

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

Кафедра Гідравліка та водопостачання

**ДИПЛОМНА РОБОТА**  
на здобуття кваліфікаційного ступеня «магістр»

Галузь знань 19 Архітектура та будівництво  
Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія  
Спеціалізація Водопостачання та водовідведення  
Тема Використання міських стічних вод  
для технічного водопостачання

Керівник магістерської роботи  
Студент

проф. Біляєв М.М.  
Мостовий Олександр Анатолійович

Дніпро  
2020 р.

## Зміст

### Введення

#### 1. Аналітичний огляд

##### 1.1. Характеристика обраного технологічного процесу

##### 1.2. Аналіз літературних джерел з обраної проблеми

#### 2. Технологічна частина

##### 2.1. Характеристика хімічного цеху

##### 2.2. Вихідні і допоміжні матеріали виробництва

##### 2.3. Обґрунтування обраного способу виробництва

##### 2.4. Фізико-хімічні основи процесу водопідготовки

##### 2.5. Опис технологічної схеми ВПУ

##### 2.5.1. Склад системи ВПУ

##### 2.5.2. Експлуатаційні обмеження

##### 2.5.3. Третій ступінь ВПУ

##### 2.5.4. Опис роботи ВПУ

##### 2.6. Ефективність роботи хімводоочищення НВ АЕС

##### 2.7. Характеристика і принцип дії іонічного параллельноточного фільтра I ступеню ФІПаІ - 2,6 - 0,6

##### 2.8. Технологічний розрахунок Н-катіонного фільтра I ступеню

#### 3. Екологічна частина

##### 3.1. Коротка характеристика речовин, що надходять в навколишнє середовище на даному виробництві

##### 3.2. Екологічний контроль виробництва

##### 3.3. Заходи щодо зниження рівня скидання забруднюючих речовин в навколишнє середовище і вплив викидів на здоров'я людини

#### 4. Охорона праці і техніка безпеки

#### 5. Аналітичний контроль виробництва

#### 6. Теоретичні дослідження

### Висновок

### Список використаних джерел

## АНОТАЦІЯ

На АЕС широко використовуються води для охолодження ряду споруд, як правило це води з водоймищ. Тобто, має місце суттєве антропогенне навантаження на природні водоймища. Пропонується використовувати на АЕС міські стічні води для технічного водопостачання спеціального обладнання. Використання цих вод потребує додаткового очищення на АЕС. В роботі розглядається очистка стічних вод на АЕС.

**Мета роботи** – очистка міських стічних вод для використання на підприємстві .

**Об'єкт дослідження** – стічні води.

**Предмет дослідження** – процес очистки стічних вод.

**Методи дослідження** – інженерні методики.

**Ключові слова** – стічні води, очистка стічних вод, інженерні методики.

## Abstract

At NPPs, water is widely used to cool a number of structures, usually water from reservoirs. That is, there is a significant anthropogenic load on natural reservoirs. It is proposed to use municipal wastewater at the NPP for technical water supply of special equipment. The use of these waters requires additional treatment at NPPs. The paper considers wastewater treatment at NPPs.

The purpose of the work is to treat urban wastewater for use at the enterprise.

**The object of study** - wastewater.

**The subject of research** - the process of wastewater treatment.

**Research methods** - engineering techniques.

**Key words** - wastewater, wastewater treatment, engineering techniques.

## Вступ

Технологічний прогрес в науці і техніці призвів до розвитку такої специфічної галузі хімічної технології, як обробка води на теплових і атомних електростанціях (ТЕС і АЕС). Більшість технологічних процесів обробки вод різних типів, в тому числі і стічних, не відносяться до розряду нової техніки, а відомі і використовуються порівняно давно, постійно видозмінюючись і вдосконалюючись.

Для справжнього періоду характерно поступове перетворення даної галузі технології в науку, що спирається не тільки на емпіричне опис тих чи інших процесів і апаратів, а й на їх теоретичний розрахунок. В першу чергу слід назвати такі, найбільш важливі з точки зору отримання води високого ступеня чистоти процеси, як сорбція, іонний обмін і очищення води від зважених домішок методом фільтрування.

В роботі розглядається використання міських стічних вод для технічного водопостачання на АЕС. Новим технологічним процесом є видалення зважених і розчинених домішок води на так званих наливних фільтрах.

Характерною особливістю існуючого в більшості промислово розвинених країн рівня технічного розвитку є безперервне зростання дефіциту прісної води як джерела водопостачання. У зв'язку з цим застосовуються методи обробки води повинні бути придатними також для обробки високомінералізованих, в тому числі морських вод. Характерним для цієї галузі технології опріснення води є використання поряд зі старим методом застосування випарників деяких нових методів. З них слід відзначити мембранні методи обробки високо мінералізованих вод, до числа яких належить метод гіперфільтрації (зворотний осмос) і електродіаліз.

Важливу роль в технології очищення води на ТЕС і АЕС відіграють процеси видалення розчинених газів як методом десорбції (термічна деаерація), так і з використанням окисно-відновних процесів (хімічна знекиснення води, знекиснення на редоксітах).

Природна вода, яку поділяє умовно на атмосферну (дощ, туман, сніг), поверхневу (ріки, озера, ставки), підземну (артезіанські свердловини, шахтні колодязі) і солону (моря, океани), завжди містить різні домішки. Характер і кількість що містяться у воді домішок визначають якість води, тобто характеризують можливість використання її

для різних цілей в промисловості і в побуті. Домішки надходять у воду, що знаходиться в природному кругообігу, з навколишнього її середовища.

Таким чином, розробка технології водопідготовки є актуальним завданням проектування.

## **1. Характеристика обраного технологічного процесу**

Вибираємо цех водопідготовки. Основою цього цеху є водопідготовчі (ВПУ).

Водопідготовча установка НВ АЕС призначена для глибокого знесолення міських стічних вод з метою отримання хімобессоленной води відповідно до показників якості, передбаченими відповідною нормативно-технічною документацією.

Хімобессоленной вода використовується при заповненні перших і других контурів після зупинок (якщо при зупинці потрібно дренажування обладнання), для поповнення втрат теплоносія другого контуру, регенерації та отмивок систем очищення станційних вод, приготуванні розчинів реагентів, а також при протіканні технологічних циклів допоміжних систем АЕС.

### **1.2. Аналіз літературних джерел з обраної проблеми**

Знесолення міських стічних вод включає в себе два основних процеси: попередню обробку з метою видалення механічних домішок і подальшу очищення її методом іонного обміну.

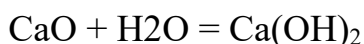
При попередньому очищенні (передочистку) води здійснюється перший етап приготування додаткової води для живлення парових котлів, випарників та інших генераторів пара - видаляються з води що містяться в ній Грубодисперсні (зважені), колоїдні домішки, а також деяка частина розчинених (іонних) домішок. Що залишилися в воді після попереднього очищення шкідливі домішки - переважно іонного характеру - видаляються в процесі другого етапу обробки (зазвичай пом'якшення) і іонітних або термічного знесолення води.

Видалення домішок в процесі очистки здійснюється: додаванням осаджувальних реагентів з остаточним висвітленням води в механічних фільтрах або простим відстоюванням.

Продукти обробки води (відходи) являють собою тверді речовини, практично нерозчинні у воді, одержувані у вигляді водних суспензій (шламів).

Реагенти, що використовуються при попередньому очищенні: сода, вапно, їдкий натр, коагулянти, флокулянти.

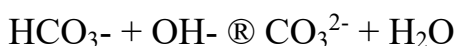
Вапнування води застосовується для зниження лужності, жорсткості, сухого залишку води, її освітлення, зниження концентрації сполук заліза, органічних сполук. Вапнування полягає в дозуванні в оброблювану воду суспензії вапна, при гасінні якої відбувається гідратація  $\text{CaO}$ :



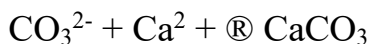
Наступна стадія реакції - дисоціація  $\text{Ca(OH)}_2$ :



і зв'язування розчиненого у воді вуглекислого газу з утворенням двокарбонатний і карбонатних іонів:



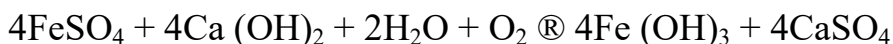
Карбонатні іони взаємодіють з присутніми в розчині  $\text{Ca}^{2+}$ , і при підвищенні твори розчинності  $\text{CaCO}_3$ , що утворюється карбонат кальцію випадає в осад:



Якщо вапна дозується більше, ніж витрачається на зв'язування  $\text{CO}_2$  і взаємодія з  $\text{HCO}_3^-$ , підвищується твір розчинності  $\text{Mg(OH)}_2$  з випаданням його в осад і зниженням магнієвою жорсткості води:



Для якнайшвидшого осадження що випадають в осад  $\text{CaCO}_3$  та  $\text{Mg(OH)}_2$  в вапнувати воду дозують коагулянт (частіше сірчаноокисле закисне залізо  $\text{FeSO}_4$ ). При коагуляції в умовах вапнування води:



Доза, що вводиться коагулянту визначається експериментально і становить 0,25 - 0,75 мг-екв / л. Отже, попереднє очищення здійснюють коагуляцією води або очищенням її в механічних фільтрах. Очищення води від розчинених домішок здійснюється іонообмінними методами за допомогою фільтруючих матеріалів - іонітів і мембранними методами: обратноосмотичні і електродіалізім.

Знесолення води методом зворотного осмосу засноване на проходженні молекул води через напівпроникну мембрану, повністю або частково затримують молекули або іони розчинених речовин під дією тиску, що перевищує осмотичний.

Рухлива сила зворотного осмосу - градієнт тиску  $DP$ :

$$DP = P - (\Pi_1 - \Pi_2),$$

де  $P$  - робочий тиск оброблюваної води;

$\Pi_1$  - осмотичний тиск оброблюваної води;

$\Pi_2$  - осмотичний тиск обробленої води.

Осмотичний тиск залежить від концентрації розчиненого речовини і його природи. Застосовують мембрани на полімерній (поліамідної) основі. Мембранна плівка - це активний поверхневий шар товщиною 0,25 - 0,5 мкм, нанесений на інертну підкладку товщиною 100 - 200 мкм. Ефективність знесолення води зворотним осмосом становить 90 - 99%.

Електродіалітичним знесолення води засноване на видаленні з води іонів розчинених солей за допомогою електричного поля. Під дією постійного електричного струму в розчині виникає рух катіонів - до катода, а аніонів - до анода. На шляху руху іонів встановлюють мембрани іонообмінні, катіонітових і аніонітових, пропускають тільки один вид іонів. В результаті компоненти розчину розподіляються по трьох камерах, в камерах, що прилягають до електродів, концентрація збільшується, а в центральній - зменшується. Ефективність знесолення прісних вод цим методом становить 30 - 50%.

## **2. Технологічна частина**

### **2.1. Характеристика хімічного цеху**

Хімічний цех є самостійним структурним підрозділом Запорізької атомної електростанції. За своїм завданням і функціям відноситься до основних цехах станції.

Хімічний цех підпорядкований директору та головному інженеру.

Свою роботу хімцех будує у відповідності з перспективними і поточними виробничими планами НВ АЕС; графіками ремонтів устаткування енергоблоків і хімічного цеху.

Основні завдання хімічного цеху:

Забезпечення виконання плану виробництва електроенергії і графіків навантаження підтриманням нормального водно - хімічного режиму роботи обладнання АЕС;

Забезпечення постачання енергоблоків хімобессоленної водою;

Забезпечення ядерної, радіаційної, пожежної безпеки, захисту персоналу і навколишнього середовища від шкідливого впливу виробництва при експлуатації закріпленого за хімцехом обладнання;

Забезпечення надійної та економічної роботи устаткування, закріпленого за хімцехом.

Функції хімічного цеху:

Керівництво веденням водно - хімічного режиму основних систем АЕС і контроль за ними;

Експлуатаційне обслуговування станційної хімводоочищення, систем, закріплених за хімцехом;

Попередження аварій і відмов у роботі обладнання цеху і ліквідація їх наслідків;

Забезпечення своєчасної підготовки обладнання хімцеха до ремонтів і якісного приймання його після ремонтів, вироблених ремонтним персоналом інших цехів АЕС і підрядних організацій;

Участь у внутрішніх оглядах теплоенергетичного і водопідготовчого обладнання для виявлення його стану щодо корозії, утворення накипу і відкладень, контроль складу відкладень і видача висновків;

Участь в розслідуванні аварій і неполадок, пов'язаних з воднохімічним режимом;

Здійснення фізико-хімічного контролю за якістю енергетичних масел, газів, реагентів;

Здійснення контролю поверхонь обладнання на чистоту;

Забезпечення необхідного рівня кваліфікації персоналу цеху;

Виконання заходів з цивільної оборони;

Постановка належного обліку та звітності в виробничо - господарської діяльності цеху.

## **2.2. Вихідні і допоміжні матеріали виробництва**



В якості вихідної сировини в даному виробництві використовується вода річки Дніпро.



Водопідготовча установка АЕС призначена для глибокого знесолення початкової води річки Дон, з метою отримання хімобессоленної води з електропровідністю не більше 0,3 мкСм / см відповідно до показників якості, передбаченими відповідною нормативно-технічною документацією.

Основним матеріалом для освітлення води є  $Al_2(SO_4)_3$ , за допомогою якого здійснюється коагуляція. В якості фільтруючого матеріалу в механічних фільтрах використовують сульфоуголь.

Н - катіонітових фільтри (КФ) I і II ступеня завантажені катіонітів КУ-2-8 (катионит універсальний другий модифікації, 8 - ступінь зшивання: стирол і дівінілбензол).

Аніонітових фільтри (АФ) I ступеня завантажені слабоосновним макропористі аніонитом АН-31.

В АФ II ступеню завантажують сильноосновним аніонитом АВ-17-8.

Фільтри змішаної дії (ФСД) завантажені сільноосновним катіонітів КУ-2-8 і сільноосновним аніонітом АВ-17-8 в об'ємному співвідношенні 1: 1.

### 2.3. Обґрунтування обраного способу виробництва

На вибір способу виробництва впливають такі фактори: якість природної води і те, які потрібно отримати показники знесоленої води.

Через якостей і властивостей природної води економічно обґрунтована коагуляція.

### 2.4. Фізико-хімічні основи процесу водопідготовки

Знесолення природної води здійснюється шляхом попередньої обробки води з метою видалення механічних домішок і очищення її методом іонного обміну.

Коагуляція води:

Для інтенсифікації процесів осадження грубодисперсних і колоїдних домішок до води додають коагулянт - реагент, який піддається у воді гідролізу з утворенням важкорозчинного з'єднання, що випадає у вигляді пластівців в осад. При укрупненні пластівців під дією сил молекулярного тяжіння захоплюються. Грубодисперсні частки містяться в оброблюваній воді суспензії і колоїди. Пластівці коагулянту разом з затриманою суспензією і колоїдами осаджуються; при цьому відбувається освітлення води.

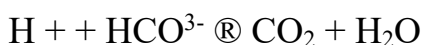
Для колоїдних домішок міських стічних вод характерний "-" потенціал, тому для їх коагуляції застосовують коагулянти, продукти гідролізу яких мають "+" потенціал:  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $FeSO_4$ ,  $FeCl_3$ ,  $Fe_2(SO_4)_3$ . При додаванні сірчаноокислого алюмінію в воду, він дисоціює:



В результаті гідролізу утворюється малорозчинний  $Al(OH)_3$ :



Утворені іони  $H^+$  знижують показник рН оброблюваної води. Нейтралізація кислотності відбувається в результаті реакції іонів  $H^+$  з іонами  $HCO_3^-$ , що містяться в оброблюваній воді (карбонатна жорсткість):



Процеси коагуляції здійснюються в освітлювачах, принцип роботи яких ґрунтується на організації контакту оброблюваної води з раніше випав з води осадом (шлаком) для інтенсифікації кристалізації і виділення з води суспензії та продуктів реакцій між містяться у воді іонами і введеними в неї реагентами.

Для здійснення контакту оброблюваної води і раніше випав осаду, службовця каталізатором процесу виділення суспензії, в освітлювачах організується висхідний рух води через шар осаду.

Освітлювач вводиться в роботу, коли температура води досягне  $33 \pm 1^\circ \text{C}$ .

Очищення води в механічних фільтрах:

Більш глибоке видалення завислих речовин з води досягається фільтруванням її через зернисту завантаження з інертних частинок невеликого розміру.

Фільтрування води через шар зернистого завантаження відбувається під дією різниці тисків на вході води в зернистий шар і на виході з нього, яка називається перепадом тисків на шарі  $DP$ :

$$DP = f(V, m, d_{\text{екв}}, H_{\text{полн}}),$$

де  $V$  - швидкість фільтрування;

$m$  - в'язкість води;

$d_{\text{екв}}$  - еквівалентний діаметр фільтруючого завантаження;

$H_{\text{полн}}$  - висота фільтруючого шару.

При включенні механічних фільтрів в роботу перші порції фільтрату скидаються в дренаж протягом 2 - 3 хвилин з витратою  $50 - 70 \text{ м}^3 / \text{год}$ .

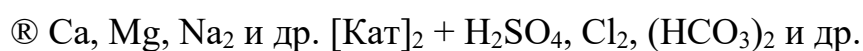
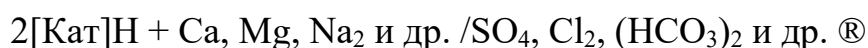
Закінчення фільтрації визначається по зниженню прозорості освітленої води менше 90% або по досягненню перепаду тиску більше  $0,1 \text{ МПа}$  ( $1,0 \text{ кгс} / \text{см}^2$ ). При досягненні параметрів виведення механічного фільтра з роботи, фільтр ставиться на розпушують відмивання. Відмивання закінчують, коли дві проби, відібрані з інтервалом 3-5 хвилин, не міститимуть видимої суспензії. При винесенні фільтруючого завантаження фільтр відключається і вводиться в ремонт.

Іонітних знесолення води:

Іоніти - практично нерозчинні високомолекулярні речовини, здатні до реакцій іонного обміну.

Іонітних знесолення води - процес послідовного фільтрування оброблюваної води через шари катіоніту і аніоніти, під час якого містяться в оброблюваної воді катіони обмінюються на катіон  $H^+$ , що міститься в катіоніте, а що містяться в оброблюваної воді аніони обмінюються на аніони  $OH^-$ ,  $CO_3^{2-}$ ,  $HCO_3^-$ , що містяться в аніонів і утворюють з катіоном  $H^+$  воду або вільну вуглекислоту. Глибоке знесолення води передбачає два ступені  $H^+OH^-$  іонірованія води (двоступенева катіонірованіє і двоступенева аніонірованіє води з проміжною декарбонізацією).

Перший ступінь  $H^+$  катіонірованія служить для заміни більшості катіонів, що містяться у вихідній воді, на катіон  $H^+$ .

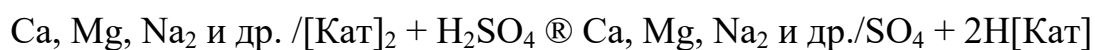


Закінчення фільтрування визначається при зниженні кислотності фільтрату на 1,0 мг-екв / кг по відношенню до кислотності фільтрату в перші 2-3 години роботи. При досягненні параметрів виведення з роботи, фільтр ставиться на розпушування освітленої водою, витрата розпушують води повинен бути в інтервалі 45-55  $m^3$  / год.

Винос робочих фракцій смоли повинен бути відсутнім. Час розпушування 30-50 хвилин.

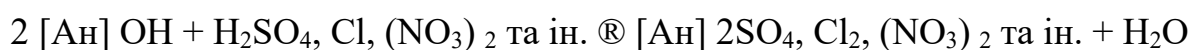
Регенерація  $H^+$  - катіонітових фільтрів I ступеня здійснюється східчасто:

Перші 200 літрів  $H_2SO_4$  пропускають з концентрацією 1,5%. Решта 100 літрів - з концентрацією 3%.



Після пропуску кислоти фільтр протягом 10-15 хвилин відмивають. Витрата на відмивання фільтра 60  $m^3$  / год. Катіоніт відмивається до наступних показників: жорсткість 0,1-0,2 мг-екв / кг;  $pH > 3,5$ .

Аніонітного фільтри I ступеню завантажують слабоосновними аніонітами, які сорбують з  $H^+$  катіонірованної води тільки аніони сильних кислот:



Критерієм відключення фільтра на регенерацію служить збільшення залишкового вмісту хлоридів в пробі, відібраної після фільтра, до 3 мг / кг (проскок  $Cl^-$  - іона).

При досягненні параметрів виведення аніонітного фільтра з роботи, фільтр ставиться на розпушування. Витрата води на розпушування 40-45  $m^3$  / год. Загальний

час розпушування 30-50 хвилин. Регенерація виснаженого аніоніти здійснюється 4% - ним розчином NaOH і відмиванням лужної водою від аніонітних фільтрів II ступеню:



Після закінчення регенерації продовжити промивання декарбонізованою водою протягом 30 хвилин. Критерій остаточної відмивання - зниження концентрації хлоридів менше 3 мг / кг.

На другому щаблі Н<sup>+</sup>-катионирования з обробленої води видаляється залишкову кількість катіонів, що пройшли Н<sup>+</sup>-фільтр I ступеня, в першу чергу найменш сорбіруємості катіон Na.

Критерієм відключення фільтра служить підвищення значення концентрації Na у фільтрі більше 100 мкг / кг. Після чого він ставиться на розпушування водою після аніонітних фільтрів I ступеню, при витраті 45-50 м<sup>3</sup> / год. При цьому контролюють винос робочих фракцій смоли.

Регенерація Н<sup>+</sup>-катіонітових фільтрів II ступеню проводиться в 2-х варіантах:

Окрема регенерація КФ II ступеня 2-4% -вим розчином H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Потім фільтр протягом 10-15 хвилин промивають частково знесоленої водою. Після закінчення даного часу фільтр ставлять на відмивання з витратою 60 м<sup>3</sup> / год.

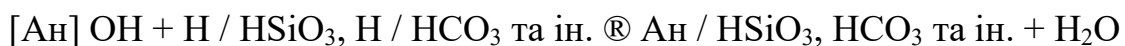
Спільна регенерація КФ I і II ступенів теж проводиться 2-4% -вим розчином H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Відмивання КФ I і II ступенів проводиться роздільно. Критерій закінчення відмивання - зниження значення концентрації катіонів Na менш 100 мкг / кг.

Так як у воді накопичується вуглекислота, то її видаляють. Цей процес видалення CO<sub>2</sub> називають декарбонізацією. Апарати, в яких зниження концентрації CO<sub>2</sub> в воді досягається продувкою води повітрям в результаті розподілу CO<sub>2</sub> між рідкою (вода) і газоподібному (повітря) фазами, називають декарбонізатор.

При роботі апарату контролюється вміст вільної вуглекислоти в оброблюваній воді. Вміст вуглекислоти на виході не повинно перевищувати 8 мг / кг.

Після декарбонізатора вода прямує на ОН<sup>-</sup>-фільтри II ступеня, завантажені сільноосновниманионом, де відбувається сорбція аніонів HSiO<sub>3</sub><sup>-</sup> і залишків аніонів вугільної і мінеральних кислот. Основні реакції відбуваються відповідно до рівняння:



Критерієм відключення фільтрів служить підвищення значень питомої електропровідності понад 1 МКСМ / см або змісту кремнієвої кислоти понад 500 мкг / кг. Проводиться розпушування частково знесоленої водою з витратою 40-45 м<sup>3</sup> / год.

Регенерація аніонітних фільтрів II ступеню проводиться спільно з регенерацією аніонітних фільтрів I ступеню 4% -ним розчином NaOH.

$\text{Ан} / \text{HSiO}_3, \text{HCO}_3 \text{ та ін.} + \text{NaOH} \rightarrow \text{Ан} / \text{OH} + \text{Na}_2 / \text{SiO}_3, \text{CO}_3 \text{ та ін.}$

Після закінчення регенерації лінію промивають протягом 30 хвилин, після чого відмивання I і II ступенів аніонітних фільтрів ведуть роздільно.

Критерій закінчення відмивання - зниження електропровідності на виході з фільтру менше 1,2 мкСм / см.

## **2.5. Опис технологічної схеми ВПУ**

### **2.5.1. Состав системи ВПУ**

ВПУ є системою триступінчатої глибокого знесолення і працює за схемою: освітлювачі - механічні фільтри (МФ) - Н-катіонітових фільтри (КФ) I ступеня - ОН-аніонітових фільтри (АФ) I ступеня - Н-КФ II ступеня - декарбонізатор - ОН-АФ II ступеня - III ступінь ВПУ.

До складу ВПУ входять наступні функціональні вузли і системи:

Вузол зберігання і приготування реагентів;

Вузол гідроперегрузки іонітів;

Насосне обладнання;

Вузол нейтралізації скидних вод;

Система управління гідроприводами і запірною арматурою.

Максимальна проектна продуктивність установки 210 м<sup>3</sup> / год.

### **2.5.2. Експлуатаційні обмеження**

Щоб уникнути запарювання і збільшення вібрації не допускати роботу відцентрових насосів на закриту арматуру більше однієї хвилини.

Не допускати включення в роботу насосів - дозаторів на закриту запірну засувку.

При проведенні регенерації КФ I ступеня, щоб уникнути загіпсовивання катионита, забороняється перекривати пропуск кислоти або води через фільтр.

Оптимальні інтервали концентрацій  $\text{H}_2\text{SO}_4$  та  $\text{NaOH}$  для КФ II ступеня та АФ I і II ступені: 2 - 4% відповідно.

При проведенні регенерації забороняється: створювати на фільтрі тиск більше 3 кгс /  $\text{см}^2$ .

Температура сирі води, яка подається на коагуляцію, повинна бути  $33 \pm 1$  ° С.

Величина окислюваність по  $\text{KMnO}_4$  освітленої води не повинна перевищувати 60% від величини окислюваність початкової води.

Величина рН освітленої води повинна відповідати інтервалу 5,5 - 7,5 од.

Прозорість освітленої води повинна перевищувати 90%.

Величина хлоридів після АФ I ступеня при роботі повинна бути менше 3 мг / кг. Концентрація  $\text{Na}$  на виході КФ II ступеня при роботі повинна бути менш 100 мкг / кг. Величина питомої електропровідності (с) після АФ II ступеня повинна бути менш 1 мкСм / см. Величина змісту  $\text{H}_2\text{SiO}_3$  в фільтраті повинна бути менш 500 мкг / кг. При досягненні зазначених величин відповідний фільтр виводиться на регенерацію.

Допускається скидання нейтралізованих вод після баків - нейтралізаторів в скидний канал при величині рН, що дорівнює 6,5 - 8,5 од.

### **2.5.3. Третій ступінь ВПУ**

Третій ступінь ВПУ призначена для отримання ХОВ з питомою електропровідністю не більше 0,3 мкСм / см. Установка працює в складі станційного ХВО.

Продуктивність установки 160  $\text{м}^3$  / год. При необхідності забезпечується максимальна продуктивність 210  $\text{м}^3$  / год.

До складу системи входять:

Три фільтра змішаної дії (ФСД);

Пастка іонітів;

Дві пастки гумміровкі;

Два насоса ХОВ;

Два дренажних насоса;

Бак ХОВ;

Бак - нейтралізатор регенераційних вод;

Бак слабомінералізованих вод;

Приймач дренажний;

Бак NaOH;

Бак HNO<sub>3</sub>;

Ежектор - змішувач кислоти;

Ежектор - змішувач лугу;

Арматура, трубопроводи, КВП, електротехнічне обладнання.

У ФСД співвідношення аніоніти (An) до катіоніту (Kt) дорівнює 1: 1.

Катіоніту 3,14 м<sup>3</sup>, марка КУ-2-8;

Аніоніта 2,8 м<sup>3</sup>, марка АВ-17-8;

Відновлення обмінної ємності сорбентів в процесі регенерації здійснюється 5% - ним розчином NaOH і 5,5% - ним розчином HNO<sub>3</sub>. Матеріал корпусу ФСД - вуглецева сталь. Внутрішня поверхня корпусу покрита захисним шаром - гумміровкой.

Технічні характеристики:

Робочий тиск 0,6 МПа

Пробне гідравлічний тиск 0,9 МПа

Температура робочого середовища менше 40 ° С

Маса 3800 кг

Діаметр корпусу апарату 2000 мм

Фільтр - пастка призначений для запобігання попаданню фільтруючого матеріалу в ХОВ.

Бак запасу ХОВ призначений для скидання надлишкового тиску води, після АФ II ступеня ХВО на всас насосів і для накопичення ХОВ. Бак виконаний з вуглецевої сталі з внутрішнім антикорозійним хімічним покриттям.

Баки запасу концентрованих розчинів реагентів призначені для прийому і зберігання розчинів кислоти і лугу.

Бак нейтралізації регенераційних вод призначений для збору відпрацьованих регенераційних розчинів.

Насоси забезпечують подачу ХОВ на фільтр установки. Насоси оснащені КВП.

#### **2.5.4. Опис роботи ВПУ**



Для приготування освітленої води в баку - мішалці готується розчин коагулянту, який насосами - дозаторами коагулянту через бак - мірник подається в освітлювачі (ОСВ1 - ОСВ4). Туди ж подається вода на очищення.

Освітлена вода прямує в баки освітленої води (БОСВ1 - БОСВ4), звідки насосами освітленої води (НОСВ1-НОСВ3) подається на механічні фільтри (МФ1 - МФ6) і на розпушування фільтрів.

Механічні фільтри завантажені сульфоуглем. Пройшовши механічні фільтри, вода слід на КФ1, потім на АФ1. Освітлена вода використовується також для регенерації та відмивання фільтрів. Розчин після регенерації фільтрів надходить на вузол нейтралізації. Частково знесолена вода надходить на КФ2. Далі, пройшовши Декарбонізатори, вода прямує в баки частково знесоленої води, звідки насосами частково знесоленої води подається на АФ2.

Потім вода надходить в баки хімічно знесоленої води, звідки насосами перекачується на фільтри змішаної дії (ФСД).

В освітлювачах контрольованим параметром є температура вихідного розчину коагулянту ( $33 \pm 1$  ° С). Регульованим параметром є витрата води через освітлювач, який визначається витратоміром, встановленим на щиті ХВО. Перемикання витратомірів здійснюється перемиканням датчиків витрати.

У механічних фільтрах проводять контроль витрати води через фільтр за приладами, встановленими на щиті ХВО. Закінчення фільтроцикла здійснюється по зниженню прозорості освітленої води менше 90% або по досягненню перепаду тиску більше 0,1 МПа (1,0 кгс / см<sup>2</sup>).

В КФ і АФ регульованими параметрами є: витрата води, тиск на вході і виході з фільтру.

При роботі декарбонізатора стежать за вмістом вільної вуглекислоти в обробленій воді.

В баку - мірнику їдкого натру регулюється витрата лугу вентилем за показаннями концентромера, встановленого на щиті.

Контроль температури в освітлювачі здійснює контур 1, що працює наступним чином: сигнал з термометра опору ТСМ гр.23 (1а) надходить на вторинний прилад - автоматичний урівноважений міст КСМ4-І (16).

Регулювання витрати в трубопроводі здійснюють контури 2, 3, 4, 5, 6, 7, що працюють аналогічно. Контур 2 працює наступним чином: сигнал з датчика витрати - діафрагми камерної ДК6-100 (2а) надходить на дифманометр "Сапфір-22ДД" (2б), з якого сигнал подається на вторинний прилад - міліамперметр АСК М1632 (2в). Далі сигнал надходить на регулятор "Каскад-2" (2г), який забезпечує регулювання витрати в трубопроводі з допомогою виконавчого механізму МЕОБ-21 (2д).

Регулювання рівня в баках здійснюють контури 8, 9, 10, що працюють аналогічно. Контур 8 працює таким чином: сигнал з буйкового рівнеміра УБ-ПВ (8а) надходить на електричний датчик ДЕВП - С4а (8б), з якого сигнал подається на вторинний диференційно-трансформаторний прилад КСД-3 (8в), далі сигнал надходить на регулятор системи "Каскад-2" (8г), який забезпечує регулювання рівня допомогою виконавчого механізму МЕОБ-21 (8д).

Контроль електропровідності на виході з Н-катіонітового фільтра II ступені здійснює контур 11, що працює наступним чином: сигнал з кондуктометричного концентратомера КК-2 (11а) подається на вторинний прилад - потенціометр КПУ-1 (11в).

## **2.6. Ефективність роботи хімоводоочищення АЕС**

На період з 01.02.96 по 01.02.97 ефективність роботи хімоводоочищення:

Прийнято на ХВО 1,5 Ч 106 м<sup>3</sup> сирової води.

Вироблено хімобессоленної води (ХОВ) 0,7 Ч 106 м<sup>3</sup>.

Вилучено з ХОВ:

Катіонів 3,922 т-екв

Аніонів 3,932 т-екв

Витрачено реактивів на виробництво ХОВ:

Кислоти 14,941 т-екв

Луги 7,67 т-екв

Коефіцієнти витрат реагентів на видалення іонних домішок з ХОВ:

$K_{kt} = 3,81 \text{ г-екв } H_2SO_4 / (\text{г-екв катіонів})$

$K_{AN} = 1,95 \text{ г-екв } NaOH / (\text{г-екв аніонів})$

## **2.7. Характеристика і принцип дії іонітних паралельноточного фільтра I ступеню ФІПаI - 2,6 - 0,6**

ФІПаІ - 2,6 - 0,6 - фільтр іонітний паралельноточний I ступені діаметром 2,6 м на розрахунковий тиск 0,6 МПа використовується для пом'якшення оброблюваної води, часткового знесолення та інших іонообмінних процесів.

Фільтр спроектований і виготовлений відповідно до технічної документації підприємства - виробника обладнання.

Фільтр розрахований на установку в закритому приміщенні і експлуатацію при плюсовій температурі і відносній вологості навколишнього повітря при якій забезпечується відсутність запотівання поверхні апарату і трубопроводів.

Іонітний паралельноточний фільтр являє собою вертикальний однокамерний циліндричний апарат.

Фільтр складається з наступних основних елементів: корпусу, нижнього і верхнього розподільних пристроїв, трубопроводів і запірної арматури, пробовідбірні пристрої та фільтруючого завантаження.

Корпус апарату складається з циліндричної зварний обичайки 1, до якої приварені два штампованих еліптичних днища 2 і 3. До нижнього днища приварені три опори. Корпус забезпечений двома лазами діаметром 800 мм, 4 і 5. Поблизу від центру нижнього еліптичного днища фільтра приварений штуцер 6 для гідравлічної вивантаження фільтруючого матеріалу, штуцер 7 для гідроагрузки приварений вгорі циліндричної частини корпусу фільтра. До верхнього днища корпусу фільтра приварені два вушка для підняття фільтра при його транспортуванні і установці на фундамент.

Нижня РУ, 8 складається з вертикального колектора 9 з заглушених верхніми кінцями, чотирьох колекторів - відводів 10, вставлених в радіально розташовані отвори вертикального колектора і розташованих, для максимального наближення до днища фільтра, під кутом до горизонтальної площини, колектора відводу приварені до вертикального колектора зварюванням .

Від кожного колектора - відведення, також під кутом до горизонтальної площини, відходять перфоровані розподільні труби 11, по нижній що утворює яких розташовані отвори діаметром 8 мм. Отвори прикриває приварний жолобок з шириною щілини 0,4 мм.

Кінці розподільних труб, вставлених в отвори колекторів - відводів, обтиснуті на конус, а протилежні кінці заглушені.

Верхнє РУ 12 складається з вертикального колектора 13, заглушеного знизу і відповідної кількості радіально розташованих перфорованих полімерних труб 14. Зовнішні кінці променів заглушені і прикріплені до корпусу фільтра. Промені встановлені отворами вгору під кутом  $60^\circ$  до вертикальної осі і строго горизонтально.

Трубопроводи і арматура 15, 16, 17, 18, 19, 20 розташована по фронту фільтра, дозволяє перемкнути всі потоки води і регенераційних розчинів в процесі експлуатації фільтра і забезпечують підведення регенераційних розчинів, підведення розпушують води, підведення стисненого повітря. Гідрозагрузку і гідровигрузку фільтруючого матеріалу, відведення регенераційних розчинів отмивочной води і першого фільтра.

Пробовідбірне пристрій розташований по фронту фільтра і складається з трубок, з'єднаних з трубопроводами води, яка подається на обробку і обробленої води, вентилів 23, 24, 25 і манометра 21, 22, що показують тиск до і після фільтра.

## **2.8. Технологічний розрахунок Н-катіонітного фільтра I ступеню**

1. Необхідна площа фільтрування:

$$F = Q / W,$$

де Q - продуктивність,  $\text{м}^3 / \text{год}$ ;

W - швидкість фільтрування  $\text{м} / \text{ч}$ ;

$$W = 25 \text{ м} / \text{ч};$$

$$F = 130/25 = 5,2 \text{ м}^2.$$

Вибираємо стандартний паралельноточнийіонітний фільтр ФІПаІ-2,6-0,6.

Тип завантаженого матеріалу КУ-2-8. Робоча ємність катіоніту  $E_p = 650 \text{ г-екв} / \text{м}^3$ .

Тривалість фільтроцикла:

$$T + t = f * h_{\text{сл}} * E_p / (Q * C),$$

де C - концентрація води перед фільтром,  $\text{мг-екв} / \text{кг}$ .

$$C_{Ca^{2+}} + C_{Mg^{2+}} = 2,0 \text{ мг-екв/кг},$$

$$C_{Na^{+}} = 1,08 \text{ мг-екв/кг},$$

$$C = 2,0 + 1,08 = 3,08 \text{ мг-екв} / \text{кг}.$$

$$T + t = 5,3 * 2,5 * 650 / (130 * 3,08) = 21,5.$$

Добове число регенерації фільтра:

$$m = 24 / (T + t),$$

$$m = 24 / 21,5 = 1,1$$

Питома витрата реагенту на регенерацію:

$$b = 60 \text{ кг} / \text{м}^3$$

Витрата 100% -ного реагенту на регенерацію:

$$\sigma^{100} = f * h_{\text{сл}} * b,$$

$$\sigma^{100} = 5,3 * 2,5 * 60 = 795 \text{ кг/регенерація}$$

Добовий витрата 100% -ного реагенту на регенерацію:

$$\sigma_{\text{с,р.м}}^{100} = \sigma^{100} * m$$

$$\sigma_{\text{с,р.м}}^{100} = 795 * 1,1 = 874,5 \text{ кг/доб.}$$

Витрата води на розпушування фільтра:

$$i = 50 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

Час розпушування фільтра:

$$t_{\text{взр}} = 0,5 \text{ год.}$$

Об'ємна витрата води на розпушування фільтра:

$$V_{\text{взр}} = i * t_{\text{взр}},$$

$$V_{\text{взр}} = 50 * 0,5 = 25 \text{ м}^3 / \text{регенерація.}$$

Концентрація регенераційних розчинів:

$$\text{Ср.р.} = 2,25\%.$$

Витрата води на приготування регенераційних розчинів:

$$V_{\text{р.р.}} = \frac{\sigma_{100} \cdot 100}{C_{\text{р.р.}} \cdot 10^3}$$

$$V_{\text{р.р.}} = \frac{795 \cdot 100}{2,25 \cdot 10^3} = 35 \text{ м}^3 / \text{регенерація.}$$

Витрата води на відмивання:

$$a = 60 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

Час на відмивання:

$$t_{\text{отм}} = 10 \text{ хв.}$$

Об'ємна витрата води на відмивання:

$$V_{\text{отм.}} = T_{\text{отм}} * a,$$

$$V_{\text{отм.}} = 60 * 10/60 = 10 \text{ м}^3 / \text{регенерація.}$$

Сумарна витрата води на регенерацію:

$$V_{\text{сум}} = V_{\text{взр}} + V_{\text{р.р.}} + V_{\text{отм}},$$

$$V_{\text{сум}} = 25 + 35 + 10 = 70 \text{ м}^3 / \text{регенерація.}$$

Швидкість пропуску регенераційного розчину:

$$W = 20 \text{ м / год}$$

Час пропуску регенераційного розчину:

$$t_{\text{р.р.}} = V_{\text{р.р.}} * 60 / (f * W_{\text{р.р.}}).$$

$$t_{\text{р.р.}} = 35 * 60 / (5,3 * 20) = 20 \text{ хв.}$$

Сумарний час регенерації:

$$t = t_{\text{взр}} + t_{\text{р.р.}} + t_{\text{отм}}$$

$$t = 30 + 20 + 10 = 60 \text{ хв} = 1 \text{ год.}$$

Об'ємна витрата води на регенерацію:

$$V = 70 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

### **3. Екологічна частина**

#### **3.1. Коротка характеристика речовин, що надходять в навколишнє середовище на даному виробництві**

При роботі АЕС утворюється три види радіоактивних відходів - тверді, рідкі та газоподібні. Твердими відходами АЕС є деталі забрудненого радіоактивними речовинами демонтованого обладнання, відпрацьовані фільтри для очищення повітря, спецодяг, сміття, відпрацьовані іонообмінні смоли і т.д. Їх поховання здійснюється в спеціальних траншеях, іонообмінні смоли зберігають у ємностях високоактивних і низькоактивних сорбентів. Обсяг твердих відходів може бути значним.

Рідкими відходами АЕС є кубовий залишок, що утворюється при випаровуванні високомінералізованих трапних вод і дезактиваційних розчинів, дебалансних вод. Перші два види рідких відходів зберігаються в спеціальних сховищах на території АЕС і практично не впливають на навколишнє середовище. Скидаються АЕС

дебалансні води попередньо очищаються до такої міри, що концентрація радіоактивних забруднень в них відповідає нормам для питної води.

Викидаються в атмосферу газовоздушні потоки також піддаються ретельному очищенню. До складу газоподібних викидів АЕС входять радіоактивні гази і аерозолі. Особливе місце належить ізотопів йоду, які мають високу хімічну активність і можуть бути як газоподібними, так і вигляді аерозолів в залежності від оточуючих умов.

### **3.2. Екологічний контроль виробництва**

При забезпеченні радіаційної безпеки АЕС велика увага приділяється питанням поширення радіоактивних газоподібних речовин, що скидаються через вентиляційні труби. Розроблені та застосовуються методи розрахунку приземної концентрації радіоактивних аерозолів і йоду, які є визначальним параметром при оцінці надходження радіоактивних речовин в організм.

Кожна АЕС оточується санітарно - захисною зоною (СЗЗ), де заборонено проживання людей, зберігання харчових продуктів і т.д. Але земля може використовуватися під сільськогосподарські угіддя при наявності дозиметричного контролю. Радіус СЗЗ може досягати декількох кілометрів і для кожної АЕС встановлюється індивідуально. Гранично допустимим викидом (ПДВ) газоподібних радіоактивних речовин прийнято вважати таке його значення, при якому радіаційний вплив його на організм не перевищує граничної дози. Значення ПДВ є важливим показником, який визначає профіль АЕС (герметичність і надійність обладнання, наявність і якість очисних споруд і т.д.). ПДВ становить 3000 Кюри / добу.

Одним з важливих аспектів виключення шкідливого впливу АЕС на навколишнє середовище є ретельний контроль за викидами. За допомогою спеціальної радіометричної апаратури контролюється якість повітря, що викидається, його радіоактивність і ізотопний склад. Такий же контроль ведеться за рідкими скидами.

Поряд з контролем за радіоактивними викидами АЕС спеціальна служба зовнішньої дозиметрії веде ретельний нагляд за радіаційною обстановкою на території навколо АЕС. У 40 - 45 км від АЕС встановлюються контрольні пункти. Контролюються майже всі об'єкти зовнішнього середовища. Визначаються кількості радіоактивних речовин, що випадають з атмосфери, поверхнева концентрація радіоактивних аерозолів, активність ґрунту і рослинності, води, відібраної з відкритих

водойм, донних відкладень і т.д. Періодично вимірюється активність кормових і харчових продуктів місцевого виробництва.

Постійна реєстрація гамма - випромінювання в багатьох точках контрольованого району здійснюється за допомогою встановлюваної стаціонарної та пересувної дозиметричної апаратури, свідчення якої автоматично передаються на самописні прилади.

Таким чином, важливими проблемами є надійна очищення і зберігання радіоактивних відходів. Труднощі ці полягають у тому, що на відміну від інших промислових скидів радіоактивні відходи не можуть бути нейтралізовані. Природний розпад - перехід радіоактивних нуклідів в нерадіоактивні - єдиний засіб усунення їх радіоактивності. У той же час є такі відходи, процес радіоактивного розпаду яких триває сотні років.

### **3.3. Заходи щодо зниження рівня скидання забруднюючих речовин в навколишнє середовище і вплив викидів на здоров'я людини**

Обсяг твердих відходів може бути зменшений спалюванням при відповідному очищенні продуктів згоряння або пресуванням. Твердий залишок від спалювання і спресовані відходи, поміщені в металеві контейнери, піддаються поховання в траншеях. У місці поховання і в прилеглих до нього районах ведеться дозиметричний контроль.

Шляхи впливу радіоактивних речовин на організм людини:

Опромінення. Викиди з вентиляційних труб АЕС повітря утворює факел, який стелиться над землею, поступово збільшуючись у розмірах.  $\alpha$  - Активні речовини, що містяться в факелі, безпосередньо опромінюють місцевість навколо труби і на відстані від неї.  $\beta$  - випромінювання факела також має місце, але враховувати його потрібно тільки в місцях безпосереднього наближення факела до землі, так як шар повітря товщиною в 10 м повністю поглинає  $\beta$  - частинки.

Інгаляційний шлях. Факел викидається через трубу повітря, на відстані, що становить двадцятикратним висоту труби, може торкнутися землі; приземному концентрація радіоактивних речовин в цьому місці буде максимальною. При диханні радіоактивні речовини потрапляють всередину організму.  $^{60}\text{Co}$  концентрується в



шлунково-кишковому тракту, в легких;  $^{90}\text{Sr}$  - в кістках і в легких;  $^{137}\text{Cs}$  - в печінці, селезінці і м'язовій тканині.

Через харчові ланцюжки. Радіоактивні аерозольні речовини потрапляють на ґрунт, через кореневу систему надходять в зелену частину рослин. Рослини з'їдаються молочною худобою, потім радіоактивні речовини концентруються в молоці, споживаної людиною. Потрапляючи всередину організму, радіоактивні речовини зосереджуються в критичних органах людини і служать джерелом їх внутрішнього опромінення.

Нейтралізація скидних вод проводиться на вузлі нейтралізації скидних вод ХВО, розташованому в окремому приміщенні.

Характеристика скидних вод:

Кислі регенераційні розчини після Кфі і КФІІ;

Лужні регенераційні води після регенерації АФІ і АФІІ;

Розпушують і отмивочного води після АФ і КФ.

Для нейтралізації кислих і лужних розчинів на ХВО є два бака-нейтралізатора ємністю 500 м<sup>3</sup> кожен.

Розпушують і отмивочного води КФ і АФ також направляються в баки-нейтралізатори.

Перемішування вступників розчинів здійснюється за допомогою насоса рециркуляції вузла нейтралізації, що включається дистанційно зі щита ХВО. Перемішування проводиться протягом 30-50 хвилин, після чого відбирається проба і вимірюється величина рН. Після закінчення перемішування насос відключається.

Після отримання задовільних аналізів ( $\text{pH} = 6,5 - 8,5$ ) в баках-нейтралізаторах розчин подається в скидний канал І - ІІ блоку. При відхиленні рН розчинів від встановленого критерію, провести коригування якості кислотних і лужних розчинів.

При рН менше 6,5 Од. при проведенні регенерації КФ в бак-нейтралізатор подають лужні розчини.

При рН більше 8,5 Од. при проведенні регенерації АФ в бак-нейтралізатор подають кислі розчини.

#### **4. Охорона праці та техніка безпеки**

Заходи безпеки:

1. Підбір і навчання персоналу; виконання пожежонебезпечних робіт по тепловим допускам.
2. При виявленні в елементах систем ВПУ дефектів, тріщин, що можуть призвести до протікання агресивних речовин, і інших серйозних погрішності обладнання ВПУ негайно виводиться з роботи.
3. Не залишати цистерни для зберігання кислот і лугів під тиском.
4. Запірна арматура і фланцеві з'єднання на трубопроводах агресивних речовин повинні бути забезпечені захисними кожухами, що виключають можливість розбризкування реагентів в разі появи нещільності.
5. Стоки, дренажні канали повинні бути перекриті врівень з підлогою.
6. Обладнання, запірна і регулююча арматура, пускові пристрої повинні мати написи із зазначенням оперативного найменування.
7. Всі сходи, площадки, переходи та поручні до них повинні бути в справному стані, на період ремонту замість знятих поручнів повинні бути зроблені тимчасові огорожі.
8. Ремонт судин і трубопроводів слід проводити після їх спорожнення, а судин і трубопроводів з агресивними речовинами після їх спорожнення і промивання, при необхідності, перевіривши на утримання вибухонебезпечних газів (водень).
9. Перед проведенням робіт всередині судин і іонообмінних фільтрів необхідно провентилувати ємності зі взяттям проби на вміст кисню, яка повинна бути більше 20%.
10. При роботі з кислотами (розвантаження ж / д цистерн, операції з приготування регенераційних розчинів, подача  $\text{HNO}_3$  на баки) використовувати засоби захисту органів дихання (респіратор РПГ-67, протигаз марки "В").
11. Перед вогневими роботами на трубопроводах, обладнанні і в ємностях, що контактують при роботі з кислими середовищами, крім  $\text{HNO}_3$ , - перевірити склад газового середовища в них на відсутність водню.
12. Не виводити з роботи освітлювачі в зимовий час.

## **5. Аналітичний контроль виробництва**

Виробництво забезпечено приладами хімічної (кондуктометри, іонометри

(РН, рNa)) і технологічного (датчики тиску, витрати реагентів, температури) контролю. Також ведеться хімічний контроль якості води енергооб'єктів за спрощеними методиками: візуально - органолептичні та кількісні визначення кольоровості, прозорості зважених речовин, окислюваність перманганатної, рН, вмісту кремнієвої кислоти, вмісту кисню.

Хімічний контроль скидних вод проводиться постійно рН - метром, встановленим в приймальному скидних каналів і періодично при разовому відборі проб після заповнення половини бака.

На освітлителях хімічний контроль проводиться один раз в дві години шляхом відбору проб з освітлювачів і з лінії подачі вихідної води і визначення наступних показників, які відповідають критеріям:

Прозорість не менше 90%;

рН = 5,5 - 7,5;

залишкова лужність (бикарбонатная) - 0,4 є 1,0 мг-екв / кг.

Контроль роботи механічних фільтрів:

Витрата води через фільтр під час нормальної експлуатації становить 50 - 70 м<sup>3</sup> / год.

Контроль витрати по приладу, встановленого на щиті ХВО, перемикання витратомірів здійснюється датчиками витрати.

Закінчення фільтроцикла визначається по зниженню прозорості води менше 90% або по досягненню перепаду тиску більше 0,1 МПа (1,0 кгс / см<sup>2</sup>).

Замір прозорості (не менше 90%) з періодичністю 1 раз на годину. При зниженні прозорості нижче встановленого критерію фільтр виводиться на вхриляющую відмивання.

При винесенні фільтруючого завантаження фільтротключається і виводиться в ремонт.

Хімічний контроль роботи Н - катіонітових фільтрів І ступеня:

кислотність фільтра - в процесі роботи;

концентрація регенераційного розчину - при регенерації фільтра;

загальна жорсткість і рН на виході з фільтру - при відмиванні після регенерації;

електропровідність фільтрату (встановлений на щиті ХВО) - індикатор зниження кислотності фільтрату.

Хімічний контроль роботи аніонітових фільтрів I ступеня:

контроль концентрації регенераційних розчинів - при регенерації;

концентрація хлоридів в пробі - в процесі роботи (на виході не більше 3 мг / л).

Хімічний контроль роботи Н - катіонітових фільтрів II ступеню:

контроль концентрації регенераційних розчинів - при регенерації;

концентрація  $\text{Na}^+$  в пробі - в процесі роботи (не більше 100 мкг / кг).

Контроль роботи декарбонізатора:

Здійснюють періодичний контроль вмісту вуглекислоти на вході і виході. Вміст вуглекислоти в обробленій воді не більше 8 мг / кг.

Хімічний контроль роботи аніонітових фільтрів II ступеню:

контроль концентрації регенераційних розчинів - при регенерації;

контроль питомої електропровідності і змісту кремнієвої кислоти ( $\text{H}_2\text{SiO}_3$  - не більше 500 мкг / кг) - в процесі роботи.

Хімічний контроль за питомою електропровідністю знесоленої води після ВПУ проводиться безперервно за показаннями кондуктометра АК-310, встановленим на загальному колекторі після фільтрів II ступеню, на вході подачі знесоленої води на 5 і 3-4 блоках. Контроль за роботою кожного фільтра проводиться ручним кондуктоміром ЛК-563.

На ФСД III ступеня ручний контроль відсутній. В автоматичному режимі безперервно вимірюється електропровідність (не більше 0,3 мкСм / см), вміст  $\text{Na}^+$ , і рН.

## 6. Теоретичні дослідження

Низче приведені результати рішення задачі по оцінці ефективності роботи біологічного реактору по очистки стічних вод на базі розробленої 3DCFD моделі. Для опису процесу біологічної деструкції субстрату використовується модель Monod. Розрахунки виконувалися при наступних вхідних даних:

$S_{in} = 140$  мг/л- концентрація субстрату (БПК<sub>пов</sub>), що потрапляє в споруду;

розміри біореактору  $15\text{м} \times 4\text{м} \times 4\text{м}$ ;

$Q_s(t) = 1353$  м<sup>3</sup>/доб – витрата стічних вод;

$\mu_x = \mu_y = 2 \cdot 10^{-4}$  м<sup>2</sup>/доб.

$X_{in} = 200$  мг/л - концентрація активного мулу, що потрапляє в реактор.

$\mu_{\max} = 1.04$  - параметр.

$K_s = 100$  мг/л - параметр

$K_d = 0.055$  1/доб – коефіцієнт, що враховує загібель мікрорганізмів.

$Y = 0.55$  - параметр.

Початкова умова:  $S_{in} = 140$  мг/л,  $X_{in} = 200$  мг/л, - концентрація субстрату та активного мулу в реакторі для моменту часу  $t=0$ .

Розглядалися такі сценарії:

- Сценарій №1: реактор працює без додаткових елементів всередині споруди.

- Сценарій №2: в реакторі є дві суцільні пластини всередині споруди (розрахункова область – багатоз'язна).

- Сценарій №3: реактор є три пластини, але вони мають «розрив», тобто розрахункова область тамає місце впорскування активного мулу в трьох зонах  
Початкова умова:  $S_{in} = 360$  мг/л,  $X_{in} = 200$  мг/л. Досліджується процес деструкції субстрату в реакторі з часом згідно моделі Monod та з урахуванням масопереносу.

Слід підкреслити, що розрахунок просторової течії в багатоз'язних областях відноситься до дуже складних задач гідродинамики.

Оцінка ефективності роботи біореактору визначається по величині концентрації субстрату на виході з реактору. Нізче, на рисунках показано розподіл концентрації субстрату в біореакторі для усіх сценаріїв. Так як вирішується тривимірна задача, то концентрація показана в різних перерізах біореактору.



Рисунок 6.1 Розподіл концентрації субстрату в біореакторі, переріз  $y=2\text{м}$ ,  $t=0.24$  год (сценарій № 1)

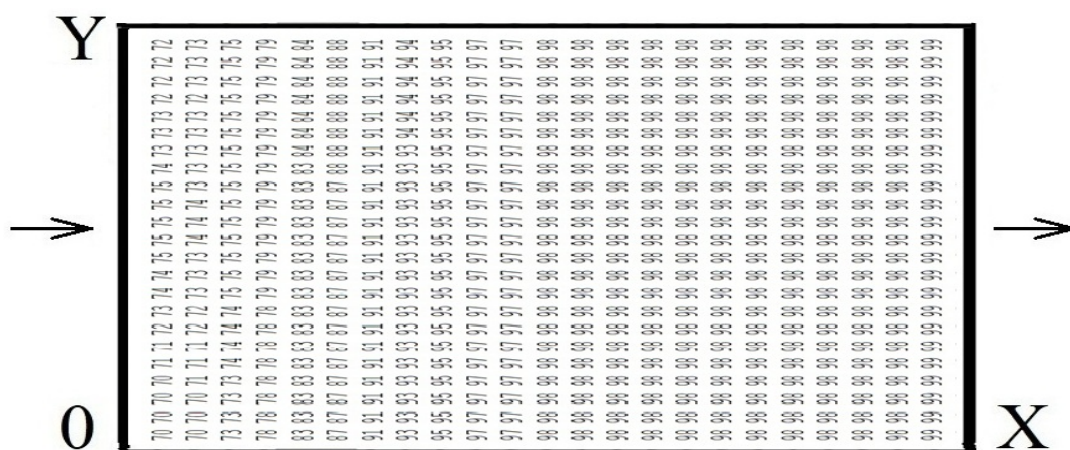


Рисунок 6.2 Розподіл концентрації субстрату в біореакторі, переріз  $z=2\text{м}$ ,  $t=0.24$  год (сценарій № 1)

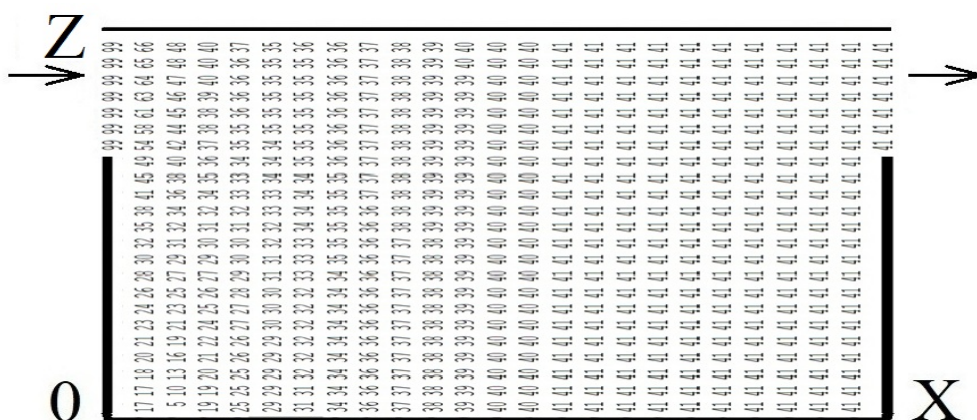


Рисунок 6.3 Розподіл концентрації субстрату в біореакторі,  
переріз  $y=2\text{м}$ ,  $t=0.40$  год (сценарій № 1)



Рисунок 6.4 Розподіл концентрації субстрату в біореакторі,  
переріз  $y=2\text{м}$ ,  $t=0.40$  год (сценарій № 2)



Рисунок 6.5 Розподіл концентрації субстрату в біореакторі,  
переріз  $z=2\text{м}$ ,  $t=0.40$  год (сценарій № 2)





Рисунок 6.6 - Розподіл концентрації субстрату в біореакторі,  
переріз  $y=2\text{м}$ ,  $t=0.40$  год (сценарій № 3)

Як ми бачимо з наведених рисунків, розроблені чисельні моделі дозволяють «висвітлити» розподіл концентрації субстрату в різних частинах біореактору. Видно, що всередині реактору має місце суттєво нерівномірний розподіл концентрації субстрату, тобто, процес біологічної очистки йде нерівномірно. Використання пластин в реакторі змінює розподіл концентрації в споруді, що впливає на ефективність роботи реактору.

Для аналізу ефективність роботи реактору в табл.6.1 наведена концентрація субстрату на виході з реактору для моменту часу  $t=0.40$  год.

Таблиця 6.1

Середня концентрація субстрату на виході з реактору

Сценарій	№ 1	№ 2	№ 3
Концентрація	147мг/л	128мг/л	118мг/л

Аналіз даних з табл.6.1, показує, що використання пластин дає можливість збільшити ефективність роботи біологічного реактору. Тобто, ми маємо таким чином, можливість керувати процесом очистки стічних вод в біореакторі.



## **Висновок**

1. На АЕС в даний час розробляється і впроваджується нова система хімводопідготовки, яка базується на використанні міських стічних вод.
2. Розглянута методологія очистки стічних вод для технічного водопостачання на АЕС.
3. Використання запропонованої технології дозволяє зменшити водозабір з природних джерел водопостачання .
4. Запропонована технологія не потребує використання коштовного та унікального очисного обладнання.

## Список використаних джерел

1. А.с. 1353463 СССР, МКИ В 01 D 21/24. Отстойник / С.И. Эпштейн, В.И. Куклич, З.С. Музыкина, Г.С. Пантелют, И.Н. Шабадаш, Л.В. Паринава. – № 3947659/22-26; заявл. 29.08.85; опубл. 23.11.87, Бюл. №43
2. А.с. 1710517 СССР, МКИ С 02 F 1/40, В 01 D 21/00. Тонкослойный отстойник / А.А. Абдураманов, Г.К. Егимбердиева. – № 4817148/26; заявл. 20.02.90; опубл. 07.02.92, Бюл. №5.
3. А.с. 1722528 СССР, МКИ В 01 D 21/08, С 02 F 1/52. Аппарат для осветления воды / Ю.А. Галкин, Л.Л. Кочнев, Г.С. Пантелют, С.Е. Никулин, А.Н. Царенко. – № 4853435/26; заявл. 19.07.90; опубл. 30.03.92, Бюл. №12.
4. Абрамов, Н.Н. Водоснабжение / Н.Н. Абрамов. – М.: Стройиздат, 1982. – 440 с.
5. Авраменко, М.И. О  $k-\varepsilon$  модели турбулентности / М.И. Авраменко. – Снежинск: РФЯЦ-ВНИИТФ, 2005 – 76 с.
6. Бабенко, С.П. Тонкошаровий елемент удосконаленої конструкції для видалення з води завислих речовин: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.23.04 «Водопостачання, каналізація» / С.П. Бабенко. – Харків: ХНУБА, 2014. – 22 с.
7. Беляев, Н. Н. Математическое моделирование массопереноса в горизонтальных отстойниках [монографія] / Н. Н. Беляев, В. А. Козачина. – Д.: Акцент ПП, 2015. – 115 с.
8. Беляев, Н.Н. Математическое моделирование массопереноса в отстойниках систем водоотведения [монографія] / Н.Н. Беляев, Е.К. Нагорная. – Д.: Нова ідеологія, 2012. – 112 с.
9. Козачина В.А. Математическое моделирование работы горизонтального отстойника / Н.Н. Беляев, В.А. Козачина // Методи підвищення ресурсу міських інженерних інфраструктур. Присвячено 100-річчю створення Харківської каналізації: VI всеукраїнський науковий семінар, 15-16 жовтня 2014 р., м. Харків: тези за матеріалами. – Харків: ХНУБА, 2014. – С. 22-24.

10. Беляев, Н.Н. Моделирование процесса осветления воды в отстойниках / Н.Н. Беляев, В.А. Козачина, О.В. Полубинская // Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: 75 міжнародна науково-практична конференція, 14-15 травня 2015 р, м. Дніпро: тези за матеріалами. – Д.: ДНУЗТ, 2015. – С. 313.

11. Беляев, Н.Н. Моделирование процесса очистки шахтных вод в горизонтальных отстойниках / Вісник Дніпропетровського національного університету. Серія Механіка. – Д.: ДНУ, 2015. – № 19. – С. 70-78.

12. Беляев, Н.Н. Снижение техногенной нагрузки на водоем при сбросе сточных вод за счет повышения эффективности отстойников / Н.Н. Беляев, Л.Ф. Долина, В.А. Козачина // Електромагнітна сумісність і безпека на залізничному транспорті. Науковий журнал. – Д.: ДНУЗТ, 2012. – Вып. №3. – С. 92-97.

13. Беляев, Н.Н. Усовершенствованная методика расчета горизонтального отстойника / Н.Н. Беляев, В.А. Козачина // Актуальні проблеми систем теплогазопостачання і вентиляції, водопостачання і водовідведення. Присвячено 50-річчю кафедри теплогазопостачання, вентиляції та санітарної техніки НУВГП: міжнародна науково-технічна конференція, 11-13 березня 2015 р., м. Рівне: тези за матеріалами. – Рівне: НУВГП, 2015. – С. 92-93.

14. Беляев, Н.Н. Численное исследование процесса осветления воды в горизонтальных отстойниках / Н.Н. Беляев, В.А. Козачина // Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: 74 міжнародна науково-практична конференція, 15-16 травня 2014 р, м. Дніпро: тези за матеріалами. – Д.: ДНУЗТ, 2014. – С. 315-316.

15. Беляев, Н.Н. Численное моделирование процесса осветления шахтных вод в горизонтальном отстойнике / Н.Н. Беляев, Е.Ю. Гунько, В.А. Козачина // Геотехнічна механіка. Міжвідомчий збірник наукових праць. – К.: Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, 2014. – № 114 – С. 240-250.

16. Беляев, Н.Н. CFD моделирование процесса формирования осадка в горизонтальном отстойнике / Н.Н. Беляев, В.А. Козачина // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2015. – №3 (81). – С. 222-225.

17. Беляев, Н.Н. CFD моделирование процесса формирования осадка в горизонтальном отстойнике / Н.Н. Беляев, В.А. Козачина // Ресурс і безпека експлуатації конструкцій, будівель та споруд. Присвячено 85-річчю ХНУБА: VII

міжнародна наукова конференція, 20-21 жовтня 2015 р., м. Харків: тези за матеріалами. – Харків: ХНУБА, 2015. – С. 14-15.

18. Беляєв, Н.Н. CFD моделювання роботи горизонтального двохетажного отстойника з поворотом потоку в вертикальній площині / Н.Н. Беляєв, В.А. Козачина // Збірник наукових праць Національного гірничого університету. – Д.: НГУ, 2014. – №45. – С. 152-157..

19. Беляєв, Н.Н. CFD моделювання роботи горизонтального отстойника со струєнаправляючими пластинами / Беляєв Н.Н., Козачина В.А // Вода та водоочисні технології. Науково-технічні вісті. – К., 2014. – №2 (15) – С. 50-55.

20. Василенко А.И. Проектирование канализации населенных мест / А.И. Василенко, А.А. Василенко. – [2-е изд., перераб. и доп.]. – К.: Будівельник, 1985. – 136 с.

21. Василенко, О.А. Водовідведення та очистка стічних вод міста. Курсове і дипломне проектування. Приклади та розрахунки: Навчальний посібник / О.А. Василенко, С.М. Епоян – Київ, Харків: КНУБА, ХНУБА, ТО Ексклюзив, 2012. – 540 с.

22. Водовідведення і очищення стічних вод міста. Навчальний посібник / [С.М. Епоян, Г.М. Смірнова, І.В. Корінько, С.П. Пашкова, В.Ю. Сорокіна, Г. Вевелєр]. – Харків: Видавнича група «РА Каравела», 2003. – 144 с.

23. Водоотведение и очистка сточных вод. Учебник для вузов / [С.В. Яковлев, Я.А. Карелин, Ю.М. Ласков, В.И. Калицун]. – М.: Стройиздат, 1996. — 591 с.

24. Водопостачання (очистка природних вод) / С.М. Епоян, Г.І. Сухоруков, О.Г. Друшляк, В.В. Шилін. Навчальний посібник – Харків, ХДТУБА, 2001. – 191 с.

25. Водопостачання та очистка природних вод. Навчальний посібник / С.М. Епоян, В.Д. Колотило, О.Г. Друшляк, Г.І. Сухоруков, Т.С. Айрапетян. – Х.: Фактор, 2010. – 192 с.

26. Воронов, Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод: Учебное пособие / Ю.В. Воронов. - М.: Издательство Ассоциация строительных вузов, 2009. – 760 с.

27. Гарбарук, А.В. Моделирование турбулентности в расчетах сложных течений: учебное пособие / А.В. Гарбарук, М.Х. Стрелец, М.Л. Шур – СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – 88 с.

28. Гнедин, К.В. Режим работы и гидравлика горизонтальных отстойников / К.В. Гнедин. – Київ: Вид-во «Будівельник», 1974. – 223 с.
29. Гуревич, М. И. Теория струй идеальной жидкости / М.И. Гуревич. – М.: Наука, 1979. – 536 с.
30. Давидян, М.А. Моделирование работы тонкослойного отстойника с каналами для отвода осадка при очистке воды хозяйственно-питьевого назначения / Давидян М.А // Науковий вісник будівництва: збірник наукових праць. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2010 – Вип. 60. – 5 с.
31. ДБН В.2.5-74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування / К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – 2013. – 172 с.
32. ДБН В.2.5-75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування / К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – 2013. – 128 с.
33. Демура, М.В. Проектирование тонкослойных отстойников / М.В. Демура – К.: Будівельник, 1981. – 50 с.
34. Душкин, С.С. Разработка научных основ ресурсосберегающих технологий подготовки экологически чистой питьевой воды / С.С. Душкин, Г.И. Благодарная. – Харьков: ХНАГХ, 2009. – 95 с.
35. Епоян, С.М. Використання активованих розчинів коагулянтів сульфату алюмінію в процесах підготовки питної води / С.М. Епоян, С.С. Душкін // Досягнення та перспективи розвитку водогосподарської галузі: до 100-річчя від дня народження Гаркуші М.А. – першого міністра меліорації і водного господарства України, Державне агентство водних ресурсів України, міжнар. наук.-практ. конф., 11-12 вересня 2014: тези за матеріалами – К., 2014. – С. 97-100.
36. Епоян, С.М. До розрахунку горизонтального відстійника з пористою полімербетонною перегородкою систем господарсько-питного водопостачання / С.М. Епоян, Д.Г. Сухоруков // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ. – 2012. – Вип. 68. – С. 244-248.

37. Епоян, С.М. Імпульсна промивка пористої перегородки горизонтального відстійника / С.М. Епоян, Д.Г. Сухоруков // 71-а наук.-техн конф., 15-17 березня 2016, м. Харків: тези за матеріалами. – Харків: ХНУБА. – 2016. – С.40.

38. Епоян, С.М. Особливості роботи водопровідних горизонтальних відстійників з пористою полімербетонною перегородкою / С.М. Епоян, Д.Г. Сухоруков // Строительство, архитектура, экология, общественные науки: XXXVI НТК ХНАГХ, м. Харків: тези за матеріалами. – Харьков: ХНАГХ, 2012. – С. 106-108.

39. Епоян, С.М. Особливості роботи пористої полімербетонної перегородки водопровідного горизонтального відстійника і її регенерація / С.М. Епоян, Д.Г. Сухоруков // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ. – 2012. – Вип. 69. – С. 327-331.