

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

**С. С. Душкін, М. В. Дегтяр**

**ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ СПОРУД І УСТАТКУВАННЯ**  
**СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ І ВОДОВІДВЕДЕННЯ**

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ**

*(для аспірантів усіх форм навчання освітньо-наукової програми підготовки  
доктора філософії за фахом 192 – Будівництво та цивільна інженерія  
освітньої програми «Раціональне використання і охорона водних ресурсів»)*

**Харків**  
**ХНУМГ ім. О. М. Бекетова**  
**2019**

УДК 628.1

**Душкін С. С.** Інтенсифікація функціонування споруд і устаткування систем водопостачання та водовідведення : конспект лекцій для аспірантів усіх форм навчання освітньо-наукової програми підготовки доктора філософії за фахом 192 – Будівництво і цивільна інженерія освітньої програми «Раціональне використання і охорона водних ресурсів» / С. С. Душкін, М. В. Дегтяр; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 42 с.

**Автори:**

д-р техн. наук, проф. С. С. Душкін,  
канд. техн. наук, доц. М. В. Дегтяр

**Рецензент**

**В. О. Ткачов**, кандидат технічних наук, доцент кафедри водопостачання, водовідведення і очищення вод (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова)

*Рекомендоване кафедрою водопостачання, водовідведення і очищення вод, протокол № 1 від 30.08.2019.*

Конспект лекцій складено з метою допомогти аспірантам спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія освітньої програми «Раціональне використання і охорона водних ресурсів» при підготовці до занять і складання екзамену з дисципліни «Інтенсифікація функціонування споруд і устаткування систем водопостачання і водовідведення».

© С. С. Душкін, М. В. Дегтяр, 2019

© ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	4
<b>ТЕМА 1 Системи водопостачання як комплекс інженерних споруд, структура та організація диспетчерської служби</b> .....	<b>5</b>
1.1 Основні положення.....	5
1.2 Основні схеми водопостачання.....	6
1.3 Схеми водопостачання промислових підприємств.....	9
1.4 Класифікація систем водопостачання.....	11
1.5 Основні завдання диспетчеризації і структура диспетчерської служби.....	12
1.6 Лабораторія автоматики та контролю.....	14
Контрольні питання.....	14
<b>ТЕМА 2 Ресурсозберігаючі технології при експлуатації систем водопостачання</b> .....	<b>15</b>
2.1 Реагентні методи.....	15
2.2 Технологічні методи ресурсозберігаючих технологій систем водопостачання.....	17
2.3 Фізичні методи ресурсозберігаючих технологій систем водопостачання.....	19
2.4 Поліпшення гідравлічних і конструктивних умов процесу коагуляції.....	22
Контрольні питання.....	24
<b>ТЕМА 3 Аварійні ситуації в системах водовідведення</b> .....	<b>24</b>
3.1 Основні положення.....	24
3.2 Основні види робіт з технічного обслуговування водогосподарчих об'єктів.....	27
3.3 Структурна схема ремонтного циклу водогосподарчих об'єктів.....	28
3.4 Аварійний ремонт мережі.....	29
Контрольні питання.....	30
<b>ТЕМА 4 Шляхи ресурсозбереження в системах водовідведення, санація систем водовідведення</b> .....	<b>31</b>
4.1 Ретехнологізація.....	31
4.2 Елементи програми ретехнологізації.....	31
4.3 Складання балансових схем очищення стічних вод.....	32
4.4 Основні недоліки існуючої технологічної схеми очищення стічних вод.....	33
4.5 Ретехнологізація очищення стічних вод при видаленні фосфору і біогенних елементів.....	33
4.6 Санація каналізаційних мереж.....	39
Контрольні питання.....	40
<b>СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....	<b>41</b>

## ВСТУП

Розвиток цивілізації нерозривно пов'язаний з використанням води. Забезпечення населення водою, що відповідає певним санітарно-гігієнічним вимогам, є одним з основних завдань водопостачання.

На даний момент споживачами до води висуваються різні вимоги, як у кількісному, так і в якісному відношенні. Ріст водоспоживання в усьому світі привів до кількісного і якісного дефіциту води. Тому в сучасних умовах потрібен комплексний підхід до розв'язання завдань водопостачання, що враховує інтереси різних груп споживачів води, раціональне її використання, що передбачає розробку заходів щодо охорони джерел від забруднення та виснаження, удосконалювання систем водопостачання, використання науково обґрунтованих норм водоспоживання, розробку маловодних і безводних технологічних процесів, удосконалення водного законодавства та ін.

Каналізаційні мережі, є системами життєзабезпечення. Реальна довговічність деяких каналізаційних трубопроводів становить усього 4-5 років. Розглядаючи місто як складну систему, необхідно відзначити невідповідність термінів служби її елементів – каналізаційні мережі – 25 років, а міські споруди, залежно від ступеня їх капітальності – 50 і більш років. Ця невідповідність у сукупності із численними відмовами під час експлуатації каналізаційних мереж є причиною порушення нормальної життєдіяльності людей, міського ландшафту, забруднення навколишнього середовища, перевитрат матеріальних і енергетичних ресурсів.

Щоб забезпечити надійну роботу каналізаційної мережі протягом тривалого часу та підтримувати мережу в справному стані, потрібно в процесі її експлуатації вчасно та планомірно здійснювати ряд технічних заходів (огляд мережі, її профілактичне очищення, усунення випадкових засмічень, поточний ремонт і т.п.).

Підвищення надійності роботи каналізаційної мережі, зниження вартості її експлуатації, скорочення термінів проведення робіт залежать не тільки від поліпшення якості проектування, будівництва та експлуатації мережі, але й від підвищення культури користування внутрішніми каналізаційними пристроями населенням і персоналом промислових підприємств.

# ТЕМА 1 Системи водопостачання як комплекс інженерних споруд, структура та організація диспетчерської служби

## 1.1 Основні положення

*Водопостачання* – це комплекс взаємозалежних інженерних споруд, призначених для забору, очищення та транспортування споживачам води заданої якості в необхідній кількості і під необхідним тиском.

*Система водопостачання* – це комплекс споруд для забезпечення певної (даної) групи споживачів (даного об'єкта) водою в необхідних кількостях і необхідної якості. Крім того, система водопостачання повинна мати певний ступінь надійності, тобто забезпечувати постачання споживачів водою без неприпустимого зниження встановлених показників роботи відносно кількості або якості води, що подається.

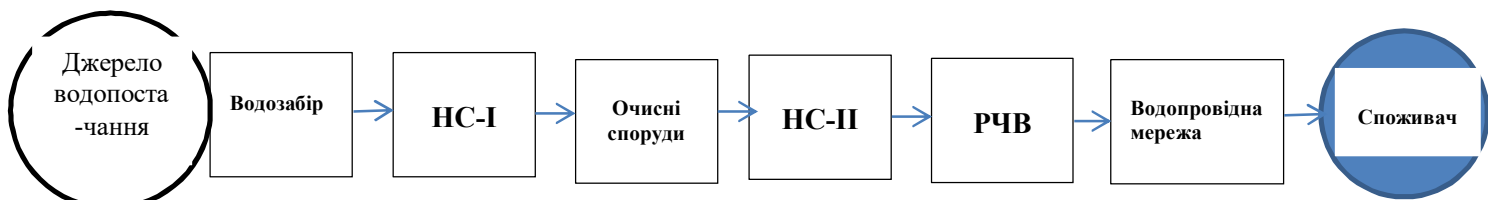
### *Завдання системи водопостачання*

Одержання води із природного джерела, поліпшення її якості відповідно до вимог споживачів, транспортування на територію об'єкта і подача до всіх заданих точок відбору; при цьому в точках відбору повинен бути забезпечений заданий тиск в трубах водопровідної мережі.

### *Основні елементи системи водопостачання*

Система водопостачання (населеного місця або промислового підприємства) повинна забезпечувати одержання води із природних джерел, її очищення, і подачу до місць споживання. Для виконання цих завдань служать наступні споруди, що входять до складу системи водопостачання (рис 1.1):

- водозабірні споруди, за допомогою яких здійснюється приймання води із природних джерел;
- водопідйомні споруди, тобто насосні станції, що подають воду до місць її очищення, зберігання або споживання;
- споруди для очищення води;
- водоводи та водогінні мережі, що служать для транспортування та подачі води до місць її споживання;
- вежі та резервуари, що відіграють роль регулюючих і запасних ємностей у системі водопостачання.



**Рисунок 1.1** - Основні елементи системи водопостачання

Залежно від місцевих природних умов і характеру споживання води, а також від економічних міркувань схема водопостачання та її складові елементи можуть істотно змінюватися. Великий вплив на схему водопроводу має прийняте

джерело водопостачання: його характер, потужність, якість води в ньому, відстань від нього до об'єкта, що забезпечується водою, і т.п. Іноді, зокрема, з міркувань надійності, для одного об'єкта використовується кілька природних джерел [1, 2].

Водоводи та водогінні мережі разом з насосними станціями та регулюючими ємностями утворюють системи подачі та розподілу води.

## 1.2 Основні схеми водопостачання

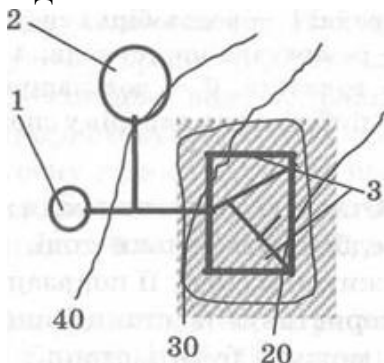
*Схема водопостачання* – графічно відображене взаємне розміщення споруд системи водопостачання.

На вибір схеми водопостачання впливають наступні фактори:

- тип обраного джерела водопостачання і якість води в ньому;
- вид споживачів і їх вимоги до якості подаваної води;
- рельєф місцевості;
- розташування споживачів на плані;
- розміри водоспоживання, продуктивність джерела водопостачання і його віддаленість від споживачів;
- наявність перешкод для будівництва споруд;
- санітарні, місцеві й екологічні умови.

Склад споруд визначають у першу чергу залежно від каламутності та забарвленості води джерела та продуктивності очисних споруд. Найчастіше станцію водопідготовки розташовують у безпосередній близькості до джерела водопостачання.

Найпоширенішою для невеликих населених пунктів є схема із забором підземної води питної якості (рис. 1.2). Воду забирають із водоносного шару та подають у водонапірну башту. Як тільки бак вежі наповниться, насос у свердловині автоматично або вручну відключається та вода у вежу не надходить. Вода в мережу надходить із вежі, яка забезпечує необхідні тиск і витрату. Коли рівень води в баку вежі досягне мінімальної позначки насос у свердловині знову включається та вода наповнює бак. Саме така схема передбачається для першої черги будівництва системи водопостачання.

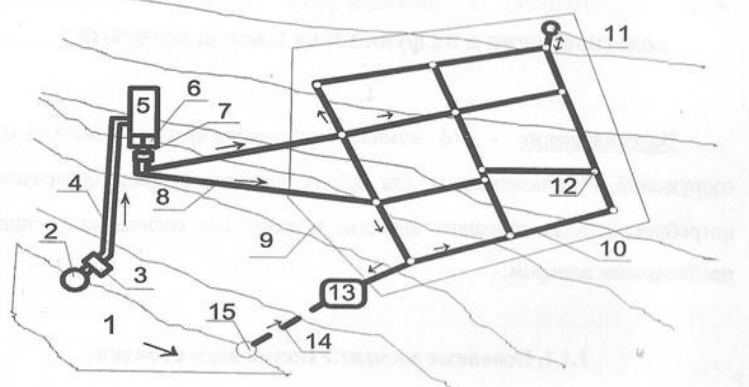


1 – свердловина; 2 – водонапірна башта; 3 – водонапірна мережа  
**Рисунок 1.2** – Схема водопостачання із забором води питної якості з підземного джерела:

Станцію очищення води між свердловиною та резервуарами передбачають тільки тоді, коли якість води не задовольняє споживачів, чи не відповідає нормативним документам.

Найчастіше використовують станції знезалізнення та знезаражування води, але можуть бути і станції зм'якшення води, опріснення і таке інше. Водопровідна схема великого населеного пункту має наступні елементи (рис. 1.3 і 1.4):

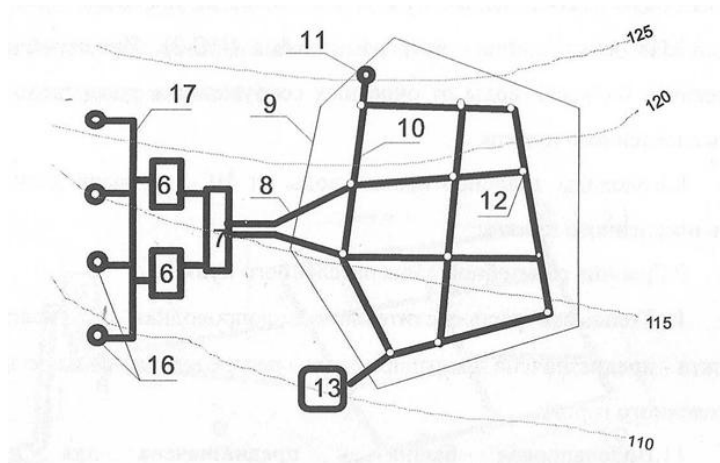
На рисунку 1.3 зображена схема водопостачання населеного пункту при заборі води з поверхневого джерела. Тип водозабору обирається залежно від типу джерела, якості води в ньому, гідрогеологічних, геологічних, топографічних умов, судноплавства та ін. З водозабірних споруд НС-1 забирає воду та перекачує на ОС, де воду освітлюють, знебарвлюють, знезаражують.



- 1- поверхневі водойми; 2 - водозабірні споруди, призначені для забору води з водойми; 3 - насосна станція першого підйому (НС-1); 4 – водоводи транспортування води водойми від НС-1 на очисні споруди; 5 - споруди по підготовці води питної якості (ОС); 6 - резервуари чистої води (РЧВ); 7 - насосна станція другого підйому (НС-2); 8 - водоводи транспортування води від НС-2 у розподільну мережу населеного пункту; 9 - межі зони населеного пункту; 10 - кільцева розподільна водогінна мережа населеного пункту; 11 - водонапірна башта (ВБ); 12 - вузлові колодязі кільцевої мережі для розміщення запірної арматур; 13 - промислове підприємство (ПП); 14 - трубопровід для подачі технічної води на ПП; 15 - водозабір технічної води; 16 - водозабірні свердловини; 17 - збірний колектор.

**Рисунок 1.3** – Схема водопостачання населеного пункту при заборі води з поверхневого джерела

На рисунку 1.4 зображена схема водопостачання населеного пункту при заборі води з підземного джерела. Воду забирають за допомогою декількох свердловин і подають у РЧВ.



6 - резервуари чистої води (РЧВ); 7 - насосна станція другого підйому (НС-2); 8 - водоводи транспортування води від НС-2 у розподільну мережу населеного пункту; 9 - межі зони населеного пункту; 10 - кільцева розподільна водогінна мережа населеного пункту; 11 - водонапірна башта (ВБ); 12 - вузлові колодязі кільцевої мережі для розміщення запірної арматур; 13 - промислове підприємство (ПП); 14 - трубопровід для подачі технічної води на ПП; 15 - водозабір технічної води; 16 - водозабірні свердловини; 17 - збірний колектор.

**Рисунок 1.4** – Схема водопостачання населеного пункту при заборі води з підземного джерела

В умовах недостатніх запасів води широке поширення одержали групові або районні системи водопостачання. При цьому досить потужне джерело може перебувати на достатній відстані. У цих умовах влаштовують розгалужені системи водогонів, а для зниження високих тисків у трубопроводах, зумовлених великими втратами напору через їх високу протяжність, в окремих вузлах мережі встановлюються резервуари.

При використанні двох природних джерел надійність водопостачання суттєво підвищується.

У сільській місцевості, де на полив сільськогосподарських угідь потрібно набагато більше води, ніж на господарсько-питні потреби для зменшення собівартості води використовують *дуплексні схеми водопостачання*. Вони передбачають два самостійні водопроводи, що подають очищену та неочищену воду.

### **1.3 Схеми водопостачання промислових підприємств**

До складу схеми промислового водопостачання можуть входити наступні елементи:

- водозабірні споруди (призначені для відбору води із природного джерела);



- НС-1 (призначена для подачі води в ставок-відстійник або безпосередньо в систему водопостачання);
- ставок-відстійник (служить для попереднього очищення води; якщо необхідно доповнюється установками для освітлення води і т.п.);
- РЧВ (призначений для зберігання певної кількості води та створення напору у випадку відключення системи);
- ставок-накопичувач (призначений для накопичення та зберігання води);
- НС-2 (призначена для створення додаткового напору);
- насосна станція третього підйому (далі, НС-3) (призначена для підйому води в бак-накопичувач водонапірної башти);
- ВБ (призначення – забезпечення необхідного напору в споживачів);
- установка ХВО (хімводоочищення);
- водоводи промислового підприємства;
- запірні та регулюючі апаратура, призначена для забезпечення перемикачів у мережі, регулювання тисків та контролю параметрів;
- споруди, що акумулюють (резервуари, ємності, баки та ін.).

*Прямоточну* схему водопостачання на підприємстві можна застосовувати у випадку наявності поблизу від об'єкта (на відстані до 3 км) потужного джерела води.

Якщо серед споживачів технічної води є споживач із великими витратами, стічні води від яких по обсягу та усім параметрам може задовольняти інших споживачів, то в цих випадках застосовують *систему повторного використання води*. Ця система працює по прямоточному режиму, але із джерела забирається тільки та кількість води, яка необхідна споживачеві з більшою витратою, а інші використовують його скидну воду.

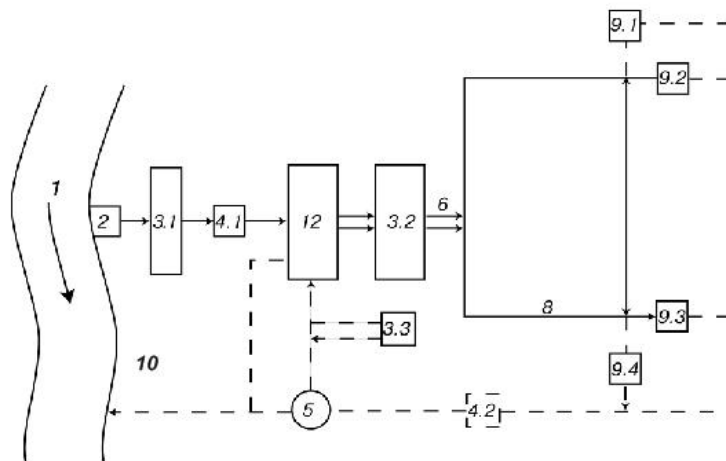
Схема повторного використання води в порівнянні із прямоточною має наступні переваги:

- зменшення кількості води, що забирається із природного джерела;
- зниження кількості стічних вод, що скидаються;
- вартість експлуатаційних витрат у даній схемі менше, ніж у прямоточної.

Недоліками схеми повторного використання води є:

- вузький діапазон застосування;
- необхідність наявності розгалужених мереж.

*Оборотні системи* У даних системах можна використовувати й ту частину технічної води, яка забруднюється домішками, що порівняно легко видаляються. Після очищення вода використовується повторно (рис. 1.5).



- 1 – джерело; 2 – водозабірні споруди; 3.1 – НС-1; 3.2 – НС-2;  
 3.3 - НС-3; 4.1 – очисні споруди природної води; 4.2 – очисні споруди стічних вод ПП;  
 5 – РЧВ; 6 – водоводи; 8 – водонапірна мережа ПП;  
 9.1-9.4 – споживачі води на підприємстві; 10 – лінія скиду води ПП;  
 12 – пристрої охолодження технічної води

**Рисунок 1.5** – Оборотна схема системи виробничого водопостачання

Оборотні системи застосовуються на підприємствах з розвиненим виробництвом. Можливість їх використання обумовлена тим, що від 70 до 80 % води, що проходить через технологічні установки, тільки нагрівається в системах охолодження та може бути використана повторно.

Переваги:

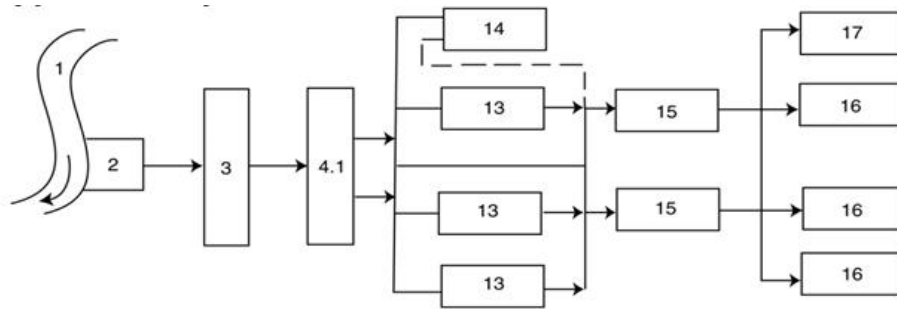
- істотне скорочення обсягу води, що забирається із природного джерела в порівнянні із двома попередніми схемами;
- зменшення витрат на будівництво та експлуатацію системи;
- високий рівень очищення скидних вод.

Недоліки:

- обмеженість застосування: для великих і середніх підприємств;
- необхідність наявності розгалужених мереж.

*Безстічні системи технічного водопостачання.*

Найцінніші з екологічної точки зору оборотні системи без скидання продукції – безстічні системи (рис 1.6). У безстічних (замкнених) системах водопостачання на підприємствах замість свіжої води використовується доочищена до нормативів якості технічної води суміш промислових і побутових стічних вод. Біологічно очищені стічні води, що використовуються в технічному водопостачанні, повинні відповідати технічним, економічним і санітарно-гігієнічним вимогам.



1 – джерело; 2 – водозабірні споруди; 3 – НС-1;  
 4.1 - очисні споруди природної води; 13 – вода, що скидається;  
 14 – ХВО; 15, 16 – споживачі води; 17 – шламове господарство

**Рисунок 1.6** – Безстічні системи технічного водопостачання

Переваги:

- висока екологічна чистота системи;

Недоліки:

- висока вартість споруд;
- більші експлуатаційні витрати.

У практиці часто зустрічаються *комбіновані системи водопостачання* з різними схемами залежно від специфіки виробництва, місцевих умов, та ін. [1].

Таким чином, вибір системи водопостачання залежить від виду джерела, якісних показників води та прийнятої схеми водопостачання.

#### **1.4 Класифікація систем водопостачання**

Режим споживання води, її кількість і вимоги до якості, типи споживачів і їх розміщення на місцевості, місцеві природні умови, економічні передумови, наявність будматеріалів і устаткування, наявність джерел водопостачання і їх продуктивність, а також якість води в них впливають на вибір системи водопостачання. Врахування даних факторів при проектуванні систем водопостачання дозволяє класифікувати системи водопостачання за наступними напрямками:

*По призначенню:*

- системи водопостачання населених місць (міст, селищ);
- системи виробничого водопостачання;
- системи сільськогосподарського водопостачання;
- системи протипожежного водопостачання;
- комбіновані системи водопостачання.

*По сфері обслуговування:*

- об'єднані;
- роздільні.

*По способу використання води:*

- системи прямооточного водопостачання (з однократним використанням води);
- системи оборотного водопостачання;
- системи з повторним використанням води.

*По способу подачі води:*

- самопливні (гравітаційні);
- з механізованою подачею води ( за допомогою насосів);
- зонні (в одні райони самопливом, в інші насосами).

*По характеру використовуваних природних джерел:*

- з поверхневих джерел;
- з підземних джерел;
- змішаного типу.

*Залежно від режиму водоспоживання, а також технологічних і протипожежних вимог:*

- тупікові;
- кільцеві;
- комбіновані;
- зонні.

*По виду об'єктів, що обслуговуються:*

- міські, промислові, сільськогосподарські, залізничні й ін.

*По способу доставки та розподілу води:*

- централізовані;
- децентралізовані;
- комбіновані.

Децентралізоване водопостачання великого населеного пункту не доцільно, однак особливий інтерес представляє спосіб децентралізованого водопостачання з бюветів і артезіанських свердловин, розміщених безпосередньо в житлових кварталах міста.

По ступеню надійності водопроводи підрозділяють на три категорії (табл. 1.1):

**Таблиця 1.1 – Категорія надійності подачі води**

Чисельність населення, тис. мешк.	Категорія надійності	Припустиме зниження подачі, %	Тривалість зниження подачі, доб.	Припустима перерва в подачі води
>50	I	30	3	10 хв
5–50	II	30	10	6 год
<5	III	30	15	24 год

### **1.5 Основні завдання диспетчеризації й структура диспетчерської служби**

Для забезпечення надійної й безперебійної експлуатації водогосподарчих об'єктів необхідна чітка координація та співпраця окремих складових елементів цих систем. Для цього застосовується єдина централізована система керування, забезпечувана диспетчерською службою (ДС).

Диспетчеризація – це централізація (концентрація) оперативного керування та контролю в руках однієї людини – диспетчера – для узгодження роботи окремих ланок, що становлять загальний виробничий комплекс мереж і

споруд. Залежно від ступеня автоматизації диспетчерського керування всі об'єкти систем водопостачання та водовідведення водогосподарчих об'єктів можуть бути розділені на три групи:

- повністю автоматизовані без диспетчерського керування агрегатами;
- повністю автоматизовані з дублюванням керування основних агрегатів з диспетчерського пункту;
- с частковою автоматизацією та диспетчерським керуванням основними агрегатами (можливо і неавтоматизоване диспетчерське керування).

У відповідності зі схемою систем водопостачання та водовідведення водогосподарчих об'єктів, їх технологічним процесом диспетчерська служба може бути:

- одноступінчастої, при якій є районний диспетчерський пункт (РДП), який оперативно керує роботою як усіх споруд і агрегатів, що входять у систему, так і мережею;
- двоступінчастої – із центральним диспетчерським пунктом (ЦДП) і місцевими диспетчерськими пунктами (МДП); місцеві диспетчерські пункти відають роботою окремих споруд, а ЦДП координує роботу МДП;
- триступінчаста, що включає ЦДП, районні диспетчерські пункти РДП, керовані ЦДП і МДП, що перебувають у веденні РДП.

Вибір схеми диспетчеризації залежить від місцевих умов і визначається схемою й масштабами водопостачання й каналізації. Одноступінчасту схему диспетчеризації застосовують у містах з малою довжиною мереж водопостачання та каналізації ( до 50 км), двоступінчасту – у містах з великою довжиною мереж. При довжині мережі 50-400 км організують ЦДП і місцеві диспетчерські пункти головних і інших споруд (МДПГС). При довжині більш 400 км організують місцеві диспетчерські пункти мережі МДПС.

ЦДП розташовується в центрі системи, наприклад, водопостачання, або на території головних споруд. Він оперативно управляє роботою всіх МДП, що входять у систему. МДП головних споруд розташовується на території головних споруд і здійснює керування та контроль роботи насосних станцій (першого і другого підйому) і очисних споруд, а також за рівнем води в резервуарах чистої води.

У двоступінчасту схему диспетчерського керування водо-господарських об'єктів великого міста, крім ЦДП, звичайно входять МДП районних насосних станцій перекачувань стічних вод і мережі, а також МДП головної насосної станції та очисних споруд. Триступінчаста схема диспетчерської служби застосовується у виняткових випадках для особливо великих міст і складних систем водопостачання, каналізації.

В останні роки впроваджені автоматизовані системи керування (АСК) на водогосподарчих об'єктах. В АСК застосовуються сучасні автоматичні засоби обробки даних за допомогою комп'ютерів, що дозволяють реєструвати, накопичувати та відображати інформацію і за допомогою економіко-математичних методів вирішувати основні завдання керування.

Різновидом АСК є автоматична система керування технологічними процесами (АСКТП), яка призначена для підвищення ефективності керування основною діяльністю об'єктів водопостачання та каналізації. Це завдання здійснюється шляхом оперативного контролю технологічних режимів підйому води, її обробки, подачі та розподілу або водовідведення та оптимального керування цими процесами з використанням засобів обчислювальної техніки.

В адміністративно-технічному відношенні диспетчер підкоряється начальникові об'єкта, а в оперативному відношенні диспетчерові вищої диспетчерської служби; остання повинна бути оснащена технічними засобами автоматичного керування, основними елементами споруд, а також телекеруванням і телесигналізацією, телевимірюванням, прямим телефонним зв'язком і дисплеями [1-3].

### **1.6 Лабораторія автоматики і контролю**

Контроль роботи, налагодження та ремонт приладів і апаратів автоматики, а також вимірювальних приладів у великих системах експлуатації водогосподарчих об'єктів здійснюються лабораторією автоматики та контролю (ЛАК). На дрібних підприємствах ЛАК не має (ці роботи поручаються на договірних засадах якої-небудь місцевої лабораторії). ЛАК організовує також капітальний і поточний ремонт, перевірку та налагодження приладів, проводить роботу із впровадження нових схем і апаратів, а також здійснює контроль над якістю та строками виконання цих робіт.

ЛАК повинна мати наступне встаткування: зразкові та контрольні прилади, а також переносні установки для перевірки та налагодження контрольних вимірювальних приладів і автоматичних регуляторів; стенди, обладнані контрольними приладами, для перевірки експлуатаційних приладів і настроювання автоматичних пристроїв; матеріали й інструменти для поточного й капітального ремонтів приладів і апаратури автоматів.

#### **Контрольні питання**

1. Система водопостачання, її основні елементи?
2. Основні схеми водопостачання населеного пункту, коротка характеристика їх.
3. Основні схеми водопостачання промпідприємства, коротка характеристика їх.
4. Прямочна схема водопостачання, її переваги та недоліки.
5. Система промислового водопостачання, класифікація.
6. Назвіть основні напрямки в класифікації систем водопостачання.
7. Категорії надійності подачі води.
8. Оперативний контроль при експлуатації водогосподарчих об'єктів.
9. Основні функції диспетчерської служби при експлуатації водогосподарчих об'єктів.
10. Лабораторія автоматики та контролю при експлуатації водогосподарчих об'єктів.

## ТЕМА 2 Ресурсосберегаючі технології при експлуатації систем водопостачання

Ресурсосберегаючі технології в процесах водопідготовки передбачають використання наступних основних методів інтенсифікації процесів очищення природних вод:

- реагентні методи;
- технологічні методи;
- фізичні методи;
- поліпшення гідравлічних і конструктивних умов процесу коагуляції.

### 2.1 Реагентні методи

До реагентних (хімічних) методів в основному відносять 3 групи методів, які коротко можна назвати: коагуляція, флокуляція, хімічне осадження, адсорбція.

#### 2.1.1 Коагуляція

Коагуляцією називають процес злипання твердих часток у момент їх зіткнення (рис. 2.1). Очищення води коагуляцією являє собою обробку води *реагентами* – *коагулянтами*, під дією яких дрібні частки забруднювачів укрупнюються, злипаються в пластівці. Коагуляція забезпечує ефективну подальшу затримку домішок механічними фільтрами або випадання домішок в осад.

Вибір коагулянту здійснюється з урахуванням складу води, величини рН, ступеня та характеру забруднення. Від цих параметрів залежить інтенсивність обробки та вибір коагулянту. Залежно від характеру забруднення може бути обраний той або інший мінеральний або органічний коагулянт.

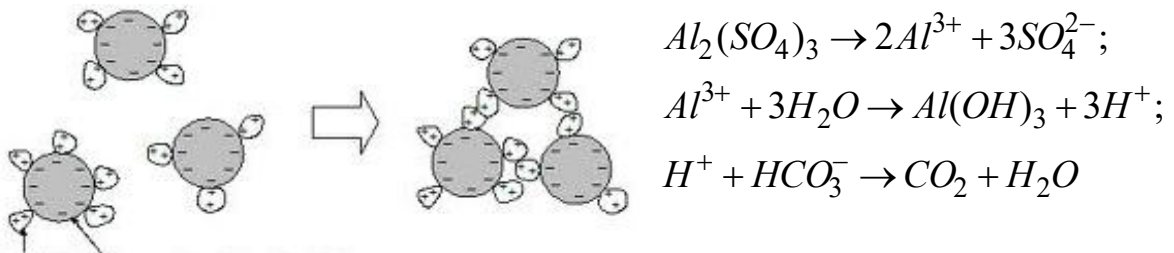


Рисунок 2.1 – Приклад процесу коагуляції (коагулянт сульфат алюмінію)

При недоліку лужності здійснюють підлуження вапняним розчином:

$$D_{щ} = K_{щ} \left( \frac{D_k}{e_k} - Щ_0 \right) + 1 \quad (2.1)$$

де  $D_k$  – максимальна, у період підлужування доза безводного коагулянту, мг/дм<sup>3</sup>;

$e_k$  – еквівалентна маса коагулянту (безводного), мг/ мг-екв, прийнята для сульфату алюмінію – 57, хлорного заліза (III) – 54, сульфату заліза (II) – 67;

$K_{щ}$  – коефіцієнт, рівний для вапна (по CaO) – 28, для соди (по Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) – 53;

$Щ_0$  – мінімальна лужність води, мг-екв/дм<sup>3</sup>.

При підготовці питної води найпоширеніші коагулянти на основі гідроксиду алюмінію. Хімічна формула –  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ .

*Економічний і соціальний ефект від заміни коагулянту сульфату алюмінію на гідроксихлорид алюмінію.*

- швидко і повно гідролізується в холодній воді, навіть, при температурі нижче 3 °С;
- як частково гідролізована сіль, гідроксихлориди алюмінію мають більшу здатність до полімеризації, яка прискорює процес пластівцеутворення і їх осадження;
- підтверджується робота гідроксихлоридів алюмінію в більш широкому в порівнянні із сульфатом алюмінію діапазоні рН;
- лужність води при коагуляції гідроксихлоридами алюмінію знижується суттєво менше, що веде до зниження корозійної активності води;
- осад, що утворюється при використанні гідроксихлоридів алюмінію, більш щільний і займає менший обсяг;
- фільтроцикл при використанні гідроксихлоридів алюмінію в багатьох випадках збільшується;
- гідроксихлориди алюмінію на відміну від сульфату алюмінію мають широкий діапазон оптимальних доз: передозування коагулянту не приводить до негативних наслідків – якість очищеної води залишиться високим;

*Коагулянт нового покоління ПОЛВАК*

Переваги коагулянту ПОЛВАК у порівнянні з коагулянтом сульфату алюмінію:

- прискорення утворення пластівців дозволяє знизити навантаження на фільтри і підвищити продуктивність очисних споруд;
- підтримка концентрації залишкового алюмінію в очищеній воді в межах, які відповідають вимогам нормативних документів України;
- збереження ефективної коагуляції при низьких температурах;
- розширення робочого діапазону по рН і лужному резерву, збереження цих показників на практично незмінному рівні;
- спрощення роботи через відсутність оптимальної дози;
- досягнення нормативних показників мутності і кольоровості при менших дозах коагулянту [1, 4];

#### 2.1.2 Флокуляція

Флокуляція – утворення пухких пластівчастих агрегатів (флокул) із дрібних часток дисперсної фази, що перебувають у завислому стані в рідкому або газовому середовищі (рис. 2.2). Флокуляція – різновид коагуляції. У рідких дисперсних системах (золях, суспензіях, емульсіях) флокуляція викликається спеціальними добавками – флокулянтами і реагентами.

*Флокулянти:*

1. Поліакриламід (ПАА);
2. Активна кремнієва кислота (АК);
3. «Magnaflok LT» і ін.



### *Синтетичний флокулянт «Magnaflok LT»*

- прискорення технологічного процесу;
- економія коагулянту – до 50 %;
- зниження змісту хлорорганічних сполук – до 40 %;
- зниження каламутності та забарвленості обробленої води в порівнянні з коагулянтом – до 40 %;

### 2.1.3 Адсорбція

Найбільше практичне значення має адсорбція поверхнево-активних речовин і адсорбція домішок з газу або рідини спеціальними високоефективними адсорбентами. У якості адсорбентів можуть виступати різноманітні матеріали з високою питомою поверхнею: пористий вуглець (найпоширеніша форма – активоване вугілля), силікагелі, цеоліти а також деякі інші групи природних мінералів і синтетичних речовин.

Адсорбцію широко застосовують для глибокого очищення стічних вод від розчинених органічних речовин після біохімічного очищення, а також у локальних установках, якщо концентрація цих речовин у воді невелика і вони біологічно не розкладаються або є сильнотоксичними.

Адсорбційне очищення вод може бути *регенеративним*, тобто з добуванням речовини з адсорбенту і його утилізацією, і *деструктивним*, при якій вилучені зі стічних вод речовини знищуються разом з адсорбентом. Ефективність адсорбційного очищення досягає 80-95 % і залежить від хімічної природи адсорбенту, величини адсорбційної поверхні і її доступності, від хімічної будови речовини і його стану в розчині.

## **2.2 Технологічні методи ресурсозберігаючих технологій систем водопостачання**

### 2.2.1 Класифікація технологічних методів

1. Регулювання величини рН води – підлужування;
2. Мінеральні замутиювачі – бентоніт;
3. Перемішування води з реагентами – можливість економії коагулянту до 20 %;
4. Фракціоноване коагулювання (додавання коагулянту декількома порціями) – зниження витрати коагулянту до 15 %, підвищення якості очищення води;
5. Концентроване коагулювання (додавання коагулянту в одну частину води, потім перемішування з іншим обсягом води);
6. Переривчасте коагулювання (чергування подачі коагулянту із припиненням подачі розчину коагулянту до 1 години [1, 3 ];

2.2.2 Характеристика технологічних методів ресурсозберігаючих технологій систем водопостачання та водовідведення.

#### *Регулювання величини рН води*

Широке застосування одержали лужні реагенти, а серед них вапно.

Гашене вапно дозують найчастіше у вигляді вапняного молока, що містить до 15 % CaO, але іноді використовують і насичені розчини (0,12-0,13 % CaO).

Для створення у воді додаткового лужного резерву і поліпшення коагулювання за рахунок механічних добавок, підлужуючі реагенти вводять перед коагулянтном.

#### *Мінеральні замутнювачі*

Найпоширеніший замутнювач – глини: монтморилоніт (*бентоніт*).

До переваг глин як замутнювачів відносять:

- ефективність при будь-яких значеннях рН;
- відсутність необхідності в додаткових реагентах;
- відсутність впливу на органолептичні показники якості води.

Другий за значенням замутнювач – *карбонат кальцію*, що полегшує пластівцеутворення не тільки за рахунок створення центрів конденсації твердої фази, але й за рахунок підвищення рН, особливо важливого для маломінералізованих вод. Карбонат кальцію (*кальцит*) дозують у вигляді тонкодисперсного порошку в кількостях від 12–18 до 240 мг/л.

#### *Перемішування води з реагентами*

У практиці очищення води коагулянтами розрізняють два режими перемішування: з великою інтенсивністю (*швидке перемішування*) і з малої (*повільне перемішування*). У першому режимі працюють пристрою, призначені для змішання розчинів реагентів з водою, у другому – камери пластівцеутворення.

#### *Фракціоноване коагулювання*

Фракціоноване коагулювання передбачає додавання розрахункової кількості коагулянту до води не однієї, а двома або декількома послідовними порціями.

Технологічний ефект, що досягається при фракціонуванні дози коагулянту, майже завжди пояснюють із кінетичної точки зору – утворенням у результаті гідролізу перших порцій коагулянту твердої фази, що виступає в ролі центрів пластівцеуворення при гідролізі наступних порцій коагулянту.

#### *Концентроване коагулювання*

Концентроване коагулювання полягає в дозуванні всієї необхідної кількості коагулянту лише в частині оброблюваної води. Після ретельного змішування з розчином коагулянту потік обробленої води поєднують (звичайно на початку камер пластівцеутворення) з іншим потоком води без коагулянту.

Переваги методу концентрованого коагулювання:

- розподіл усього коагулянту тільки в частині води створює умови для прискореного пластівцеутворення;
- після змішування з неопрацьованою водою пластівці, сформовані в умовах підвищеної концентрації коагулянту, добре видаляють водні домішки.

#### *Переривчасте (періодичне) коагулювання*

Цей вид коагулювання заснований на більш повному використанні властивостей продуктів гідролізу коагулянту. Він містить елементи методу концентрованого коагулювання та полягає в чергуванні періодів подачі в

оброблювану воду збільшених доз коагулянту з періодами повного припинення коагулювання.

Встановлено, що переривчасте коагулювання води при однаковій тривалості періодів «коагулювання» і «некоагулювання» – 0,5; 1 і 2 години – дозволяє при прямоточному фільтруванні знизити дозу сульфату алюмінію приблизно в 2 рази.

### **2.3 Фізичні методи ресурсозберігаючих технологій систем водопостачання**

Фізичні методи – безреагентні методи, що дозволяють інтенсифікувати процеси очищення води, зменшити витрата реагентів, знизити собівартість очищення води.

Поширення одержали:

- накладення електричного поля;
- накладення магнітного поля;
- електрокоагуляція.

#### **2.3.1 Накладення електричного поля**

Поширення одержала «коагуляція під струмом».

*Особливості «коагуляції під струмом»:*

1. У полі електричного струму прискорюються процеси формування і осадження коагульованої суспензії, отриманої при обробці сульфатом алюмінію каламутних вод; підвищується ступінь очищення води від органічних і неорганічних домішок фільтруванням. Зі збільшенням концентрації завислих речовин і ростом напруженості електричного поля ефективність обробки води підвищується [1, 2].

При накладенні електричного поля потреба в коагулянті знизилася на 30-40 %.

#### **2.3.2 Накладення магнітного поля**

Найбільше повно по цьому питанню виконані дослідження в ХНУМГ ім. О. М. Бекетова. Дослідження можна систематизувати в такий спосіб:

1. Під час відсутності коагулянту найбільший ефект виділення суспензії з води із загальним солевмістом 500–600 мг/дм<sup>3</sup> і лужністю 5,8–6,0 мг-екв/дм<sup>3</sup> після її обробки в 12-контурному магнітному генераторі (із чергуванням полярності контурів) досягається при напруженості магнітного поля близько 400 А/см протягом 0,6 с.

2. Спільне осадження карбонату кальцію і гідроокису магнію, що утворюються в ході вапняного пом'якшення води, прискорюється після проведення магнітної обробки води приблизно в 1,5 рази.

Оптимальні умови обробки: напруженість поля 200-300 А/см, швидкість руху води в робочому зазорі генератора 0,5 – 1,0 м/с.

3. Омагнічування змінює властивості продуктів гідролізу алюмінію й заліза:

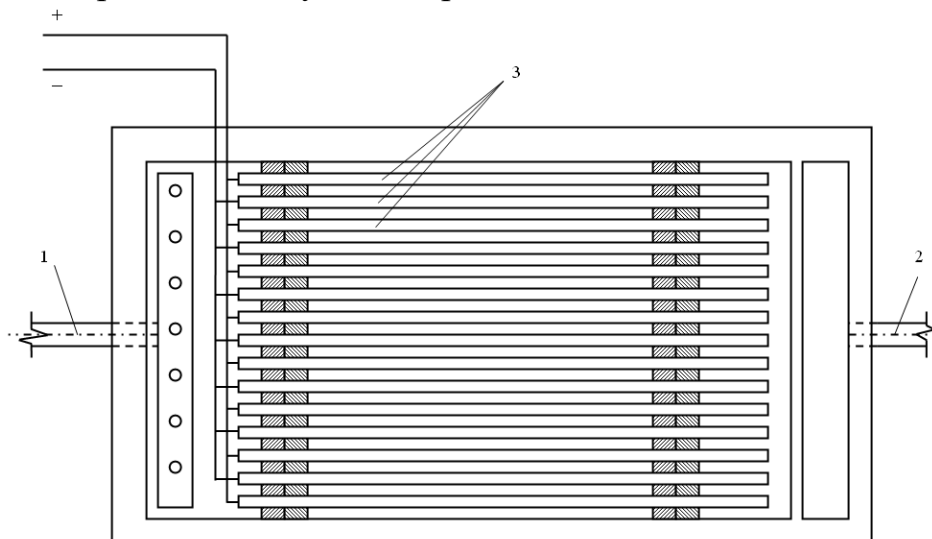
4. При очищенні вод, що містять мінеральні суспензії, магнітна обробка дає наступні переваги:

- викликає збільшення щільності гідравлічної крупності пластівців коагульованої суспензії;
- дозволяє підвищити продуктивність відстійників і освітлювачів зі завислим осадом;
- приводить до деякого зниження мутності проясненої води.

### 2.3.3 Електрокоагуляція

Електрокоагуляція (електрохімічне коагулювання) полягає в тому, що в оброблювану воду вводяться замість коагулянту іони важких металів, отримані електрохімічним шляхом. В основі електрокоагуляції лежить процес анодного розчинення металів під дією постійного електричного струму. Катіони  $Al^{3+}$  або  $Fe^{2+}$ , що перейшли в розчин гідролізуються та служать активними коагулянтами для домішок води.

Більшість апаратів для очищення води електрокоагуляцією являють собою безнапірні пластинчасті електролізери горизонтального або вертикального типу, у зазорах між якими протікає оброблювана вода або розчин електроліту (рис. 2.2). Для боротьби з пасивацією металів ( з метою зниження витрат електроенергії), а також для рівномірного зношування електродних пластин періодично роблять зміну їх полярності.



1 – підведення води; 2 – відведення води; 3 – пластини алюмінію або заліза

**Рисунок 2.2** – Електролізер для анодного розчинення алюмінію або заліза при електрохімічному коагулюванні

Крім електрокоагуляторів із пластинчастими електродами робилися спроби застосувати для цілей очищення води коагулятори зі стружечними електродами – відходом металообробки. Перевага металевої стружки полягає в більшій площі поверхні.

Метод електрокоагуляції забезпечує високий ефект видалення з води забруднень у вигляді суспензій (мінерального, органічного й біологічного походження), колоїдів (з'єднань заліза, речовин, що обумовлюють кольоровість

води, і т.д.), а також окремих речовин, що перебувають у молекулярному й іонному стані.

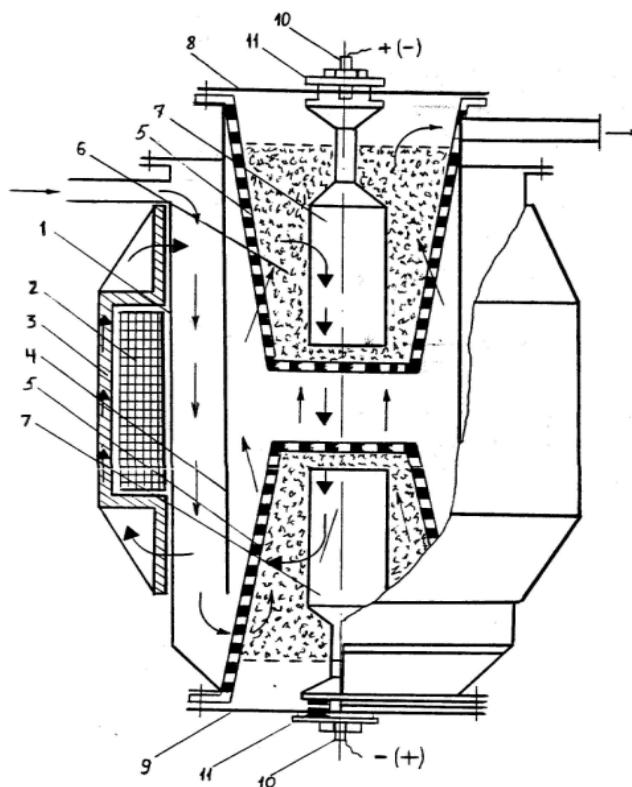
Метод електрохімічної коагуляції придатний при обробці малих обсягів води, будучи особливо зручним для невеликих об'єктів і станцій малої продуктивності.

Для зниження витрати електроенергії бажане приймати: щільність струму не вище  $10 \text{ A/m}^2$ , відстань між пластинами не більш 20 мм і швидкість руху води між пластинами не менш 0,5 м/с.

#### 2.3.4 Апарати для активації водно-дисперсних систем

Для активування розчинів реагентів розроблені спеціальні установки, що передбачають послідовну і одночасну активацію вихідного розчину коагулянту магнітним полем і насичення його анодно-розчиненим залізом [1, 4].

Конструктивна схема активатора реагентів, що передбачає одночасний вплив на вихідний розчин магнітного поля й електрокоагуляцію, наведено на рисунку 2.4.



- 1 – корпус; 2 – електромагнітна котушка; 3 – кожух магнітопроводу;  
4 – розділовий діамантний циліндр; 5 – перфоровані склянки;  
6 – сталеві стружки; 7 – сердечник-електрод; 8, 9 – верхній і нижній фланець; 10 – клемма; 11 – ізолююча втулка

**Рисунок 2.4** – Конструктивна схема активатора розчинів реагентів:

Пристрій для активації розчинів реагентів, що передбачає послідовну обробку вихідного розчину коагулянту магнітним полем і електрокоагуляцію ,

складається із двох послідовно з'єднаних апаратів: магнітного активатора й електрокоагулятора.

2.4.1 Гідравлічні і конструктивні умови підвищення ефективності очищення природних і стічних вод

*Дренажно-розподільна система швидких фільтрів*

Для інтенсифікації роботи дренажно-розподільних систем швидких фільтрів можна використовувати трубофільтри, це дозволяє:

- зменшити витрата промивної води на 10-25 %;
- знизити витрати на ремонт і реконструкцію фільтрів;
- інтенсифікувати процес водоповітряного промивання;
- виключити винос фільтруючого завантаження з очищеною водою в 5-10 раз;
- відсутність підтримуючих шарів гравію дозволяє побільшати висоту й обсяг фільтруючих матеріалів;
- рівномірний розподіл промивної вод виключаючи утворення «застійних» зон завантаження, що збільшує корисну продуктивність фільтрів на 5-10 %.

Конструктивно трубофільтр являє собою дві вкладені один в одного труби з повітряним зазором між ними. Зовнішня волокнисто-пориста труба виготовляється з поліетилену високого тиску, внутрішня перфорована труба виготовляється з поліетилену низького тиску (ПНД) або ПВХ.

*Біоплато для очищення природних вод*

*Біоплато* – це комбінація вищої водної рослинності (очерет), водної мікрофлори та ґрунтово-пісчаних фільтрів, що забезпечує використання природних механізмів очищення води.

Біоплато застосовується:

- Для очищення природних вод з метою підготовки питної води для селищ і сіл, кемпінгів і готелів, будинків індивідуальної забудови, ферм і невеликих підприємств.

Біоплато використовується при:

- Вмісті завислих речовин у вихідній воді – до 50 мг/дм<sup>3</sup>;
- кольоровості вихідної води – до 50 град.

Ефективність очищення на біоплато становить:

- зниження вмісту завислих речовин – у середньому 95,23 %;
- зниження бактеріального забруднення – 99,92 %

2.4.2 Технологічні особливості використання аерування для інтенсифікації очищення вод

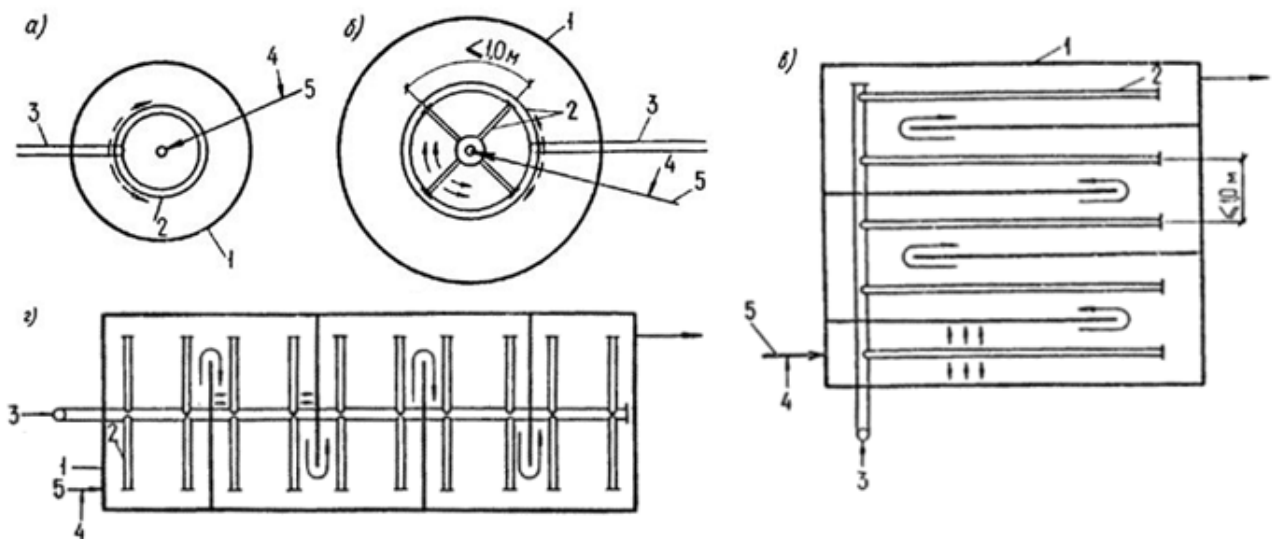
При обробці природних вод у процесі гідролізу коагулянту утворюється значна кількість вільної вуглекислоти, що втримується головним чином у газовій фазі внаслідок її малої розчинності. На початковій стадії коагуляції завислих речовин при розвиненій поверхні твердої і газової фаз відбувається інтенсивна адсорбція дрібних пухирців вуглекислоти на поверхню мікропластівців

скоагульованої суспензії. У результаті утворюється осад неміцної, пухкої структури.

Своєчасне видалення вуглекислоти зі сфери утворення мікропластівців, що досягається за рахунок аерації води, значно інтенсифікує процес коагуляції. Аерація сприяє кращому гідравлічному перемішуванню води з коагулянтном на стадії схованої коагуляції. Метод із застосуванням аерації може бути рекомендований при обробці води з підвищеною каламутністю і забарвленістю з метою інтенсифікації роботи споруд, економії коагулянту та підвищення якості проясненої води за органолептичними показниками (запаху, присмаку, насиченню киснем).

Схема трубчастого аератора залежить від конструкції змішувача й умов його експлуатації (рис. 2.5).

Для забезпечення рівномірності розподілу повітря дірчасті труби аератора потрібно розташовувати суворо горизонтально. На схемі *a* (рис 2.5) представлений кільцевий трубчастий аератор, який слід застосовувати для змішувачів вихрового типу. При більших розмірах перетину змішувача (у плані) доцільно кільцеву трубу доповнити радіальними трубами, як показано на схемі *б*. Схеми *в* і *г* застосовують при влаштуванні аераторів у перегородчастих змішувачах.



1 - корпус змішувача; 2 - дірчасті відгалуження для розподілу повітря; 3 - магістраль (колектор) для подачі повітря; 4 - подача коагулянту; 5 - подача води

**Рисунок 2.5** – Трубчасті аератори

### *Аераційні системи*

Основні витрати на біологічне очищення стоків (в аеротенках) припадає на електроенергію. Заробітна плата, ремонт устаткування, витрати на зміст будинків компресорної, як правило значне менше цих витрат. Висока витрата електроенергії обумовлена більшою витратою повітря на аерацію. Зменшення витрати повітря на 1 м<sup>3</sup> стоків – найбільш ефективний шлях зниження собівартості очищення. Усі відомі системи аерації, які застосовуються в будь-

яких конструкціях аеротенків, повинні вирішувати два основні завдання: виключити дефіцит кисню й виключити випадання активного мулу в зоні аерації.

Аерація буває безнапірна й напірна:

Система аерації глибинно-напірного типу заснована на подачі в аеротенк повітря струменями.

Насичення повітрям води відбувається в аераторі розташованому над поверхнею води, після чого водо-повітряна суміш подається по трубопроводу в низ аеротенка під певним кутом, створюючи необхідний напрямок руху рідини.

#### 2.4.3 Очищення стічних вод за допомогою мембранних модулів

Мембрани, як і інші фільтруючі матеріали, можна розглядати як напівпроникні середовища: вони пропускають воду, але не пропускають, деякі домішки. Однак якщо звичайне фільтрування застосовують для видалення з води щодо великих дисперсних колоїдних домішок, то мембранні технології – для вилучення дрібних колоїдних часток, а також розчинених сполук. Для цього мембрани повинні мати пори дуже малого розміру.

Основна відмінність мембран від звичайних фільтруючих середовищ полягає в тому, що вони тонкі домішки, що відокремлюються, затримуються не в обсязі, а тільки на поверхні мембрани [4].

### **Контрольні питання**

1. Класифікація ресурсозберігаючих технологій.
2. Характеристика реагентних методів очищення води.
3. Економічний і соціальний ефект від заміни коагулянту сульфату алюмінію на гідроксихлорид алюмінію.
4. Коагулянти та флокулянти нового покоління, характеристика їх.
5. Регулювання величини рН води з метою зменшення дози реагентів.
6. Галузь застосування та переваги мінеральних замутивачів.
7. Характеристика факторів, що поліпшують процес коагуляції при очищенні природних вод.
8. Фракціоноване, концентроване, переривчасте (періодичне) коагулювання, область застосування.
9. Класифікація фізичних методів очищення води.
10. Аерація як засіб інтенсифікації процесу коагуляції природних вод.
11. Біоплато для очищення природних вод, ефективність роботи.

## **ТЕМА 3 Аварійні ситуації в системах водовідведення**

### **3.1 Основні положення**

Системою водовідведення міста називається комплекс інженерних споруд, призначених для збору, видалення та очищення стічних вод, що утворюються в результаті життєдіяльності людей і на промислових підприємствах. Система



водовідведення – галузь житлово-комунального господарства, що вирішує питання забезпечення та постійного поліпшення санітарного стану міст і населених пунктів, охорону навколишнього середовища.

Скидання стічних вод допустимо лише за умови дотримання існуючих нормативів для даного виду стічних вод і потужності водного джерела.

У результаті використання води людиною в побуті та на виробництві та при транспортуванні відходів вона змінює свої фізичні та хімічні властивості та утворює стічну рідину. За походженням та характером забруднення всі стічні води міст і населених пунктів, а також промислових підприємств можна розділити на три групи: побутові (господарсько-фекальні); виробничі, атмосферні (дощові).

*Побутові стічні води* утворюються з вод, що надходять від раковин, умивальників, ванн, кранів, а також з лазень, пралень, душових і води від миття підлог (господарські води). Крім того, у цю групу входять води, що надходять від вбиралень, тобто забруднених фізіологічними відходами життєдіяльності людини (фекальні води). Побутові стічні води відносять до групи найбільш забруднених. Вони містять мінеральні та органічні забруднення.

Основну масу забруднень становлять органічні речовини рослинного та тваринного походження, що містять біогенні елементи: вуглець, азот, фосфор, сірку та ін. Це найнебезпечніша в епідеміологічному відношенні частина забруднень із різними бактеріями та біологічними агентами.

*Виробничі стічні води* різноманітні за складом та концентрацією забруднень. Забруднювачами виробничих стічних вод є відходи та втрати виробництва. Концентрація і якість забруднювачів у стічній воді перебувають у тісній залежності від виду виробництва, вихідної сировини та реагентів, що використовуються у технологічному процесі.

Виробничі стічні води за складом розділяють на три групи: з мінеральними забрудненнями, з органічними сполуками; змішані забруднення (органічні та мінеральні).

Інші види виробничих стічних вод можуть бути відведені в міську систему водовідведення, за умови відповідності наступним вимогам:

- не містять речовин та домішок, які можуть засмітити водовідвідну мережу або відкlastися на дні та стінках трубопроводів;
- не мають руйнуючої дії на матеріал труб та споруди міської каналізації;
- не містять горючих та газоподібних речовин;
- температура виробничих стічних вод не перевищує 40 °С.

*Атмосферні (дощові) води* утворюються від випадання дощу (або танення снігу) та змивають забруднення з поверхні території міста або промислового підприємства.

На деяких промислових підприємствах дощові води відводяться разом з промисловими (виробничими), бо мають однакові забруднення.

Для стічних вод, що рухаються по каналізаційних трубах, характерні гнильні процеси. При цьому виникають анаеробні умови, деякі фахівці [4, 6] вважають, що вони в основному присутні в біоплівці на стінках каналізаційних труб, згідно інших джерел [4] бактерії циклу сірки перебувають у шарі осаду, що накопичується в лотковій частині труб і в слизу, що перебуває під водою.

Вважається, що величина БПК визначає можливу кількість сірководню, процес утворення якого активно протікає при  $\text{pH} = 5,5\text{--}8,5$  та температурі  $15\text{--}38$  °С.

Математичне моделювання та зіставлення результатів теоретичних досліджень із роботами закордонних учених дозволило авторам даного навчального посібника сформулювати загальні рекомендації для конструювання каналізаційних трубопроводів, спрямованих на підвищення їх довговічності:

- мінімізувати довжину трубопроводів та час перебування в них стічних вод, тобто збільшити швидкість руху води, виключити септичні умови в резервуарах,
- зменшити турбулентність потоку в місцях підключення напірних трубопроводів до самопливних колекторів;
- можливість періодичного змочування водою всієї поверхні колектора.

Розв'язання цих питань у практичному плані дозволяє зменшити корозію бетону, яка відбувається під дією сірководневої або сірчаної кислоти.

Захист від корозії може відбуватися в декількох напрямках: запобігання або мінімізація утворення сірководню, зведення до мінімуму окиснення сірководню в сірчану кислоту; вибір будівельних матеріалів і захисних покриттів, стійких до дії кислот, розрідження газового середовища за рахунок примусової вентиляції.

Загальновідомо, що всі характеристики об'єкта, його вартість, терміни будівництва, надійність і експлуатаційні показники закладаються на стадії проекту. Якість проекту, у свою чергу, визначається рівнем нормативно-технічної бази. У цей час основним регулюючим проектування й будівництво каналізаційних мереж документом є ДБН В.2.5-75:2013 «Каналізація. Зовнішні мережі і споруди» [5]. Однак із усіх питань, пов'язаних з надійністю й довговічністю мережі, посилаються на інший документ, ДБН Д.2.2-13-99 «Захист будівельних конструкцій від корозії» [6].

Даний документ [5] не містить розділу по каналізаційних трубопроводах, тому їх захист регламентується за аналогією із трубопроводами іншого призначення. Тому єдиним нормативно закріпленим в літературі способом є вентиляція мереж, яка ефективна тільки в обмеженому числі випадків.

Нормальний стан каналізаційних мереж і споруд на них щодня контролює обхідник водопровідно-каналізаційної мережі.

На підставі зовнішнього та технічного оглядів каналізаційної мережі обслуговуючий персонал складає дефектні відомості та кошторисно-технічну документацію по проведенню поточного та капітального ремонтів.

### **3.2 Основні види робіт з технічного обслуговування водогосподарчих об'єктів**

Роботи з технічного обслуговування водогосподарчих об'єктів підрозділяються на два види: поточний і капітальний ремонт.

Поточний ремонт передбачає проведення робіт із систематичного захисту частин споруд та устаткування від передчасного зношування шляхом здійснення профілактичних заходів і усунення незначних ушкоджень.

Витрати на поточний ремонт відносять на експлуатаційні витрати підприємства.

Поточний ремонт виконують регулярно протягом року по графіках, складених службами експлуатації підприємства на підставі результатів оглядів, а також заявок працівників, відповідальних за експлуатацію.

В обсяг поточного ремонту включають:

- профілактичні роботи, заплановані заздалегідь;
- додаткові роботи, потреба в яких виникла в процесі експлуатації (непередбачені роботи, аварійний ремонт).

Ремонтні роботи в обсязі поточного ремонту, які виконуються при капітальному ремонті, здійснюються за рахунок засобів на капітальний ремонт.

Поточний ремонт здійснюється силами ремонтних цехів або постійних ремонтно-будівельних бригад, експлуатаційним персоналом, ремонтно-будівельними або іншими організаціями.

Капітальний ремонт будов, споруд і встаткування здійснюється по річних планах підрядними ремонтно-будівельними або іншими спеціалізованими організаціями або ремонтними бригадами підприємств.

До робіт, які виконуються за рахунок засобів капітального ремонту, можуть бути віднесені:

- пусконаладжувальні роботи з установки приладів обліку та вимірювання необхідних параметрів технологічних процесів;
- роботи з автоматизації та переходу на дистанційне керування виробничими процесами;
- налагоджувальні роботи, проведені з метою інтенсифікації й оптимізації технологічного режиму;

- роботи з реконструкції, розширення, благоустрою та технічному переозброєнню, відновленню устаткування, які замінюють капремонт і підвищують експлуатаційну ефективність;
- роботи з перекладки ділянок зношених труб;
- роботи із захисту від корозії трубопроводів і інших інженерних споруд.

### 3.3 Структурна схема ремонтного циклу водогосподарчих об'єктів

Ремонтний цикл при технологічному обслуговуванні водогосподарчих об'єктів (Ц) – це проміжок часу між капітальними ремонтами.

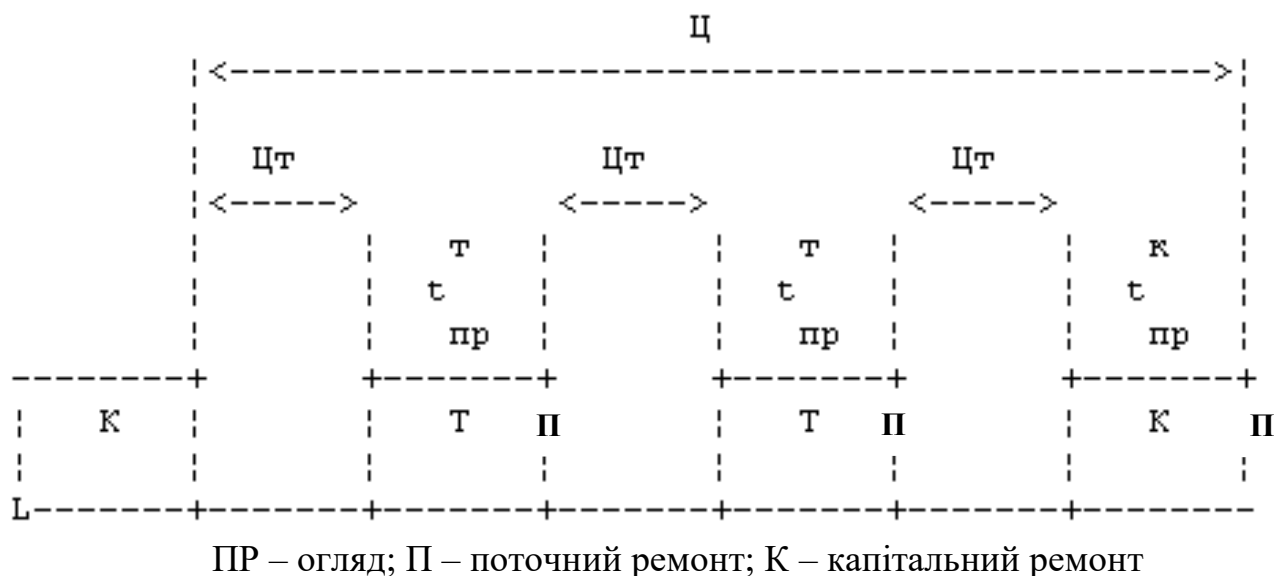
Міжремонтний період (МП) – проміжок часу між двома поточними плановими ремонтами або між поточним і капітальним ремонтом [7, 8].

Тривалість ремонтного циклу (рис 3.1) можна визначити за формулою:

$$Ц = \sum Ц_m + \sum t_{np}^m + \sum t_{np}^k, \quad (3.1)$$

де  $\sum t_{np}^m$  – час простою в поточному ремонті;

$\sum t_{np}^k$  – час простою в капітальному ремонті.



**Рисунок 3.1** – Структурна схема ремонтного циклу водогосподарчих об'єктів:

### 3.4 Аварійний ремонт мережі

До аварійного ремонту мережі відносяться роботи з ліквідації пошкоджень мережі та інші термінові непередбачені роботи, спрямовані на забезпечення режиму нормального водопостачання.

Правилами технічної експлуатації встановлене, що ушкодження та непередбачені порушення в роботі трубопроводів і споруд, що викликають повне або часткове припинення подачі води споживачам у період ліквідації пошкодження класифікують як аварії.

Для забезпечення негайної локалізації пошкоджень і виконання аварійного ремонту мережі при службі мережі створюють ремонтно-аварійні бригади із цілодобовим чергуванням (включаючи і святкові дні).

Кожна аварійна бригада повинна складатися як мінімум з 3 людей, включаючи бригадира або старшого слюсаря, що є відповідальним по бригаді.

Аварійні бригади перебувають у підпорядкуванні чергового диспетчера ремонтно-експлуатаційної ділянки (РЕД) або міста (ЦДП) і діють за його вказівкою.

До ліквідації глобальних аварій із проведенням трудомістких відновлювальних робіт повинні залучатися бригади профілактичного ремонту та будівельні організації.

Для виконання аварійних робіт чергові бригади повинні бути забезпечено двома автомашинами:

- спеціальною аварійно-ремонтною, обладнаною механізованим насосом, вентилятором, електростанцією та зварювальним апаратом і призначеною для термінових виїздів за викликом та для ліквідації незначних пошкоджень мережі;

Заступаючи на чергування, бригадир аварійної бригади зобов'язаний перевірити наявність та справність оснащення аварійної автомашини незалежно від того, де він приймає автомашину - на експлуатаційній ділянці або на місці робіт. Несправний інструмент та устаткування необхідно замінити.

Перед виїздом на роботи, пов'язані з можливим вимиканням мережі, відповідальний по бригаді одержує в диспетчера планшет або схему мережі з розташуванням колодязів, засувок і будинкових приєднань.

При експлуатаційній ділянці повинен бути організований склад із запасом труб, фасонних частин, водопровідної арматур, лісу, огорожень, цегли, цементу та ін.

Для максимальної оперативності відновлення ушкодженої мережі повинен бути створений «аварійний фонд» матеріалів, арматури та виробів.

Нерідко нормальна експлуатація водовідвідної мережі порушується через дефекти будівництва, недотримання окремими абонентами правил користування каналізацією й ін., що призводить до раптових аварій. Тільки в м. Харків щорічно фіксується до 30 великих аварій на водовідвідних мережах міської каналізації [8] з виконанням складних аварійно-відбудовних робіт.

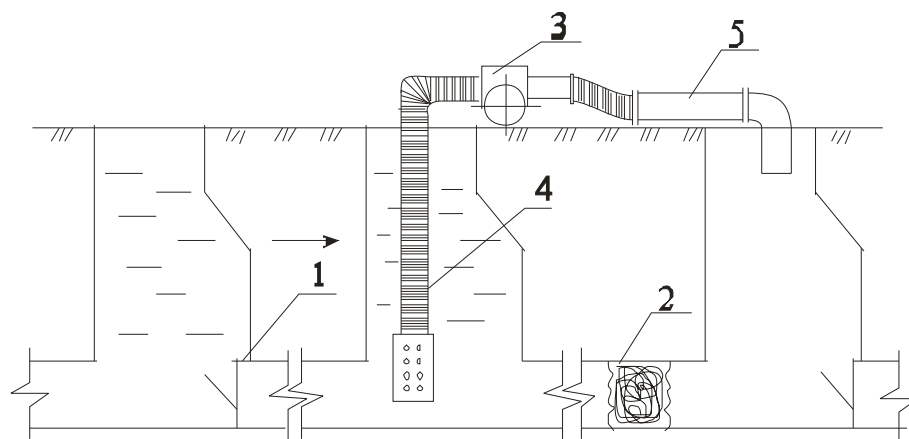
Основні причини таких аварій:

- осідання труб і колодязів, обумовлене дефектами проектування та будівництва (неякісне закладення стиків та укладання трубопроводів, монтаж колодязів і ін.);
- стирання лотків трубопроводів при підвищених швидкостях плинущі стічних вод із твердими речовинами;
- руйнування труб під дією зовнішніх навантажень (насипний ґрунт, транспорт);
- руйнування трубопроводів від корозії внаслідок агресивної дії стічних вод і блукаючих струмів.

Як правило, мережі каналізації – тупикові та аварія на одній з ділянок виключає з роботи всі мережі, приєднані до цієї ділянки, тому на період ліквідації аварії звичайно забезпечують тимчасовий режим роботи каналізаційної мережі в обхід аварійної ділянки. Необхідні для цього заходу:

- попередження абонентів про тимчасове (на період відбудовних робіт) зменшення подачі води;
- організація робіт у нічний час (у годину найменшого водоспоживання);
- влаштування обвідної лінії та тимчасового перекачування стічних вод в обхід аварійної ділянки.

Після закінчення підготовчих робіт відключають ділянку, що ремонтується. Для цього у вище- і нижче розташованих колодязях встановлюють спеціальні «пробки» (рис. 3.2), вид, розміри яких залежать від діаметра мережі, габаритних розмірів колодязів, часу виконання робіт і інших умов. «Пробки» бувають металеві, дерев'яні, пневматичні, встановлюють їх з поверхні землі або з колодязів.



1 – щитові пробки; 2 – засмічення; 3 – насос;  
4 – усмоктувальний рукав; 5 – тимчасовий трубопровід

**Рисунок 3.2** – Схема усунення засмічення в трубопроводі способом зворотного тиску

Після ліквідації аварії приступають до відновлення роботи мережі в наступній послідовності: «пробку» знімають у нижньому колодязі, потім у верхньому. Переконавшись у нормальній роботі трубопроводу, відключають і демонтують тимчасову установку водозниження, якщо вона є, і засипають трубопровід.

Потрібно пам'ятати, що аварійно-відбудовні роботи на мережах каналізації виконують, як правило, без ретельно розробленого проекту.

### Контрольні питання

1. Розміщення водовідвідних мереж у плані міста.
2. Вплив глибини промерзання ґрунту на глибину закладення каналізаційних мереж.

3. Санітарні вимоги до влаштування міських водовідвідних мереж.
4. Вентиляція каналізаційної мережі.
5. Діагностика каналізаційних мереж.
6. Основні положення планово-запобіжних робіт на каналізаційній мережі.
7. Організація диспетчерської служби.
8. Засмічення на каналізаційній мережі, усунення їх.
9. Основні фактори, що впливають на надійність і довговічність водовідвідних мереж.
10. Заходи, що підвищують надійність, що відводять каналізаційних мереж.
11. Основні способи промивання каналізаційної мережі.
12. Основні причини аварій на водовідвідних мережах.

## **ТЕМА 4 Шляхи ресурсозбереження в системах водовідведення, санація систем водовідведення**

### **4.1 Ретехнологізація**

Ретехнологізація - це комплекс заходів, що передбачає заміну частини існуючих технологій водопідготовки (очищення води), морально і (або) фізично застарілих, на сучасні технології з метою якісної зміни показників очищення. Метою ретехнологізації очисних споруд водовідведення є досягнення нормативних показників якості очищення води, що скидається у водний об'єкт.

Як правило, ретехнологізація пов'язана з екологічними вимогами. У ряді випадків існуючі споруди не виконують природоохоронних вимог у межах запроектованих технологій. Але існує можливість провести ретехнологізацію цих споруд і тим самим досягти якісно нових показників очищення.

Охорона навколишнього середовища вимагає впровадження високоефективних систем захисту водойм від забруднень, у тому числі вдосконалювання способів очищення стічних вод.

Основними факторами, що впливають на ретехнологізацію очисних станцій є: ріст населення або промисловості в межах існуючого району, підключення нових каналізаційних районів, підвищення вимог до якості очищення стічних вод, високі експлуатаційні витрати, фізичне спрацювання устаткування та споруд [4, 8].

### **4.2 Елементи програми ре технологізації**

До основних елементів програми ретехнологізації відносять наступні пункти:

1. Опис існуючого положення, характеристики потоків, споруд і устаткування.
2. Визначення існуючих проблем, які повинні бути вирішені шляхом реконструкції, включаючи проблеми продуктивності, застарілого обладнання та споруд. Виділення проблем, які можуть бути вирішені шляхом ретехнологізації.

3. Оцінка майбутніх навантажень, потоків і вимог до якості очищених стічних вод на найближчі 5-20 років. Узгодження з генеральним планом розвитку населеного пункту.
4. Оцінка проблем обробки осадів стічних вод і способів їх утилізації.
5. Оцінка альтернативних методів для вирішення основних проблем.
6. Визначення нових об'єктів будівництва.
7. Вибір варіантів конкретного устаткування, визначення експлуатаційних параметрів (витрата повітря, електроенергії і т.п.).
8. Оцінка екологічних наслідків ретехнологізації, вирішення проблем якості води.
9. Оцінка капітальних і експлуатаційних витрат.

### **4.3 Складання балансових схем очищення стічних вод**

Матеріальний баланс – головний інструмент для розуміння функціонування станції та можливостей її ретехнологізації. У процесі роботи матеріальний баланс потрібний для проведення попереднього кількісного аналізу технологічної схеми, виявлення недоліків і можливості підвищення ефективності очищення. При розробці технічних рекомендацій матеріальний баланс повинен бути першим проектним документом. Матеріальний баланс також є основою для контролю та керування.

Розрізняють наступні матеріальні баланси при обґрунтуванні технологічних схем очищення стічних вод:

- баланс гідравлічних потоків (баланс по воді);
- матеріальний баланс первинних відстійників;
- матеріальний баланс за активним мулом.

#### *Баланс гідравлічних потоків (баланс по воді)*

Для більшості очисних споруд такий баланс можна скласти, хоча із значною похибкою.

При складанні балансової схеми гідравлічних потоків слід ураховувати, що витрата стічних вод, що надходять, за звичай, вимірюється перед первинними відстійниками (у деяких випадках – після вторинних відстійників), а маса або обсяг збезводненого осаду вимірюються умовно, залежно від методу видалення осадів з відстійників, технології зневоднювання та способу утилізації осаду.

#### *Матеріальний баланс первинних відстійників*

При розрахунках матеріального балансу первинних відстійників, як правило, відомі концентрація завислих речовин у стічній рідині після піскоуловлювачів і після первинних відстійників, витрата стічних вод після піскоуловлювачів і витрата первинного осаду.

#### *Матеріальний баланс за активним мулом*

Матеріальний баланс за активним мулом може бути складений різними методами.

Баланс активного мулу на основі експериментальних даних скласти неможливо, тому що кількість надлишкового мулу одержують шляхом конверсії органічної речовини.



Ретехнологізації зазнають наступні вузли:

- вузол механічного очищення;
- вузол «нормалізації» стічних вод;
- вузол біологічного очищення;
- вузол доочищення стічних вод;
- вузол обробки та утилізації осаду стічних вод.

#### **4.4 Основні недоліки існуючої технологічної схеми очищення стічних вод**

- Застарілі проектні рішення, які не здатні забезпечити зростаючі вимоги, що висуваються до якості очищення стічних вод.

- Застарілі конструкції та устаткування, неякісне будівництво ОС. Конструкційні недоліки окремих споруд, що перешкоджають досягненню проектних показників і обмежують можливості реконструкції, у першу чергу, аеротенків, відстійників і споруд доочищення. Зношування технологічного устаткування.

- Невідповідність умов експлуатації вимогам проекту: недовантаження стічними водами, чи перевантаження забруднюючими речовинами.

- Гідравлічна нерівномірність подачі стічних вод на станцію та окремі споруди, неузгоджена пропускна здатність споруд і комунікацій, нерівномірний розподіл потоків між паралельно працюючими спорудами: відстійниками, аеротенками та ін.

- Специфічний склад стічних вод. Відсутність локального очищення на ряді підприємств міста. Недотримання вимог скидання промислових стічних вод у міську каналізацію.

- Відсутність ефективного механічного очищення (на решітках і в піскоуловлювачах).

- Проблеми з активним мулом, які визначають недоліки роботи споруд біологічного очищення – спухання мулу.

- Проблеми, пов'язані зі зневоднюванням осаду, недостатнім ступенем очищення стічних вод, негативним впливом фугатів і фільтратів, промивних і мулових вод, що мають високі концентрації біогенних елементів, суспензій і органічних забруднень, на процеси біологічного очищення.

- Відсутність ефективних приладів контролю та обліку технологічних параметрів.

#### **4.5 Ретехнологізація очищення стічних вод при видаленні фосфору й біогенних елементів**

Поширення одержали наступні методи ретехнологізації:

1. Фізико-хімічні методи видалення фосфору зі стічної рідини;
2. Біологічні методи видалення фосфору зі стічної рідини;
3. Комбіновані методи видалення фосфору зі стічної рідини;
4. Застосування активованих розчинів коагулянту.

##### **4.5.1 Фізико-хімічні методи видалення фосфору зі стічної рідини**

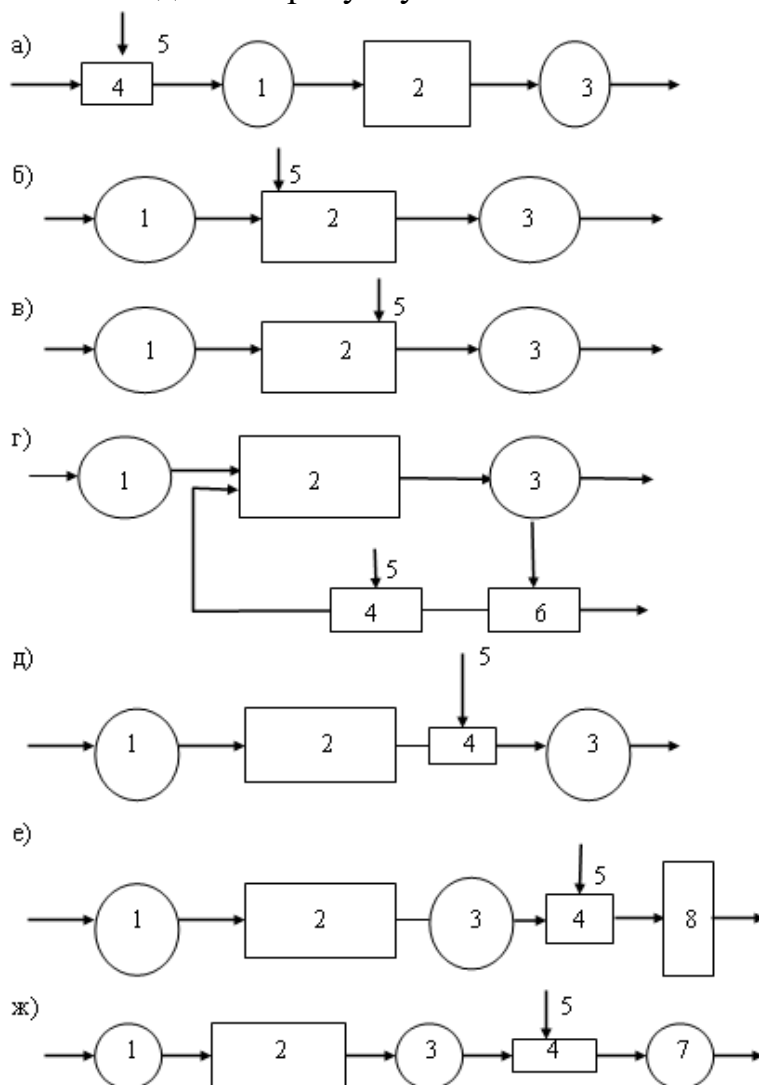
До фізико-хімічних методів видалення фосфору відносять: адсорбцію, гальванокоагуляцію, метод кристалізації, у магнітному полі та реагентний. При адсорбційному методі очищення фосфор поглинається поверхнею адсорбенту.

При гальванокоагуляції сполуки фосфору видаляються зі стічних вод при використанні алюмінієвих і залізних електродів.

Метод кристалізації заснований на вирощуванні кристалів фосфатів у стічних водах на центрах кристалізації з наступним їхнім видаленням із системи. Кристалізація здійснюється на фільтрах або у завислому шарі.

При видаленні сполук фосфору в магнітному полі фосфати зв'язують реагентом у нерозчинні сполуки, далі вводять магнітний матеріал і впливають магнітним полем, у результаті чого виділяється осад, що містить фосфати [4].

Основні технологічні схеми для очищення стічних вод від фосфору із застосуванням реагентів наведено на рисунку 4.1.



1 – первинний відстійник; 2 – аеротенк; 3 – вторинний відстійник; 4 – змішувач;  
5 – реагенти; 6 – насосна станція; 7 – відстійник фізико-хімічного очищення;  
8 – фільтр

**Рисунок 4.1** – Основні технологічні схеми

Технологічна схема фізико-хімічного очищення стічних вод (а) – передбачає введення реагенту перед біологічним очищенням (перед первинним відстійником). Завдяки цьому знижується навантаження на аераційні споруди, за рахунок коагуляції та сорбції видаляються важкі метали, нафтопродукти, підвищується ефективність нітрифікації. Але в даній технології утворюється велика кількість осаду, ускладнюється процес денітрифікації через недостатній зміст вуглецю, а також дуже важко дозувати реагент через відсутність вимірювальних приладів при вимірюванні вмісту фосфору.

Інша технологія застосування реагентів – симультанне осадження (б, в, г). Завдяки циркуляції з активним мулом підвищується ступінь використання реагенту. Якість очищеної води по загальному фосфору залежить від вмісту завислих речовин. За даною схемою фосфор віддаляється також за рахунок мікробіальної асиміляції.

При введенні реагенту перед вторинними відстійниками (д) його потрібно приблизно на 30 % менше, ніж при введенні в аеротенк. За даною схемою фосфор видаляється до 80-85 %. Однак при введенні реагенту перед вторинними відстійниками спостерігається понаднормативний вміст іонів заліза.

Технологічна схема з використанням реагентів безпосередньо перед фільтром з підвищеною брудоемністю (е). У цьому випадку реагент може дозуватися безпосередньо в трубопровід, що подає воду на фільтр. Схема дозволяє забезпечити високу якість стоку, що очищається, зменшити кількість реагенту, але вимагає значних витрат на влаштування вузла фільтрування та приготування регенераційних розчинів.

Технологічна схема із застосуванням вапна в комбінації із флокулянтами для інтенсифікації процесу осадження (ж). У цьому випадку забезпечується досить високий ефект очищення за фосфором, зменшується кількість реагенту у порівнянні з попередніми схемами. До недоліків даної схеми слід віднести необхідність влаштування окремої стадії обробки.

Видалення фосфору хімічними та фізико-хімічними способами в цей час обмежене. Ці методи мають ряд недоліків: висока вартість реагентів, необхідних для застосування цих методів; вторинні забруднення, що утворюються після застосування коагулянту.

Біологічні методи видалення біогенних елементів зі стічних вод у порівнянні з фізико-хімічними методами є екологічно чистими та більш дешевими, бо виключають застосування реагентів.

#### 4.5.2 Біологічні методи видалення фосфору зі стічної рідини

Основна увага в цей час приділяється процесам, які здатні одночасно видаляти зі стічних вод фосфор і азот. З урахуванням екологічних факторів таким методом є біологічний метод видалення азоту та фосфору. Суть біологічного методу - стічна рідина проходить послідовно три зони: анаеробну, безкисневу та аеробну.

Одним з основних методів біологічного вилучення фосфору є метод з анаеробною обробкою зворотного рециркулюючого активного мулу, застосування такої технології дозволяє вилучати фосфати з ефективністю

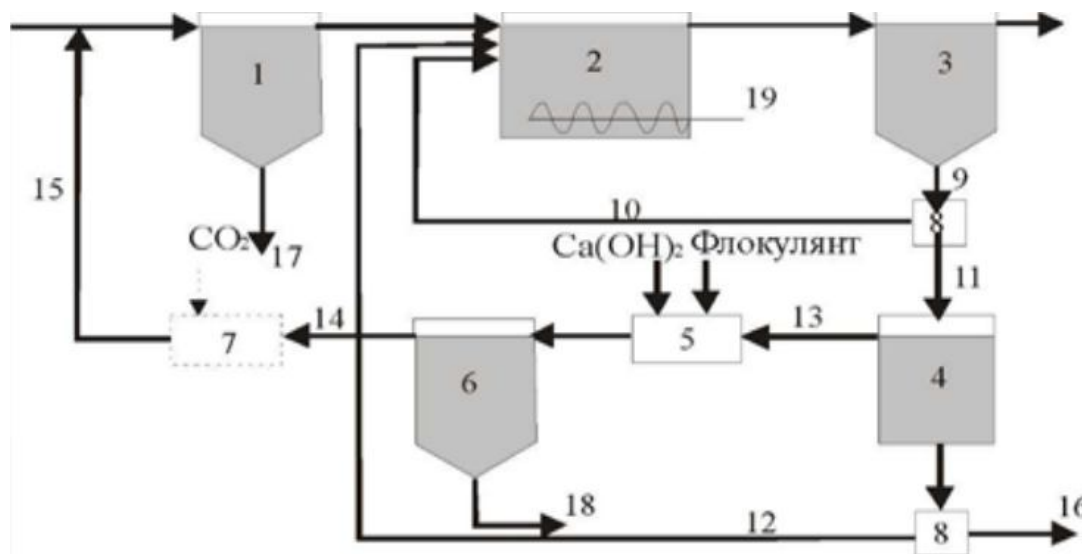
приблизно 90 %. У даній системі видалення фосфору відбувається з надлишковим мулом і муловою водою, що утворюється в спорудах для анаеробної обробки мулу.

Сьогодні на практиці застосовуються різні схеми, що поєднують у собі біологічний процес і хімічне осадження. Таке сполучення процесів дозволяє досягти кращого результату ніж при застосуванні одного з них.

#### 4.5.3 Комбіновані методи видалення фосфору зі стічної рідини

Для детального вивчення методу розглянемо схему, наведену на рисунку

4.2.



1 – первинний відстійник, 2 – аеротенк, 3 – вторинний відстійник, 4 – споруди для вивільнення фосфору (мулоущільнювач), камера реакції і змішування, 6 – відстійник фізико-хімічного очищення, 7 – карбонізатор, 8 – насосна станція, 9 – циркулюючий і надлишковий активний мул, 10 – циркулюючий активний мул, 11 – не ущільнений циркулюючий і надлишковий активний мул, 12 – ущільнений активний мул з низьким вмістом фосфору, 13 – мулова вода, збагачена фосфором, 14 – мулова вода, звільнена від фосфору, 15 – мулова вода на повторне очищення, 16 – ущільнений надлишковий активний мул, 17 – осад із первинного відстійника, 18 – осад, що містить  $\text{Ca}_5\text{OH}(\text{PO}_4)_3$  і  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , 19 – повітря.

**Рисунок 4.2** – Комбінований метод видалення біогенних елементів

Комбінований метод заснований на здатності мікроорганізмів активного мулу в анаеробних умовах виділяти в навколишнє середовище фосфор.

За цією схемою стічна рідина проходить повне біологічне очищення, а більша частина мулової суміші, збагачена фосфат іонами, направляється в споруди (найчастіше мулоущільнювач), де перебуває в анаеробних умовах протягом 10-30 годин.

Для інтенсифікації процесів мулорозділення в мулоущільнювачі передбачається перемішування. При згущенні циркулюючого активного мулу в

анаеробних умовах мулова вода збагачується фосфат іонами, а активний мул втрачає фосфор.

Ущільнений активний мул повертається в аеротенк, де в присутності підживлюючого субстрата, що надходить зі стічною рідиною і розчиненого кисню починає поглинати фосфор. Мулова вода з мулоущільнювача, збагачена фосфатами потрапляє у відстійник фізико-хімічного очищення та обробляється вапном з метою осадження кристалів солі ортофосфорної кислоти. В результаті утворюються важкорозчинні сполуки:  $\text{Ca}_5\text{OH}(\text{PO}_4)_3$ , а також двоосновна сіль ортофосфат магнію  $\text{MgNH}_4(\text{PO}_4)\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ .

Витрата вапна залежить від значень рН мулової води, що надходить з мулоущільнювачів на фізико-хімічне очищення та необхідного ефекту видалення фосфору зі стічної рідини.

Таким чином, основними перевагами комбінованого методу є:

- високий ефект очищення;
- можливість застосування на діючих ОС з додатковим будівництвом окремих вузлів і нових станціях будь-якої продуктивності;
- кількість реагентів у порівнянні з фізико-хімічним методом значно менше, тому що витрата мулової води скорочується в 3 – 4 рази;
- у результаті очищення утворюється кальцій-фосфоровмісний осад, який може бути використаний у якості добрива.

#### 4.5.4 Застосування активованих розчинів коагулянту

При використанні хімічних методів обробки стічних вод іони коагулянту взаємодіють із розчинними солями ортофосфорної кислоти, внаслідок чого відбувається утворення дрібнодисперсного колоїдного осаду фосфату. У той же час хімічний реагент реагує з лугами, що утримуються у воді, утворюючи осад з великих пластівців. Цей осад викликає коагуляцію дрібнодисперсного колоїдного осаду фосфату та завислих речовин, а також адсорбує деяку частину органічних сполук, що містять фосфор.

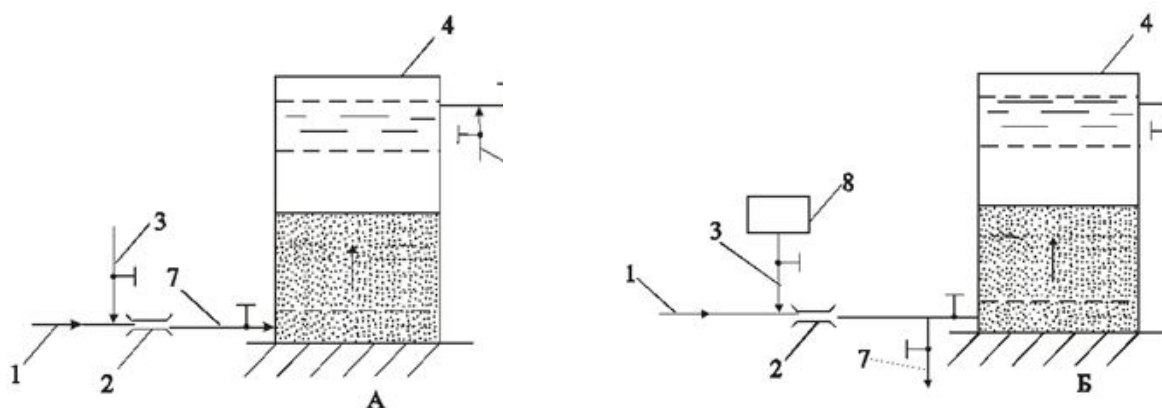
У ХНУМГ ім. О. М. Бекетова розроблений метод інтенсифікації процесів дефосфатації стічних вод за допомогою активованого розчину коагулянту [1].

Ефективність очищення стічних вод від завислих речовин, а, відповідно, від сполук фосфору, при використанні активованого розчину коагулянту залежить значною мірою від параметрів активації розчину коагулянту (реагенти – сульфат алюмінію та хлорид заліза (III)): напруженості магнітного поля та вмісту анодно-розчиненого заліза в розчині коагулянту.

При вивченні впливу активованого розчину коагулянту сульфату алюмінію на процес видалення сполук фосфору з біологічно очищених стічних (рис. 4.3) вод параметри активації перебувають у межах: напруженість магнітного поля – 175–1250 кА/м, вміст анодно-розчиненого заліза в розчині коагулянту – 10,5–23,3 мг/дм<sup>3</sup>.

При вивченні впливу активованого розчину коагулянту хлориду заліза (III) на процес видалення сполук фосфору з біологічно очищених стічних вод оптимальні параметри активації перебували в таких межах: напруженість

магнітного поля – 150–1150 кА/м, вміст анодно-розчиненого заліза в розчині коагулянту – 12,2–34,8 мг/дм<sup>3</sup>.



А – I технологічна лінія; Б - II технологічна лінія

1 – біологічно очищена стічна вода після вторинних відстійників; 2 – змішувач;  
3 – трубопровід розчину коагулянту; 4 – контактний освітлювач; 5 – відведення фільтрату;  
6 – підведення промивної води; 7 – відведення промивної води;  
8 – активатор коагулянтів

**Рисунок 4.3** – Схема пілотної установки доочищення стічних вод від біогенних елементів:

Збільшення ступеня ефективності роботи контактних освітлювачів пілотної установки при застосуванні активованих розчинів коагулянтів наведено в таблиці 4.1.

**Таблиця 4.1** – Підвищення ефективності роботи контактних освітлювачів при заданих параметрах активації

Найменування показників	Покращення показників	
	Розчин сульфату алюмінію	Розчин хлориду заліза (III)
Параметри активації:		
- напруженість магнітного поля, кА/м;	825	725
- вміст анодно-розчиненого заліза, мг/дм <sup>3</sup>	18,6	28,6
Зниження дози коагулянту (рахуючи на товарний продукт)	21,8	24,7
Якість фільтрату:	32,8	30,3
- каламутність фільтрату;		
- вміст фосфатів	25,1	25,1
Збільшення тривалості фільтроциклу	30	

Підвищення продуктивності контактних освітлювачів	20-25
---	-------

#### 4.6 Санація каналізаційних мереж

Санація каналізаційних мереж в умовах міської забудови є актуальним вирішенням проблеми реконструкції трубопроводів. Санація трубопроводів у порівнянні з відкритими методами прокладання вимагає менше фінансових затрат, зменшується термін проведення робіт, при цьому мінімізуються ускладнення для руху пішоходів і транспорту.

Після санації трубопровід має покращені експлуатаційні характеристики:

- виключається утворення відкладень і корозії на внутрішній поверхні труби;

- відновлюються гідравлічні характеристики трубопроводу;

- збільшується термін служби існуючого трубопроводу.

Санацію проводять за наступними технологіями:

1. Нанесення внутрішнього покриття;
2. Методом панчохи/рукава;
3. Методом протягання «труба в трубі»;
4. Методом руйнування зі збільшенням діаметра.

Технологія санації методом нанесення внутрішнього покриття включає наступні етапи:

- розкриття трубопроводу з вирізкою технологічних лазів;
- телеінспекційне обстеження робототехнічним комплексом внутрішнього стану трубопроводу;
- прочищення трубопроводу;
- телеінспекційне обстеження після прочищення трубопроводу;
- нанесення внутрішнього покриття;
- телеінспекційне обстеження трубопроводу;
- заварка технологічних лазів.

При проведенні робіт із санації трубопроводів методом нанесення внутрішнього покриття одним з найважливіших завдань є підготовка поверхні труби перед санацією, яка повинна бути ідеально чистою. Після чого, визначивши вид, товщину, хімічний склад наростів і місцеві умови експлуатації трубопроводу, визначають оптимальну технологію очищення.

Виділяють механічне та гідравлічне очищення.

Роботи можна робити як через наявні колодязі до діаметра трубопроводу 600 мм, так і через котловани. Максимальна відстань прямолінійної ділянки за одну проходку може досягати 150 м.

Останнім часом набула популярності так звана «no dig» технологія, яка передбачає проведення робіт без розриту. Зокрема, ефективним є метод «панчохи», коли у трубопровід, який підлягає ремонту, вставляється спеціальний рукав «панчоха» із синтетичної повсті, просоченої смолою, яка згодом затвердіває. Можливі діаметри для санації даним методом від 100 мм до 1600 мм.

Схожу технологію має метод із застосуванням полімерного рукава.

Проведення санації способом «труба в трубі» передбачає протягування нової труби у вже існуючу.

Якщо даний метод не дозволить створити потрібного напору в ділянці, що ремонтується трубопроводу, або потрібне збільшення діаметра, застосовується санація з руйнуванням старої труби (реновація). Проведення санації в таких випадках здійснюється статичним виламуванням старого трубопроводу. Цей спосіб відмінно зарекомендував себе при роботі в складних гідрогеологічних умовах, при безпосередній близькості від ремонтваної ділянки, що ремонтується інших комунікацій і будівель.

Ділянка труби, що руйнується, повинна бути прямолінійною.

### **Контрольні питання**

1. Визначення ретехнологізації, основні етапи;
2. Фактори, що впливають на реконструкцію очисних споруд.
3. Характеристика показників стічних вод, від якої залежить
4. Причини неефективного очищення стічних вод на спорудах.
5. Складання балансової схеми очищення стічних вод.
6. Класифікація методів дефосфатації стічних вод.
7. Фізико-хімічні методи видалення фосфору зі стічної рідини.
8. Біологічні методи видалення фосфору зі стічної рідини.
9. Комбіновані методи видалення фосфору зі стічної рідини.
10. Основні технологічні схеми дефосфатації з використанням реагентів.
11. Санація систем водопостачання та водовідведення водогосподарчих об'єктів.



## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Душкин С. С. Разработка научных основ ресурсосберегающих технологий подготовки экологически чистой питьевой воды : монография / С. С. Душкин, Г. И. Благодарная. – Харьков : ХНАГХ, 2009. – 95 с.
2. Повышение эффективности работы сооружений при очистке питьевой воды : монография / С. М. Эпоян, Г. И. Благодарная, С. С. Душкин, В. А. Сташук. – Харьков : ХНАГХ, 2013. – 190 с.
3. Ресурсосберегающие технологии очистки сточных вод : монография / С. С. Душкин, А. Н. Коваленко, М. В. Дегтярь, Т. А. Шевченко. – Харків : ХНАГХ, 2011. – 146 с.
4. Утечки воды с водопроводной сети и мероприятия по обеспечению надежности водораспределительной системы : учеб. пособие / С. С. Душкин, Г. И. Благодарная, Н. М. Яковенко, О. Н. Кудлач. – Харьков, 2012. – 176 с.
5. ДБН В.2.5-75:2013 Каналізація. Зовнішні мережі і споруди. Вперше ; чинний від 2014-01-01. – Київ : 2013. – 116 с.
6. ДБН Д.2.2-13-99 Захист будівельних конструкцій від корозії. Вперше ; чинний від 2014-01-01 – Київ : 2013. – 102 с.
7. Положення про проведення планово-попереджувальних ремонтів на підприємствах водопровідно-каналізаційного господарства України / Державний комітет України по житлово-комунальному господарству. – Київ, 1997. – 67 с.
8. Експлуатація систем водопостачання й каналізації : довідник / [П. Д. Хоружий, А. А. Ткачук і ін.]. – Київ : Будівельник, 1993. - 232 с.

*Навчальне видання*

**ДУШКІН** Станіслав Станіславович,

**ДЕГТЯР** Марія Володимирівна

**ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ СПОРУД І ОБЛАДНАННЯ  
СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ**

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ**

*(для аспірантів денної форми навчання освітньо-наукової програми підготовки доктори філософії за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія освітньої програми «Раціональне використання й охорона водних ресурсів»)*

Відповідальний за випуск *Г. І. Благодарна*

*За авторською редакцією*

Комп'ютерне верстання *С. С. Душкін*

План 2018, поз. 92Л.

---

Підп. до друку 13.02.2018. Формат 60 × 84/16

Друк на ризографі. Ум. друк. арк. 2,4

Тираж 50 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач:

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

Електронна адреса: [rectorat@kname.edu.ua](mailto:rectorat@kname.edu.ua)

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017.