.

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. 30).



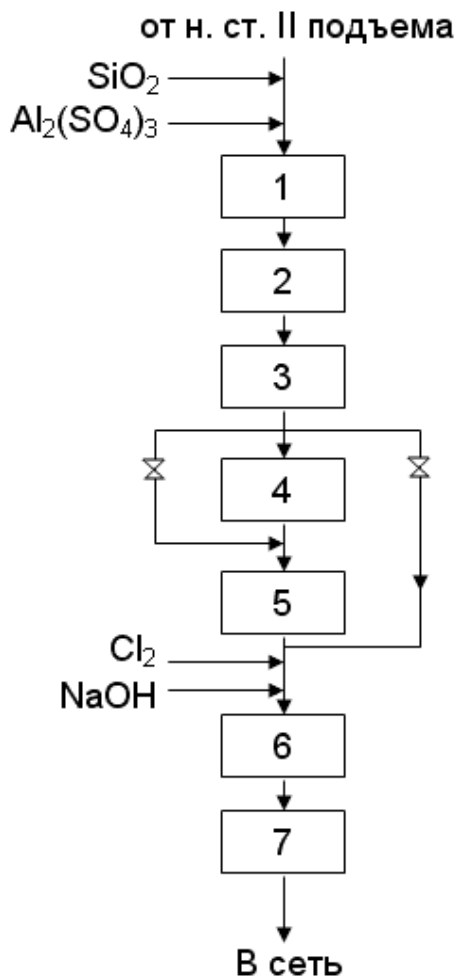
1 – контактні резервуари;
 2 – змішувачі;
 3 – швидкі фільтри;
 4 – озонаторна станція;
 5 – контактний резервуар;
 6 – насосна станція II підйому;
 7 – швидкі префільтри;
 8 – проміжний резервуар;

9 – повільні фільтри;
 10 – РЧВ;
 11 – насосна станція II підйому;
 12 – насосна станція II підйому;
 13 – запасно-регулюючі РЧВ;
 14 – насосна станція III підйому Луйтхагена.

Рисунок 7.5 – Принципова технологічна схема водоочисних споруд Нотмеір-Валем

Як видно з рис.30, лінія А має ту особливість, що в ній використовується двоступінчасте фільтрування на 16 швидких фільтрах площею по 90 м², завантажених кварцовим піском із крупністю зерен 0,8-1,25 мм (товщина шару 900 мм), і 38 повільних фільтрах загальною площею 55300 м², завантажених піском крупністю 0,25-0,65 мм при товщині шару 750 мм і швидкості фільтрування 0,15 м/ч.

Лінія В має максимальну продуктивність 264 тис.м³/доб, але пропускає в середньому 160 тис.м³/доб. Блок фільтрування включає 22 швидких фільтра площею по 43 м². Фільтруюче завантаження складається з кварцового піску крупністю зерен 0,4-0,8 мм і товщиною шару 300 мм і 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 до 10 м/г. До швидких фільтрів вода обробляється сірчаноокислим алюмінієм і активованою кремнекислотою. Після фільтрів вода дехлорирується бісульфітом натрію і стабілізується каустичною содою. Перед подачею води в мережу вона хлорується дозою 0,5 мг/л для запобігання вторинного забруднення води в розподільній мережі.



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 7.6 – Принципова технологічна
схема станції Олегем**

На станції Олегем, технологічна схема якої показана на рис. 31, вода освітлюється в шарі зваженого осаду, потім на швидких фільтрах, самоочищається в проміжних резервуарах і потім на повільних фільтрах. 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 440м^3 . Освітлювачі мають розміри $32 \times 32\text{м}$, об'ємом 2400м^3 . Потім вода надходить на 20 швидких фільтрів загальною площею 900м^2 . Швидкість фільтрування 5м/г . 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 430000м^3 і друге - 4 га об'ємом 200000м^3 .

Повільних фільтрів 24 розмірами 60×24м площею 1500м². Швидкість фільтрування 0,11 м/г. Завантаження – шар піску товщиною 1200 мм, а крупність зерен 0,25-0,65 мм.

Певний інтерес представляють 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. 9.

Таблиця 9 – Характеристика водоочисних станцій м. Брюсселя

Станція	Продуктивність станції, тис. м ³ /добу	Склад основних споруд	Застосовувані реагенти
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

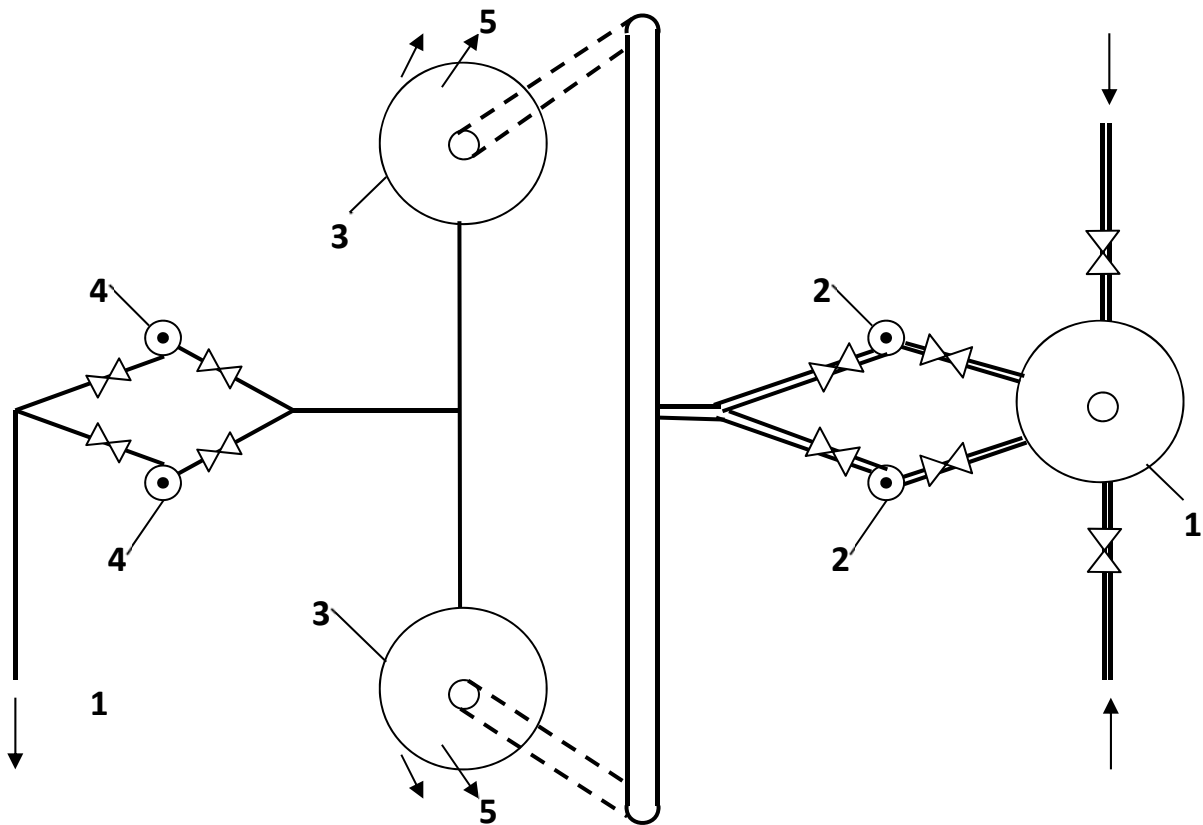
У принципі споруди традиційні. Але на станції Таілфер влаштування після освітлювачів відстійників може бути виправдано тільки бажанням запобігання проскоків забруднень після освітлювачів. Доза озono-повітряної суміші 15-20 г/м³ повітря при тиску 0,05 МПа. Доза озону 2 мг/л.

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

Найбільше місто Данії Копенгаген в основному (85%) забезпечується підземною водою і тільки 15% води подається 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 у поділі процесу фільтрування на дві стадії: попереднє фільтрування знизу вверх на грубозернистих фільтрах і остаточне зверху вниз на звичайних швидких фільтрах.

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

На відміну від 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 не насичує воду киснем повітря, що перешкоджає окислюванню двовалентного заліза, яке розчинене в підземній воді, у тривалентне. Це у свою чергу позбавило від випадання пластівців гідроокису заліза і забивання водоводу, що дозволило перекачувати цю воду на відстань 8 км на групові очисні споруди в Слангерупі. План станції по видаленню метану показаний на рис. 32.



- 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.

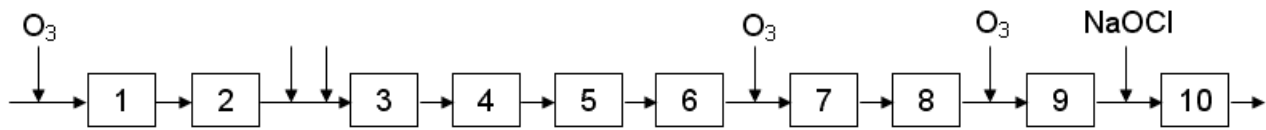
Рисунок 7.7 – План очисної станції Ебелхолт

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, заповнених багатоярусним решітником із трикутних дерев'яних рейок. Повітря з циліндрів видаляється вакуум-насосами. Вода збирається в нижній частині циліндрів і відцентровим насосом подається у водовод.

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 хлором.

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, у 15 км вище її впадання в Сену й у 20 км від Парижа. Технологічна схема станції показана на рис. 33.



1 – перша камера змішування з озonom;

2 – наливне водоймище;

3 – змішувачі з механічними мішалками;

4 – камери пластівцеутворення, убудовані у відстійники;

5 – полочні відстійники;

6 – швидкий фільтр;

7 – друга камера змішування з озonom;

8 – сорбційні фільтри,

завантажені гранульованим активованим вугіллям;

9 – третя камера змішування з озonom;

10 – РЧВ.

Рисунок 7.8 – 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 води 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 озonom 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.

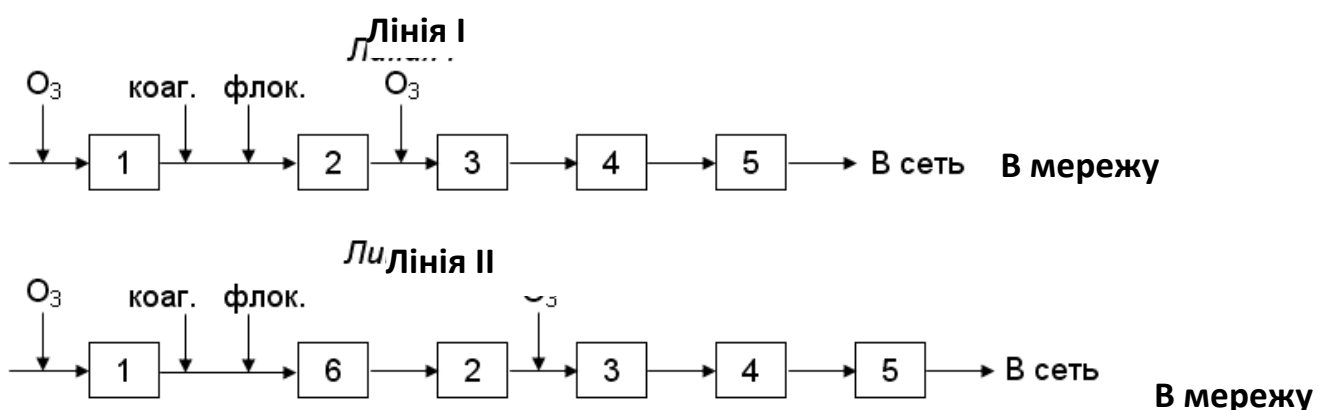
Застосування двоокису хлору для попереднього хлорування пояснюється прагненням запобігти утворенню хлороформу у воді. Доза двоокису хлору $\leq 4,7$ мг/л. Середня доза озону 3,8 мг/л, у тому числі для попереднього озонування – 0,8 мг/л. Для остаточного озонування доза визначається, виходячи з забезпечення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

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/г.

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. 34. Станція знаходиться на правому березі р. Марни в 30 км до сходу від міста. У ній 2 лінії.



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

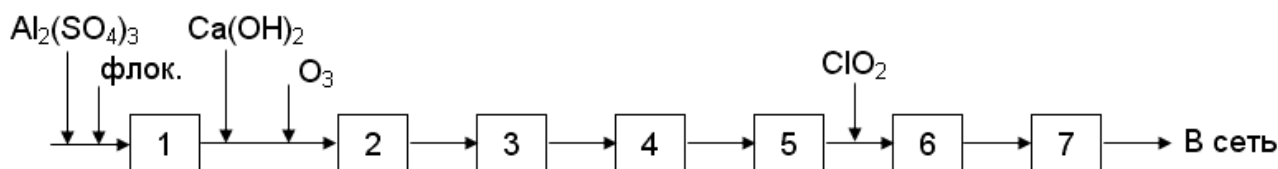
Рисунок 7.9 – Принципові технологічні схеми

станції Анне-сюр-Марн

Вода піддається попередньому озонуванню за рахунок озono-повітряної суміші з камер змішання з озоном. Потім вона змішується з коагулянтom і флокулянтom і подається в освітлювач зі зваженим осадом типу «Флюорapid», що відрізняється від традиційних освітлювачів тим, що для інтенсифікації освітлення в нього вводиться мелений кварцовий пісок, а в зоні освітлення встановлені тонкошарові модулі. Швидкість висхідного потоку в зоні освітлення 13 м/г.

З освітлювача вода надходить на швидкий фільтр типу «Біокарбон», завантажений гранульованим активованим вугіллям поверх шару кварцового піску. У вугільному завантаженні на висоті 40 см над шаром піску прокладені дірчасті труби, по яких на фільтр подається стиснене повітря, що зважує 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/г. Фільтрат незаражується озоном.

Цікаву схему має водопровідна очисна станція Ленг м Цюриха(Швейцарія) продуктивністю 250 тис.м³/доб. Її технологічна схема показана на рис. 35.



- | | |
|--------------------------------------|----------------------------------|
| 1 – фільтр I ступеню; | 5 – повільний піщаний фільтр; |
| 2 – контактна камера для озонування; | 6 – РЧВ; |
| 3 – вугільний фільтр II ступеню; | 7 – насосна станція III підйому. |
| 4 – насосна станція II підйому; | |

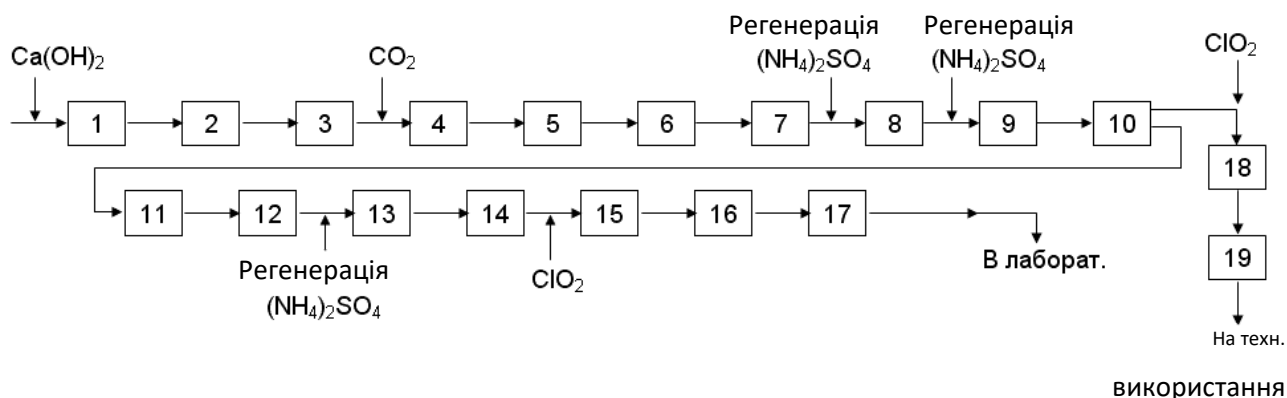
Рисунок 7.10 – Принципова технологічна схема станції Ленг

Фільтри I ступеню з двох- і тришаровим завантаженням із кварцового піску товщиною 700 мм, дробленого антрациту шаром 300 мм, шаром дробленої пемзи товщиною 400 мм.

Фільтри II ступеню з завантаженням шаром піску 500 мм і активованого вугілля товщиною 700 мм, щоб адсорбувати розчинені органічні забруднення. Швидкість фільтрування в них 24 м/г. Потім вода насосами подається на повільні фільтри, де відбувається її очищення від залишкових органічних речовин. Швидкість фільтрування в них 0,67 м/г. 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 і т.п.). На водопровідних очисних спорудах Азії, Африки, Америки й Австралії більшість споруд будується за традиційною схемою одно- чи двоступінчастого очищення, але з одним фільтруванням.

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. 36. Вихідна стічна рідина не піддається хлоруванню (щоб уникнути утворення токсичних хлорорганічних з'єднань), а обробляється вапном, і пройшовши змішувач і камеру 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, відкілья насосом подається на швидкий фільтр. Фільтрат потім проходить через селективний іонообмінний фільтр для видалення аміаку, який регенерується періодично на установці, де 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 – змішувач; | 11 – озонаторна установка; |
| 2 – камера пластівцеутворення; | 12 – насос; |
| 3 – відстійник; | 13 – сорбційний фільтр; |
| 4 – камера рекарбонізації; | 14 – гіперфільтраційна установка; |
| 5 – буферний ставок; | 15 – аераційна колона; |
| 6 – насос; | 16 – контактна камера; |
| 7 – швидкий фільтр; | 17 – насос; |
| 8 – іонообмінний фільтр; | 18 – контактна камера; |
| 9 – сорбційний фільтр; | 19 – насос. |
| 10 – насосна станція; | |

**Рисунок 7.11 – 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 на технічні потреби. Інша частина проходить через озонаторну установку, сорбційний фільтр другого ступеню, гіперфільтраційну установку, аераційну колону і контактну камеру, перед якою вводиться двоокис хлору.

Аналізуючи особливості систем водопідготовки в закордонних країнах, слід в першу чергу відзначити старанність попередньої обробки води з поверхневих джерел перед фільтруванням. Нерідко ця обробка починається з процесів самоочищення в прибережних (наливних) водоймищах, причому в ряді випадків вода піддається штучній аерації з метою інтенсифікації природного біологічного очищення і щоб уникнути 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.

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

Для знезаражування води використовується рідкий 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 рубежем 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, що визначають надійність роботи станції водопідготовки, від кількості споруд, що залишаються в роботі. Такі залежності можуть бути отримані на підставі аналізу використовуваних у даний час аналітичних залежностей, що описують основні технологічні параметри споруд.

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

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

де E – імовірність задоволення споживачів водою;

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

W_p – кількість води, необхідна для повного задоволення споживача;

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

P_{yi} – імовірність зниження подачі води при відмовленні i -тої ячейки.

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

Методика оцінки технологічної надійності споруд для водопідготовки зводиться до наступного:

а) Зробити розрахунок вихідного варіанта відповідно до нормативних значень технологічних параметрів.

б) Для кожного типу споруд намітити основні параметри, що впливають на стійкість роботи споруд.

Основними факторами, що визначають надійність роботи станції водопідготовки, є:

- для змішувачів – сумарний час змішання в споруд 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.

в) Визначити значення необхідних параметрів при різних кількостях працюючих споруд.

г) Побудувати графіки залежності розглянутих параметрів Π від кількості працюючих споруд $\Pi=f(n_i)$.

д) Установити граничні умови, що визначають стійкість роботи відповідного типу споруд.

е) По графіках $\Pi=f(n_i)$ з урахуванням граничних умов визначити допустиму кількість однотипних споруд, що відключаються.

ж) Виходячи з допустимої кількості відключення однотипних споруд, розрахувати значення показників якості води після відповідних споруд.

з) Зробити коректування параметрів наступних споруд з урахуванням можливого погіршення значення показників якості води, що надходить на них, і

при необхідності уточнити допустиму кількість однотипних споруд, що відключаються.

і) Визначити імовірність безвідмовної подачі станції водопідготовки $P_{см}$ з урахуванням імовірності відключення частини споруд.

к) Зіставити значення $P_{см}$ з необхідною імовірністю безвідмовної подачі $P_{тр}$ і при необхідності скорегувати допустиму кількість споруд, що відключаються.

л) 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, включаючи систему формування нижньої межі зваженого шару;
- склад фільтруючого завантаження швидких фільтрів;
- процес освітлення води у відстійниках.

Характер залежностей $\Pi=f(n)$ приведено на рис.37-43. Вони отримані при збереженні розрахункової продуктивності постійною незалежно від кількості працюючих споруд $Q_p=\text{const}$.

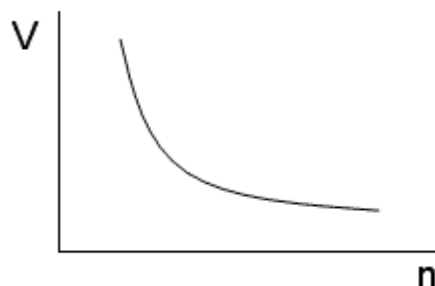


Рисунок 7.12 – Залежність швидкостей в лотках від числа працюючих споруд при $Q_p=\text{const}$

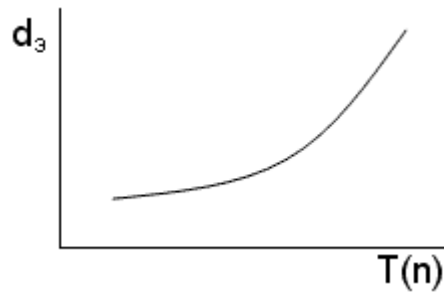


Рисунок 7.13 – Залежність крупності пластівців коагулянту d_3 від часу коагуляції чи від числа працюючих камер пластівцеутворення

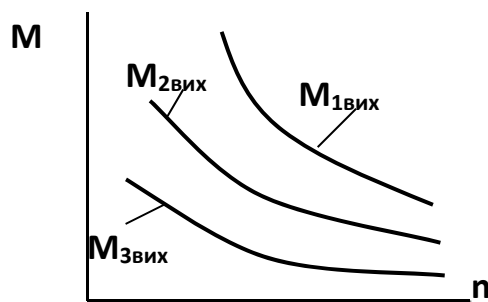


Рисунок 7.14 – Залежність вмісту зважених речовин на виході з відстійника чи освітлювача від числа працюючих освітлювачів

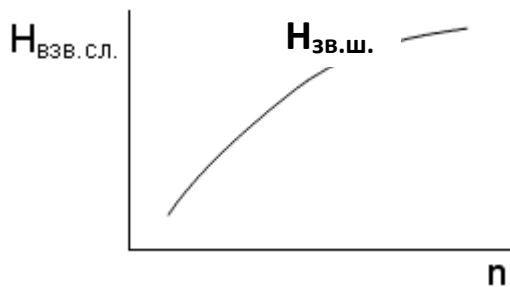
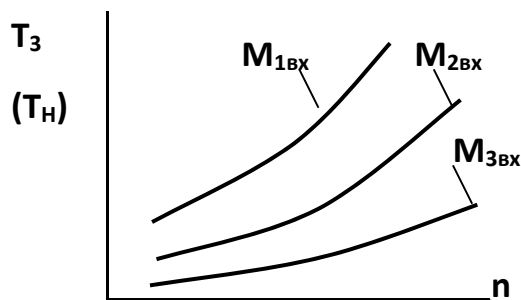


Рисунок 7.15 – Залежність висоти зваженого шару від числа



працюючих освітлювачів

$M_{1вх}, M_{2вх}, M_{3вх}$ – каламутність на вході у фільтр

Рисунок 7.16 – Залежність часу захисної дії фільтра чи граничних втрат напору від числа працюючих швидких фільтрів

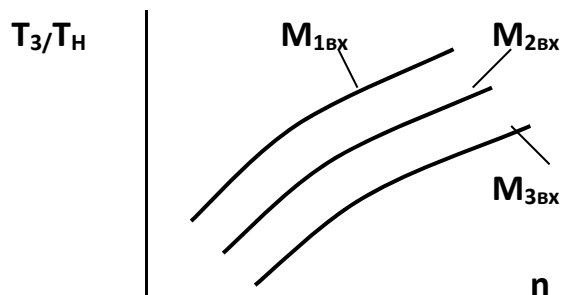


Рисунок 7.17 – Залежність співвідношення часу захисної дії і часу досягнення граничної втрати напору на швидких фільтрах від кількості працюючих фільтрів

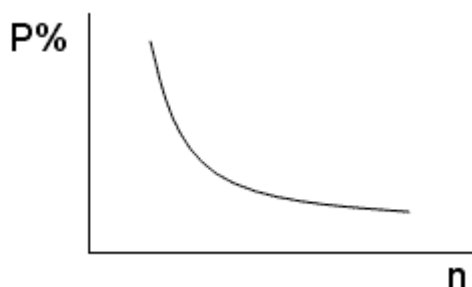


Рисунок 7.18 – Залежність витрати води на промивання швидких фільтрів у % від їхньої кількості

Якщо рівень необхідної надійності буде заданий наперед, то можна визначити, яка кількість споруд того чи іншого типу здатна її забезпечити.

При нормальному розвитку міста рано чи пізно 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} витрат, 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.

За умови належного відводу води максимальна витрата, що пропустить змішувач буде дорівнює:

$$Q_1 = f_v V_{v.макс} ,$$

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:

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

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:

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

Максимальна витрата, яку може відвести лоток, визначається за формулою:

$$Q_3 = b \cdot h_2 \cdot V_l ,$$

де b – ширина лотка;

h_2 – допустима глибина потоку в лотку;

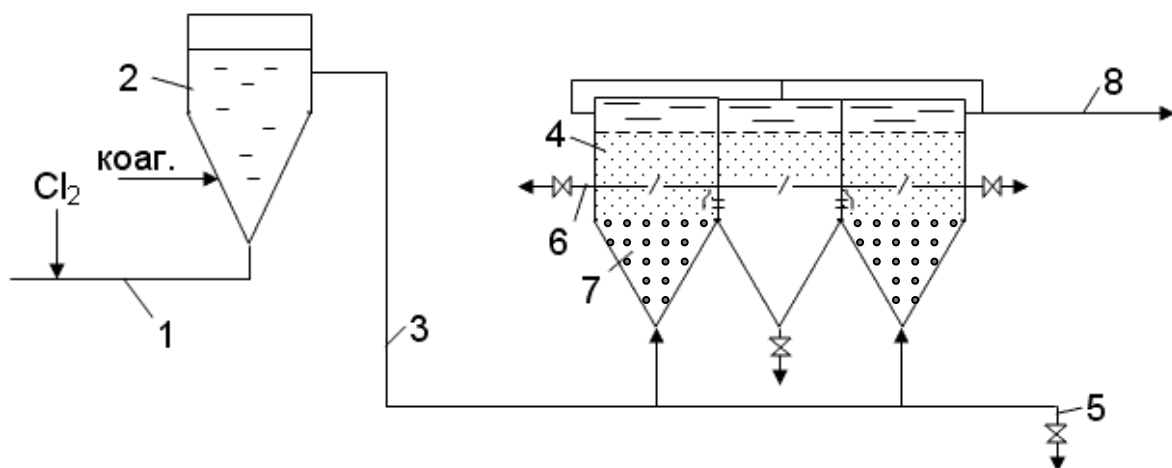
V_l – швидкість води в лотку.

З отриманих витрат Q_1-Q_3 у якості $Q_{i \text{ макс}}$ приймається той, який пропускають всі елементи, що аналізувались. Потім аналізуються всі $Q_{i \text{ макс}}$ для всіх типів споруд і в якості $Q_{\text{макс.ст}}$ 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, котрі 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 і т.п.

Для поліпшення відновлення фільтруючої здатності завантаження використовують різні способи інтенсифікації такі, як: водоповітряне промивання з низьким відводом промивної води, додаткове поверхневе промивання, промивання зануреними струменями, пульсуюче промивання, промивання з інтенсивністю, яка по площі фільтра, і т.п.

На станціях з освітлювачами зі зваженим осадом коридорного типу можна підвищити їхню продуктивність, фільтруючи частину води після зваженого шару через шар завантаження, що плаває. При цьому схема переустаткування освітлювача буде мати вигляд, який показано на рис. 44.



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

Рисунок 7.19 – 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 шар пінополістиролу крупністю гранул 0,5-2,0 мм із 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 промивання пінополістиролу вище верхньої межі зваженого шару, але нижче пінополістиролу на величину, що допускає його розширення при промиванні, монтується додаткова дренажна система 6.

Коли пінополістирол вичерпає свою затримуючу здатність по напору чи по захисній дії, завантаження промивається відкриттям засувки на трубопроводі 5, що скидає промивну воду в каналізацію. При цьому відвід фільтрованої води в коридор припиниться. Аналогічно можуть переобладнувати швидкі фільтри у фільтри з завантаженням, що плаває.

Становить інтерес освітлювач зі зваженим осадом «Флюорапід», у якому для інтенсифікації освітлення вводиться мелений кварцовий пісок, а в зоні освітлення встановлені тонкошарові модулі. Швидкість висхідного потоку в зоні освітлення складає 13 м/г.

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 станція підготовки питної води з міських стічних вод на очисній станції Денвера (США)?
7. Для чого при видалення кольоровості води попереднє хлорування заміняють озонуванням?