

**Міністерство освіти і науки України
Державний вищий навчальний заклад
"Національний гірничий університет"**

**Гірничий факультет
Кафедра екології та технологій захисту навколишнього середовища**

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
дипломної роботи
магістра**

Галузь знань – 10 "Природничі науки"
(шифр і назва галузі знань)

Спеціальність – 101 "Екологія"
(код і назва спеціальності)

Освітній рівень – магістр
(назва освітнього рівня)

кваліфікація – 2211.2 "Еколог"
(код і назва кваліфікації)

на тему: «Підвищення екологічної безпеки оборотного водопостачання в умовах залізничного вагонного депо»

Виконавець:

Студент 6 курсу, групи 101м-16-1

(підпис)

Кукса А.О.
(прізвище та ініціали)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка	Підпис
Роботи	проф. Колесник В.Є.		
розділів			
Теоретичний	проф. Колесник В.Є.		
Дослідницький	проф. Колесник В.Є.		
Технологічний	проф. Колесник В.Є.		
Охорона праці	проф. Литвиненко А.А.		
Економічний	доц. Павличенко А.В.		
Рецензент	Інженер-еколог Лук'янцева Н.А		
Нормоконтроль	ас. Грунтова В.Ю.		

**Дніпро
2018**

Міністерство освіти і науки України
Державний вищий навчальний заклад
"Національний гірничий університет"

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри екології
_____ Павличенко А.В.
«__» _____ 2017 року

ЗАВДАННЯ
на виконання кваліфікаційної роботи магістра

спеціальності 101 "Екологія"
(шифр і назва галузі знань)

студенту 101М-16-1
(група)

Куксі А.О.
(прізвище та ініціали)

Тема дипломної роботи «Підвищення екологічної безпеки оборотного водопостачання в умовах залізничного вагонного депо»

1 ПІДСТАВИ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

Наказ ректора ДВНЗ «НГУ» від 27.12.2017, № 2138-л.

2 МЕТА ТА ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ

Об'єкт досліджень – екологічна безпека оборотного водопостачання в умовах залізничного вагонного депо.

Предмет досліджень – екологічна небезпека системи оборотного водопостачання, з якої здійснюється живлення котлоагрегатів залізничного депо.

Мета НДР – визначення параметрів якості оборотної води, оцінка її техногенної, а відповідно й екологічної небезпеки та розробка заходів зниження указаної небезпеки на основі використання натрій-катіонітного фільтру для зм'якшення води.

Вихідні дані для проведення роботи:

- матеріали, що характеризують оборотне водопостачання в умовах залізничного депо та вплив його на довкілля;
- результати досліджень, проведених за участю автора на базі санітарної служби «Верхівцевського вагонного депо».

3 ОЧІКУВАНІ НАУКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ

Наукова новизна. Полягає у:

- визначенні екологічної небезпеки системи оборотного водопостачання, що використовується для живлення котлоагрегатів залізничного вагонного депо, за основними показниками жорсткості води;

- зниженні основних показників, що визначають якість оборотної води, зокрема її жорсткості, для чого запропоновано використання натрієво-катіонітного фільтру, який підвищує ефективність зм'якшення оборотної води та в кінцевому результаті підвищення техногенної, а відповідно й екологічної безпеки залізничного депо.

Практична цінність. Полягає в зниженні основних показників, що визначають жорсткість води, що надходить в котлоагрегати залізничного вагонного депо за рахунок використання натрієво-катіонітного фільтру.

4 ВИМОГИ ДО РЕЗУЛЬТАТІВ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Магістерська робота виконана згідно наукових досліджень кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища Національного гірничого університету, відповідно до Постанови Верховної Ради України «Основні напрямки державної політики України в області охорони навколишнього середовища, використання природних ресурсів і забезпечення екологічної безпеки» №188/98-ВР від 05 березня 1998 р., Постанова Верховної Ради України від № 107-VI від 28.12.2007 «Водний кодекс України».

5 ЕТАПИ ВИКОНАННЯ РОБІТ

Найменування етапів робіт	Строки виконання робіт (початок-кінець)
Характеристика залізничного вагонного депо та його основних забруднювачів навколишнього середовища. Аналіз існуючих засобів підготовки води, що використовується на залізничних підприємствах	01.09.2017-22.09.2017
Оцінка екологічної якості води, що використовується в системі оборотного водопостачання у вагонному депо та рівня її техногенної небезпеки для обладнання та котельні депо	25.09.2017 - 27.10.2017
Розробка технічного рішення щодо підвищення якості підготовки води в умовах котельні депо, тобто зниження техногенної, а відповідно й екологічної небезпеки оборотної води	30.10.2017-17.11.2017
Розробка заходів з охорони праці у підрозділі водопідготовки залізничного вагонного депо	20.11.2017 - 08.12.2017
Розрахунок економічної ефективності впровадження запропонованого технічного рішення	11.12.2017 - 31.12.2017

6 РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Економічний ефект. Впровадження результатів роботи дозволить знизити екологічні збитки від можливих надзвичайних ситуацій техногенного характеру, що спричинені використанням недостатньо якісної оборотної води на підприємстві.

Соціальний ефект. Застосування натрієво-катіонітного фільтру для зм'якшення оборотної води на залізничному підприємстві дасть можливість знизити вміст основних показників, що характеризують якість оборотної води та її екологічну небезпеку, і тим самим зменшить ризик виникнення аварій на котлоагрегатах депо.

7 ДОДАТКОВІ ВИМОГИ

Магістерська робота оформлюється відповідно з вимогами ДСТУ 3008-95. Документація. Звіти у сфері науки техніки. Структура і правила оформлення. – К.: Держстандарт України, 1995. – 38 с.

Завдання видав

(підпис)

В.Є. Колесник

(прізвище, ініціали)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Кукса А. О.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі завдання: 2.10. 2017р.

Термін подання дипломного проекту до ДЕК 24 січня 2018 р.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 93 с., 7 рис., 16 табл., 3 додатка, 16 літературних джерел.

Об'єкт досліджень: екологічна безпека оборотного водопостачання в умовах залізничного вагонного депо.

Мета роботи – визначення параметрів якості оборотної води, оцінка її техногенної, а відповідно й екологічної небезпеки та розробка заходів зниження указаної небезпеки на основі використання натрій-катіонітного фільтру для зм'якшення води.

У вступі та теоретичному розділі проаналізовано актуальність завдання підвищення екологічної безпеки оборотного водопостачання в умовах залізничного вагонного депо, сформульовані задачі дипломної роботи, а також проведено аналіз існуючих засобів підготовки води.

В дослідницькому розділі наведені результати оцінки якості води, що надходить в систему оборотного водопостачання та її техногенна й екологічна небезпека для підприємства і довкілля.

В технологічному розділі розробляється технічне рішення щодо підвищення ефективності покращення якості оборотної води, що надходить до котлоагрегатів залізничного депо на основі її зм'якшення натрій-катіонітовим фільтром та дана оцінка його ефективності стосовно підвищення техногенної й екологічної безпеки.

В розділі «Охорона праці» проаналізовані шкідливі та небезпечні фактори виробничого середовища в умовах депо.

Економічний розділ включає розрахунки капітальних та експлуатаційних затрат на встановлення натрієво-катіонітного фільтру для пом'якшення води, а також очікуваний економічний ефект від його впровадження.

СИСТЕМИ ОБОРОТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ, ЯКІСТЬ ВОДИ, ЕКОЛОГІЧНА НЕБЕЗПЕКА ВОДНИХ ОБЄКТІВ, ЗАСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВОДИ.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
1 РОЗДІЛ ТЕОРЕТИЧНИЙ (ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД)	13
1.1 Залізничне вагонне депо як джерело техногенної й екологічної небезпеки	13
1.2 Аналіз системи оборотного водопостачання	14
1.2.1 Оборотні схеми використання води	15
1.2.2 Класифікація систем оборотного водопостачання	16
1.3 Огляд існуючих природоохоронних заходів, обґрунтування методу утилізації відходів виробництва	17
1.4 Основні іонообмінні процеси та технології	21
2 РОЗДІЛ ДОСЛІДНИЦЬКИЙ (ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ)	26
2.1 Дослідження якості води оборотного водопостачання в умовах залізничного депо	26
2.2 Визначення загальної мінералізації проби оборотної води	27
2.3 Визначення фізико-хімічних показників якості оборотної води, зокрема жорсткості, вміста заліза і рівня рН	28
2.4 Методика інтегральної оцінки екологічного стану води в системі оборотного водопостачання залізничного депо	30
2.5 Результати інтегральної оцінки екологічного стану природних вод в умовах залізничного депо	35
3 РОЗДІЛ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ	39
3.1 Основні показники якості оборотної води при використанні паралельно точного натрій-катіонування	39
3.2 Особливості натрій-катіонування і регенерації катіону	41
3.3 Вибір і обґрунтування параметрів технологічного режиму	42
3.4 Технологічна схема оборотного водопостачання депо	45
3.5 Обґрунтування прийнятої конструкції апарату	45

3.6	Вибір і обґрунтування прийнятого технологічного обладнання фільтрувальної установки	48
3.7	Матеріальний баланс запропонованої установки	49
3.8	Технологічний розрахунок апарату	52
3.9	Компонування обладнання	56
3.10	Контроль та керування природоохоронними процесами	57
4	РОЗДІЛ «ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ»	59
4.1	Характеристика негативних факторів проектного об'єкта	59
4.2	Оцінка пожежо вибухонебезпеки проектного об'єкта	60
4.3	Профілактичні заходи з охорони праці	62
4.4	Пакування. Транспортування та зберігання катіоніту на виробництві	63
4.5.	Інструкція з охорони праці для операторів котельної установки	64
4.6	Вимоги безпеки перед початком роботи	66
4.7	Вимоги безпеки під час роботи	67
4.8	Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях	71
4.9	Вимоги безпеки по закінченню роботи	72
5	РОЗДІЛ ЕКОНОМІЧНИЙ	76
5.1	Розрахунок собівартості водопідготовки за існуючою технологією	76
5.2	Розрахунок амортизаційних відрахувань при впровадженні системи очистки	76
5.3	Розрахунок фонду оплати праці при впровадженні системи очистки	77
5.4	Розрахунок Єдиного соціального внеску	79
5.5	Розрахунок вартості енергоносіїв при впровадженні системи очистки	79
5.6	Розрахунок вартості витратних матеріалів	80

5.7	Розрахунки витрат, пов'язаних з використанням запропонованого рішення	82
5.8	Розрахунок економії платежів за скидання води в каналізацію	82
	ВИСНОВОК	86
	Перелік посилань	88
	Додаток А	90
	Додаток Б	93
	Додаток В	94

ВСТУП

Актуальність роботи. Проблема взаємодії суспільства з умов розвитку промисловості, транспорту та сільського господарства набула в теперішній час особливу актуальність. Це обумовлено тим, що відбувається поступовий наступ на навколишнє середовище, яке приводить до корінних змін у якості його компонентів. Тому головною соціальною задачею є охорона природи, раціональне використання її ресурсів для підтримки необхідного екологічного і економічного рівня.

Охорона навколишнього середовища від забруднення – не тільки важлива задача, але одна із умов підвищення ефективності суспільного виробництва, оскільки економічні збитки від забруднення від навколишнього середовища виявляються, як в зниженні продуктивності праці, так і в падінні продуктивності природних ресурсів, де найбільш вразливими являються джерела водопостачання. Для їхнього довгочасного використання на залізничному транспорті, де водянні технологічні процеси забезпечують як випуск виробничої продукції, так і санітарно-гігієнічні вимоги до експлуатаційного обладнання. Однією із важливих задач являється розробка та провадження на залізничних підприємствах науково-обґрунтованих норм водопостачання і водовідведення.

Одним з найбільш важливих чинників, від яких залежить стан більшості котельних установок, є якість води. Особливості функціонування котельних, тобто тривалі контакти устаткування з водою, високі температури і інші не менш важливі чинники, обумовлюють необхідність обов'язкового проведення додаткового очищення води, яка буде використана установкою. Найбільшою техногенної й відповідно й екологічною небезпекою для устаткування котельних є вода з високим рівнем вмісту розчинених забрудників, зокрема, солей жорсткості, тобто солей кальцію і магнію. Однією з властивостей солей жорсткості є можливість їх осідання і утворення накипу на внутрішніх поверхнях устаткування. Накип, у свою чергу, призводить до зниження

теплопровідності металів, що істотно підвищує витрату електроенергії для досягнення необхідних результатів роботи котельної. Єдиним методом, який дозволяє ефективно запобігти утворенню накипу, сьогодні вважається попереднє очищення води від всіх розчинених домішок, що містяться в ній.

Водопідготовка котельних — це процес попередньої обробки води перед її подачею в котельну установку. Системи попередньої водоочистки включають декілька обов'язкових блоків фільтрів, які видаляють з води як грубодисперсні механічні домішки, так і розчинені забрудники на зразок мінеральних солей.

Верхівцевське вагонне депо споживає воду питної якості з мережі Дніпропетровської станції водопостачання Придніпровської залізниці. У основному виробництві вода використовується для наповнення і поповнення систем оборотного водопостачання, а також в технологічних процесах.

В теперішній час розрахунок індивідуальних експлуатаційних норм водоспоживання та водовідведення на підприємствах залізничного транспорту, а також визначення параметрів якості оборотної води, оцінка її техногенної, а відповідно й екологічної небезпеки та розробка заходів зниження указаної небезпеки є актуальною задачею, рішення якої приведе до раціонального використання такої важливої природної речовини як вода, до покращення охорони поверхневих вод від забруднення. Отже вирішення такої задачі, зокрема для Верхівцевського вагонного депо Придніпровської залізниці є цілком актуальним.

Задачі дипломної роботи:

1) Охарактеризувати залізничне депо, як джерело забруднювачів навколишнього середовища та певної техногенної небезпеки; проаналізувати існуючі засоби покращення якості оборотної води, що використовується на підприємстві;

2) Проаналізувати склад оборотної води залізничного підприємства та визначити її техногенну та екологічну небезпеку в умовах вагонного депо;

3) Розробити технічне рішення щодо підвищення якості підготовки води в умовах котельні депо, тобто знизити техногенну, а відповідно й екологічну небезпеку оборотної води, та оцінити підвищення рівня екологічної безпеки в результаті його застосування;

4) Розробити заходи з охорони праці в котельні підприємства;

5) Розрахувати затрати на реалізацію технічного рішення і визначити його економічну ефективність.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених задач магістерської дипломної роботи були використані наступні методи: науковий пошук – для характеристики якості оборотної води, аналізу існуючих засобів її покращення на основі зм'якшення; експериментальні дослідження й розрахунки – при оцінці ступеню жорсткості оборотної води та рівня техногенної та екологічної небезпеки її використання в котлоагрегатах депо.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень. Підтверджується використанням документів щодо використання оборотної води в умовах залізничного депо, а також загальновідомих методик визначення її якості та екологічної небезпеки використання в котлоагрегатах підприємства.

Наукові положення, винесені на захист.

1. За результатами виконаних досліджень воду в системі оборотного водопостачання на залізничному вагонному депо за основними показниками її якості, включаючи жорсткість, віднесено до 4 класу – «брудна», а її використання в котлоагрегатах являє підвищену техногенну та екологічну небезпеку.

2. Застосування натрій-катіонітного фільтру для зм'якшення оборотної води, що надходить до котельної установки, зменшить ризик виникнення аварійних надзвичайних ситуацій за рахунок зниження вмісту солей жорсткості більше ніж у 2 рази, тим самим підвищить техногенну і екологічну безпеку залізничного депо.

Апробація результатів магістерської роботи.

Зроблена доповідь на засіданні секції Науково-технічній конференції «Молодь: Наука та інновації – 2017» Секція: «Екологічні проблеми регіону» (Дніпро, 29 листопада 2017р.)

Публікація: Кукса А. О. ст. гр. 101м-16-1, Колесник В. Є. Дослідження якості води оборотного водопостачання в умовах залізничного депо // Молодь: наука та інновації: Матеріали V-ї Всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів і молодих учених Секція: «Екологічні проблеми регіону» (Дніпро, 28-29 листопада 2017р.) Д.: Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», 2017.–Т 10.– С. 68–69 (Додаток А)

РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНИЙ (ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД)

1.1 Залізничне вагонне депо як джерело техногенної й екологічної небезпеки

Основний вид діяльності підприємства ВСП «Верхівцевське вагонне депо» деповський ремонт вантажних вагонів, а також поточний ремонт вантажних вагонів всіх типів.

Проектна виробнича потужність підприємства складає 1500 вагонів у рік.

Фактична виробнича потужність підприємства за 2017 рік складає 1120 вагонів.

Підприємство ВСП «Верхівцевське вагонне депо» розташовано на одному виробничому майданчику.

Проммайданчик підприємства розташований на схід ст. Верхівцево між залізничними парками. Північніше і південніше залізниці через пустир на відстані приблизно 300 м від границь депо розташовується жила зона.

Рельєф місцевості рівнинний, перепад позначок не перевищує 50 м.

У вагонних депо проводиться поточний відчіпний ремонт вагонів, виготовлення та ремонт запчастин і безвідчіпний ремонт. Перед подачею вагонів у ремонт їх миють зовні в мийних установках. Поточний ремонт вагонів, який виконується в депо, включає низку складних технологічних процесів, у тому числі демонтаж і заміну непридатних вузлів і деталей та механічного обладнання, виготовлення елементів і вузлів замість демонтованих, обточування колісних пар, ремонт і заміну внутрішньокузовного обладнання, миття вузлів і деталей, заміну відпрацьованих масел і мастил, фарбування кузовів, дахів і вузлів. Модернізація рухомого складу, проведена при деповському капітально-відновлювальному ремонті, виконує найважливішу роль у підвищенні рівня екологічної безпеки вагонів для навколишнього середовища, поліпшення його захисту від негативних фізичних і хімічних впливів. Найбільш значущі

напрямки екологічної політики депо і підвищення його екологічної безпеки для навколишнього середовища представлено на рис. 1.1.

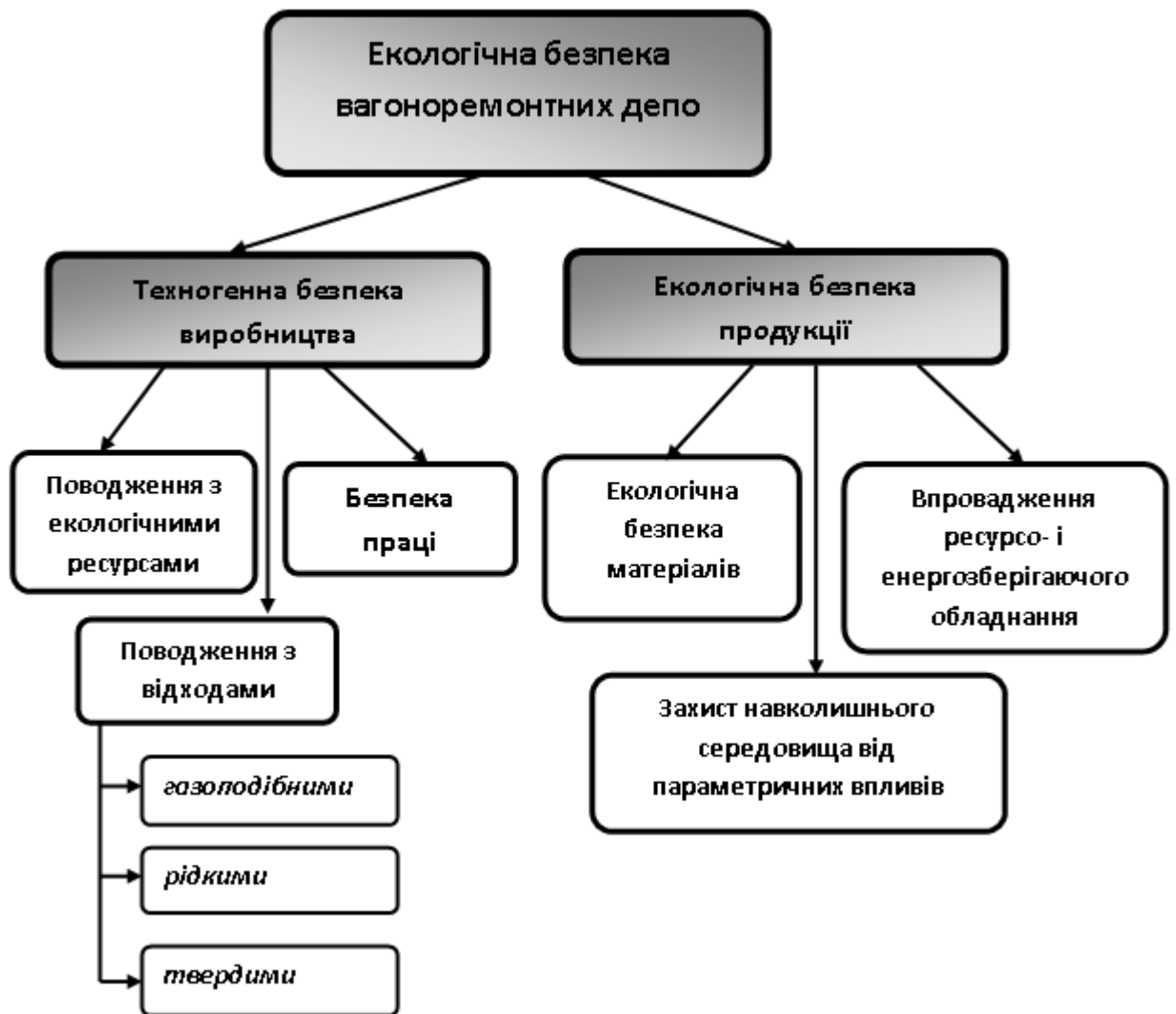


Рисунок 1.1 – Основні проблеми екологічної безпеки виробничої діяльності вагоноремонтного депо

1.2 Аналіз системи оборотного водопостачання

Оборотне водопостачання це така система водопостачання, яка забезпечує багаторазовий оборот однієї і тієї ж води в технологічному процесі.

Застосування оборотного водопостачання замість прямоточного дозволяє істотно зменшити витрату природної води і запобігти забрудненню навколишнього середовища.

Найбільший розвиток оборотне водопостачання має в самих водомістких системах охолодження промислових підприємств. при реалізації систем охолодження оборотного водопостачання виникає ряд проблем, основними з яких є: підвищення ефективності охолодження оборотної води в охолоджувачах (градирнях, бризкальних басейнах, відкритих водоймах і ін. пристроях); корозійна агресивність і нестабільність оборотної води, порушення нормального технологічного процесу установок і перевитрата палива в результаті забруднення внутрішніх поверхонь труб теплообмінної апаратури мінеральними і органічними відкладеннями. Недооблік цих факторів, а також неправильний вибір засобів профілактики призводять до нерационального використання води в системі оборотного водопостачання за рахунок вимушеного скидання її з системи (продування), швидкого виходу з ладу конструктивних елементів охолоджувачів, трубопроводів, теплообмінної апаратури.

1.2.1 Оборотні схеми використання води

Оборотні схеми використання води є найнадійнішими з екологічної точки зору. Вода в оборотному циклі водопостачання може нагріватись та забруднюватись. Найбільше поширення оборотні схеми отримали у теплообмінних циклах, де технологічна вода використовується для відведення тепла від працюючих агрегатів, а після використання охолоджується в градирнях, бризкальних басейнах, ставках. Потім її знову подають на охолодження обладнання. В процесі охолодження 2-3% води випаровується чи розбризкується. Крім цього із-за негерметичності теплообмінної або водопровідної мережі мають місце витікання води. Тому оборотні системи повинні постійно поповнюватись свіжою водою. За рахунок випаровування в оборотному циклі зростають мінералізація та жорсткість вод, що призводить до відкладення солей (карбонатів кальцію та магнію) на стінках теплообмінної апаратури та водопровідних труб. Щоб забезпечити певний сольовий склад, із

системи постійно скидають частину води ($W_{\text{скид}}$) та додають певну кількість свіжої (підживлюють), тобто здійснюють продувку системи, розрахунок якої проводиться за формулою 1.1:

$$W_{\text{дод}} = W_{\text{скид}} + W_{\text{вв}} + W_{\text{вип}} + W_{\text{вин}}, \quad (1.1)$$

де $W_{\text{вип}}$ – кількість води, що випарюється;

$W_{\text{вин}}$ – кількість води, що виноситься вітром.

Оборотне водопостачання дозволяє у десятки разів зменшити споживання вод.

1.2.2 Класифікація систем оборотного водопостачання.

Системи оборотного водопостачання є кроком уперед з питання захисту водоймищ від забруднення, оскільки дозволяють значно скоротити забір свіжої води та скоротити кількість стічних вод, що скидаються у водойми. Однак, повністю замкнені системи оборотного водопостачання, в яких використовуються очищені й охолоджені води, не отримали ще великого поширення (наприклад, на заводах чорної металургії), оскільки робиться скид води у вигляді продувки для того, щоб підтримати сольовий зміст оборотної води на певному рівні. Однією з основних причин, які перешкоджають повному використанню забруднених або нагрітих стічних вод у обороті є утворення щільних сольових відкладень по тракту руху води – в одних випадках, та корозійні процеси – в інших. Дуже часто ці обидва процеси протікають одночасно і нерозривно пов'язані. Таким чином, при переході на замкнений режим роботи виникає необхідність вивчення водно-сольового балансу систем оборотного водопостачання. Системи оборотного водопостачання поділяються на відкриті та закриті.

Відкриті системи – це такі системи, в яких охолодження води здійснюється на градирнях, бризкальних басейнах, ставках-охолоджувачах, з використанням обладнання та споруд відкритого типу при безпосередньому контакті охолоджуючої води та повітря.

Закриті системи – це такі системи, в яких охолоджуюча вода не вступає у безпосередній контакт з повітрям і охолоджується у закритих теплообмінниках, тобто через стінку.

У відкритій системі втрати води складаються з втрат на випаровування та на крапельний винос з вітром. Поповнення втрат води здійснюється за рахунок підживлення. Втрати води називаються безповоротними.

У закритих системах втрати води зведені до мінімуму та визначаються тільки витіканням з нещільних з'єднань трубопроводів і арматури. У теперішній час закриті систем застосовуються в основному в охолоджуючих системах водопостачання, де вода тільки нагрівається і не забруднюється механічними домішками. На підприємствах часто кількість охолоджуючих систем значно перевищує інші, в яких вода забруднюється. В охолоджуючих системах використовується до 70-80% води від загальної витрати, що споживається підприємством. Це так звані умовно-чисті цикли. Для забруднених систем закриті теплообмінники поки що не застосовуються.

Основні питання, що характеризують роботу систем оборотного водопостачання, – це:

- водний і сольовий баланси;
- оцінка небезпечності та інтенсивності утворення щільних сольових відкладень у обладнанні та трубопроводах;
- оцінка небезпечності корозійного зносу;
- методи стабілізаційної обробки води.

1.3 Огляд існуючих природоохоронних заходів, обґрунтування методу утилізації відходів виробництва

Опис методів водопідготовки.

Механічне очищення води. Механічне очищення води, як правило, є найпершим рівнем в системі водопідготовки. Призначення механічної фільтрації полягає в очищенні вихідної води від крупних забруднень (пісок,

частки окалини і тому подібне). Механічна фільтрація захищає подальше устаткування від швидкого зносу і пошкоджень. Якість механічної фільтрації залежить від розмірів сіток, що фільтрують, і типа матеріалу, що фільтрує.

Знезалізнення і деманганація. Суть методу полягає в переході заліза і марганцю з розчинених форм в важкорозчинні, які надалі затримуються в шарі завантаження напірного фільтру, що фільтрує. Для видалення з води з'єднань заліза і марганцю необхідне їх попереднє окислення з подальшим фільтруванням. На сьогоднішній день для окислення заліза і марганцю найбільш широкого поширення набули аерація (киснем, що міститься в повітрі) і дозування сильніших окислювачів ($KMnO_4$, перманганат калія, озон). Вибір фільтруючого завантаження виробляється персонально для кожного випадку.

Зм'якшування. Суть методу полягає у видаленні з води солей жорсткості (кальцій і магній) шляхом іонного обміну. Солі жорсткості видаляються при проходженні води через шар сильнокислотного катіоніту, внаслідок чого катіони кальцію і магнію замінюються на катіони натрію. Будь-який катіоніт має свою робочу обмінну ємкість, при фільтруванні води робоча обмінна ємкість поступово знижується до нуля. У зв'язку з цим виникає необхідність періодичної регенерації катіоніту, тобто відновлення його властивостей, що фільтрують.

Процес регенерації здійснюється шляхом пропуску через шар катіоніту розчину куховарської солі ($NaCl$). У випадку, якщо у вихідній воді міститься підвищена концентрація іонів заліза і марганцю термін служби катіоніту різко знижується, тому перед установкою зм'якшування рекомендується встановити систему знезалізнення і деманганації. Для зм'якшування води застосовують наступні методи: термічні, основні на нагріванні води, її дистиляції або виморожуванні; реагентні, при яких іони Ca^{2+} и Mg^{2+} , що знаходяться у воді, зв'язуються різними реагентами в практично нерозчинні з'єднання; іонного обміну, засновані на фільтруванні зм'якшеної води через спеціальні

матеріалли, обмінні вхідні в їх склад іони Na^+ , H^+ на іони Ca^{2+} або Mg^{2+} , що містяться у воді у воді; комбіновані.

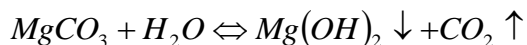
Термічний метод зм'якшування води. Зм'якшування води термічним методом (нагріванням) засновано на зсуві вуглекислотної рівноваги у бік утворення карбонату кальцію:



Рівновага зміщується за рахунок пониження розчинності CO_2 , що викликається підвищенням температури і тиску. Кип'яченням можна повністю видалити CO_2 і тим самим набагато понизити карбонатну кальцієву жорсткість. Однак, повністю усунути її не вийде, оскільки карбонату калія, хоча і трохи (13 мг/г при $18^\circ C$), але все ж розчиним у воді. За наявності у воді $Mg(HCO_3)_2$ процес його осадження відбувається таким чином: спочатку утворюється порівняно добре розчинний (110 мг/л при $18^\circ C$) карбонат магнію:



Ця сіль, при тривалому кип'яченні, гідролізується, внаслідок чого випадає осад малорозчинного (8,4 мг/л) гідроксиду магнію:



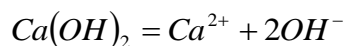
Таким чином, при кип'яченні води, жорсткість якої обумовлена наявністю гідрокарбонатів кальцію і магнію, значно знижується. Кип'яченням частково виводиться жорсткість, обумовлена наявністю $CaSO_4$, розчинність якої при $100^\circ C$ зменшується до 0,65 г/л.

Цей метод застосовується для зм'якшування води переважно з карбонатною жорсткістю, для живлення казанів низького і середнього тиску, а також є допоміжним при реагентних методах зм'якшування води.

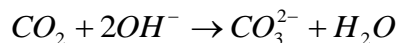
Реагентні методи зм'якшування води. Зм'якшування води реагентними методами засновано на обробці її реагентами, аніони яких утворюють з катіонами Ca^{2+} і Mg^{2+} малорозчинні з'єднання: $CaCO_3$, $Mg(OH)_2$, $Ca_3(PO_4)_2$, $Mg_3(PO_4)_2$ та інші з подальшими їх відділенням в освітлювачах і освітлювальних фільтрах. Як реагенти для зм'якшування води

застосовують вапно, кальциновану соду, гідроксиди натрію, барію і інші речовини.

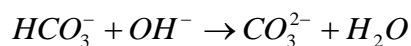
Зм'якшування води вапнуванням застосовують при високій карбонатній і низькій некарбонатної жорсткості води, а також у разі, коли не потрібне видалення з води солей некарбонатної жорсткості. В якості реагенту використовують розчин або суспензію (молоко) вапна, яку вводять в спочатку підігріту оброблювану воду. Розчиняючись, вапно збагачує воду іонами OH^- і Ca^{2+} :



Збагачення води іонами OH^- приводить до скріплення розчиненого у воді вільного CO_2 :

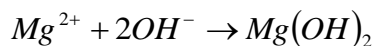


і, до переходу гідрокарбонатних іонів в карбонатні:



Підвищення концентрації іонів CO_3^{2-} в оброблюваній воді і наявність в ній іонів Ca^{2+} , що як містяться у вихідній воді, так і введених з вапном, приводить до підвищення розчинності і осадження малорозчинного $CaCO_3$:

При додаванні надлишку вапна осідає, також, і гідроксид магнію:



Для поліпшення видалення низькодисперсних і калодних домішок, а також зниження лужності води одночасно з вапнуванням застосовують коагуляцію цих домішок. Як коагулянт зазвичай використовують $FeSO_4 \cdot 7H_2O$.

Термохімічний метод зм'якшування води. Термохімічним методом воду зм'якшують зазвичай при температурі вище $100^\circ C$. Інтенсивнішому зм'якшуванню води при її підігріванні сприяє: утворення важких і крупних пластівців осаду і, якнайшвидше його осадження у наслідок зниження в'язкості води при нагріванні. Витрата скорочується, оскільки вільний CO_2 віддаляється при підігріванні води до введення реагентів. Термохімічний метод може застосовуватися з додаванням і без додавання коагулянта, оскільки

велика щільність осаду виключає необхідність в тому, що його обважує і осадженні. Застосовують термохімічний метод зм'якшування виключно при підготовці води для парових казанів, оскільки в цьому випадку найраціональніше використовується теплота, витрачена на підігрівання води. При цьому як реагенти застосовують в основному вапно і соду з подальшим додаванням фосфатів і рідше гідроксид натрію і соду. Для усунення некарбонатної жорсткості води додають соду.

1.4 Основні іонообмінні процеси та технології

Іонообмінні процеси найбільше поширення одержали в технологіях водопідготовки й очищення стічної води. Сьогодні іонообмінні процеси використовують для підготовки в електроенергетиці, хімічній промисловості, у виробництві напівпровідників, у фармацевтичній галузі, а також для пом'якшення води господарсько-побутового призначення й доочищення питної води в точці споживання.

Промислові іонообмінні технології умовно можна розділити на три стадії: попередня підготовка води, власне процес іонного обміну й фінішне очищення.

Попередня підготовка води полягає у видаленні зважених частинок й органічних речовин, які призводять до забруднення шару іоніту і його отруєнню.

Більшість іонообмінних процесів організовані за одним принципом і мають 4 основні стадії:

1. Робочий цикл, під час якого очищувана вода проходить шар іоніту, виснажуючи його. Закінчується робочий цикл, коли концентрація обмінюваного іона у фільтрі досягає гранично допустимого значення.

2. Зворотне промивання, необхідне для розпушення шару іоніту перед регенерацією й видалення механічних домішок, затриманих у шарі. Після зворотного промивання шару іоніту дають мимовільно осісти.

3. Регенерація процес переведення іоніту у вихідну іонну форму шляхом пропущення через його шар регенераційного розчину, що містить іони необхідного сорту.

4. Прямее промивання здійснюване для видалення з колони залишку регенераційного розчину.

У наш час у практиці водопідготовки застосовують дві основні технології іонообмінного очищення води прямиотечійну і протитечійну, які відрізняються напрямками руху води, що очищується, і регенераційного розчину.

У випадку традиційної й поширеної прямиотечійної технології (рис.1.2) оброблювана вода і регенераційний розчин рухаються в одному напрямку подаються у верхню частину іонообмінного фільтру й виводяться з нижньої.

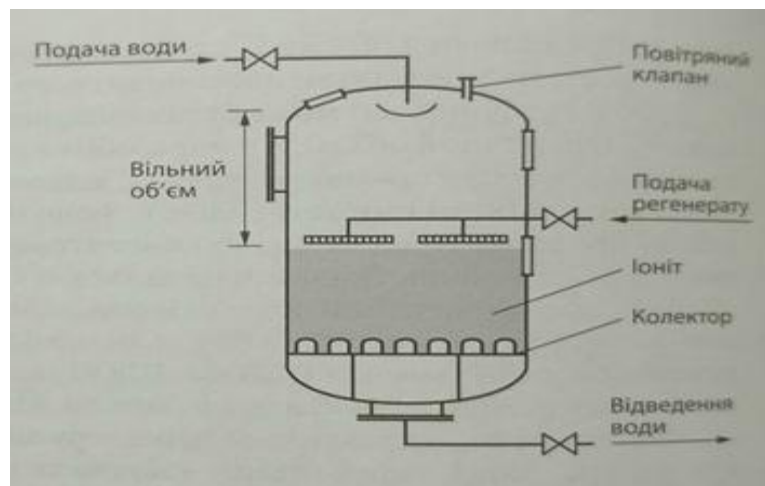


Рисунок 1.2 Протитечійний іонообмінний фільтр

У випадку більш сучасної й економічної протитечійної технології, наприклад UPCORE (рис. 1.3), оброблювана вода й регенераційний розчин рухаються в протилежних напрямках.

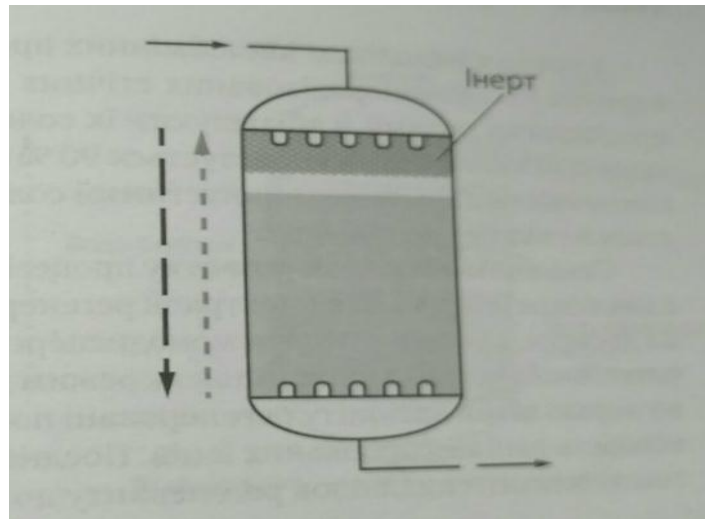


Рисунок 1.3 Протитечійний іонообмінний фільтр UPCORE

У цьому випадку іоніт, який прореагував найглибше, перебуває в тій частині іонообмінного шару, яка розташована в зоні виходу очищеної води, що забезпечує високу якість очищення, зменшуючи проскакування іонів і доводить до максимуму робочу ємність смоли, за рахунок цього регенерація іонітів може бути здійснена швидше й ефективніше, з нижчою витратою реагентів, меншою кількістю промивних вод, відносно невеликим об'ємом стоків і низькою загальною собівартістю.

У всіх випадках проектування іонообмінних технологій починається з детального аналізу складу води, що підлягає іонообмінному обробленню, ключовими показниками є загальний вміст солей у воді, твердість, лужність, вміст хлоридів, сульфатів, нітратів, концентрації кремнієвої кислоти й органічних речовин, вміст зважених речовин.

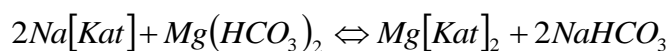
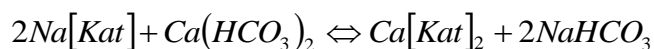
Залежно від вимог до очищеної води й складу вихідної води, вибирають схему пом'якшення або демінералізації, що може бути використана. Після чого виникає завдання вибору основних технологічних параметрів іонообмінних фільтрів об'ємної продуктивності й лінійної швидкості фільтрації.

Ґрунтується на раніше обраних параметрах, далі розраховують тривалість фільтроциклу й об'єму води, що може бути очищений за один

фільтроцикл, кількість й концентрацію розчину, що регенерує, склад стічних вод і розміри апарата.

Таким чином проектування іонообмінних технологій це комплексне інженерне завдання. У наш час більшість виробників іонообмінних смол розробили системи автоматизованих розрахунків іонообмінних технологій для своїх продуктів. Так, наприклад компанія Dow Chemical, найбільший світовий виробник іонообмінних смол, надає програмний продукт CADI для розрахунків іонообмінних технологій, заснованих на використанні смол Dowex, і систему IXCalc, орієнтовану на іоніти Amber-lite. Використання таких систем істотно полегшує роботу проєктантів і скорочує витрати часу на порівняльні розрахунки кількох альтернативних технологій.

Натрій-катіонітовий метод зм'якшування води. Натрій-катіонітовий метод застосовують для зм'якшування підземних і поверхневих вод з вмістом зважених речовин не більше 5-8мг/л і кольоровістю до 30град. При фільтруванні води через шар Na - катіоніту відбувається реакція обміну:



Процес обробки води на катіонітових фільтрах складається з наступних послідовних стадій:

1) фільтрування води через шар катіона в катіонітових фільтрах першого або другого рівнів до моменту досягнення ясно допустимої жорсткості фільтрату;

2) розпушування шару катіоніту;

3) спуску водяної подушки щоб уникнути розбавлення регенеруючого розчину;

4) регенерація катіона фільтруванням через його відповідний розчин;

5) відмивання катіоніту.

Фільтрування через шар активованого вугілля. Очищення води на активованому вугіллі найчастіше застосовується на одному з останніх рівнів очищення, і є одним з класичних способів здобуття питної води. Таке очищення необхідне в тих випадках, коли потрібно усунути порушення показників кольоровості, смаку і запаху води. Фільтри з активованим вугіллем використовують також для доочистки водопровідної води від хлору і хлорвмісних з'єднань.

Знесолювання. Знесолювання процес видалення з води всіх катіонів і аніонів, які обумовлюють її загальний солеміст і електропровідність. В даний час найбільш поширеними методами знесолювання є іонний обмін і зворотний осмос.

Видалення нітратів. Метод видалення з вихідної води нітратів заснований на іонному обміні через шар селективних для нітрату аніонітів, що регенеруються розчином куховарської солі. В процесі фільтрації нітрат-іони замінюються на хлорид-іони. Як альтернатива вищеописаному методу можна застосувати технологію зворотного осмосу.

Дезинфекція. Дезинфекція води поділяється на фізичний метод (ультрафіолетове опромінення) і хімічний метод (дозування хлору і озону). Основною перевагою УФ-опромінення є збереження фізико-хімічних, а також органолептичних властивостей води. Найбільш оптимальна доза УФ-опромінення (міра знезараження 99,9%) 40мДж/см.кв. До найбільш поширених методів знезараження можна віднести хлорування, яке здійснюється шляхом введення у воду газоподібного хлору або рідких хлорвмісних реагентів (гіпохлорид натрію, діоксид хлору), які дозують за допомогою спеціальних пристроїв.

РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДНИЦЬКИЙ (ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ)

2.1 Дослідження якості води оборотного водопостачання в умовах залізничного депо

Функціонування Верхівцевського залізничного депо, зокрема, її котельні без надзвичайних ситуацій в умовах ДР «Придніпровська залізниця» є запорукою забезпечення екологічної безпеки на територіях, що безпосередньо межують із магістральними залізничними коліями та зменшення як техногенної, так екологічної небезпеки на залізничній станції в цілому.

Одним з найбільш важливих чинників, від яких залежить техногенний стан більшості котельних установок, є якість води, що використовується в оборотному водопостачанні депо і, зокрема, в котлоагрегатах його котельні. Особливості функціонування котельних, тобто тривалі контакти устаткування з водою, високі температури та інші не менш важливі чинники, що обумовлюють необхідність обов'язкового проведення додаткового очищення води, яка надходить в установки. Найбільшою небезпекою для устаткування котельних є вода з високим рівнем вмісту розчинених забрудників, зокрема, солей, що утворюють високу жорсткість води, тобто солей кальцію і магнію. Зауважимо, що вода в регіоні залізничної станції завжди відрізнялась високою забрудненістю і жорсткістю. Тому ставилася задача дослідити якість води, що використовується в оборотному водопостачанні залізничного депо і, зокрема, для використання в котельні та покращити її характеристики, а тим самим підвищити екологічну безпеку роботи депо.

Для вирішення задачі відбирались проби води, що поступає на водопідготовку, та після застосування засобів її очищення і пом'якшення, тобто перед подачею в котлоагрегати.

Дослідження проб проводилися в умовах кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища, а також в умовах лабораторії санітарної служби міста Верхівцеве.

2.2 Визначення загальної мінералізації проби оборотної води

Для визначення загальної мінералізації була взята проба оборотної води 1л, що надходить до котелен залізничного підприємства. Після чого, пробу води помістили у духову шафу (рис.2.1) для випарювання.



Рисунок 2.1 – Проба води поміщена у духову шафу

Після випарювання 1л води, сухий залишок зважували на лабораторних торсіонних терезах (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 Сухий залишок, отриманий у результаті випарювання проби води, поміщений на чашку торсійних терезів

В результаті, сухий залишок склав близько 180 мг, що свідчить про досить високу мінералізацію води та вказує на можливо високу її жорсткість. Отже потрібний хімічний аналіз на вмість солей жорсткості води, який проводився нами в умовах лабораторії Санітарної служби м. Верхівцеве.

2.3 Визначення фізико-хімічних показників якості оборотної води, зокрема жорсткості, вміста заліза і рівня рН.

Критерієм забруднення виступають ГДК забруднюючих речовин для вод. Розрізняють два види ГДК: для вод санітарно-побутового користування та для рибогосподарських цілей. Примітно, що у світі відомі способи визначення приблизно 1500 забруднюючих речовин, а ГДК існують приблизно на половину з них. У різних країнах загальне число та склад показників,

включених у список пріоритетних забруднюючих речовин, істотно розрізняються, тому що їх вибір обґрунтований не чисто науковими міркуваннями, а сформованими традиціями, економічними, технічними й іншими факторами.

Типові показники якості води: температура, рН, електропровідність, вміст розчиненого кисню, хлоридів, зважених речовин, органічного вуглецю, ХПК, БПК, загальна лужність. Стосовно оборотної води, що використовується в котельнях важливими є показник рН, загальна жорсткість і вміст заліза, а а для характеристики загальної якості води – повний гідрохімічний, включаючи загальну мінералізацію.

Отримані нами в лабораторних умовах характеристики вихідної води в системі оборотного водопостачання залізничного депо свідчать про її високу насиченість солями жорсткості. Так, у вихідній воді розчинено іонів $Ca^{2+}=50,1$ мг і $Mg^{2+}=60,8$ мг. Отже для забезпечення техногенної безпеки за рахунок безаварійної роботи котельної установки вода потребує пом'якшування. Об'єм води для одного процесу зм'якшування складає 35 л.

Для визначення необхідного рівня пом'якшення води розрахуємо масову концентрацію іонів кальцію і магнію за формулою 2.1:

$$x(Ca^{2+}) = \frac{m(Ca^{2+})}{V}, \quad (2.1)$$

де $m(Ca^{2+})$ маса розчиненого у воді іону Ca^{2+} , мг;

V – об'єм води, в якому розчинено 50,1 мг Ca^{2+} , л.

$$x(Ca^{2+}) = \frac{50.1}{35} = 1.43 \text{ мг/л.}$$

Знаходимо масу розчиненого іону у воді за формулою 2.2:

$$x(Mg^{2+}) = \frac{m(Mg^{2+})}{V}, \quad (2.2)$$

де $m(Mg^{2+})$ маса розчиненого у воді іону Mg^{2+} , мг;

V – об'єм води, в якому розчинено 60,8 мг Mg^{2+} , л;

$$x(Mg^{2+}) = \frac{60.8}{35} = 1.73 \text{ мг/л.}$$

Отримані нами в лабораторних умовах характеристики вихідної води в системі оборотного водопостачання залізничного депо наведені у табл.2.1

Таблиця 2.1 – Характеристика оборотної води, що надходить до котлоагрегатів

№	Показники	Вміст
1	Загальна жорсткість, градуси жорсткості	3,5
2	Mg^{2+} , мг-екв/л	1,73
3	Ca^{2+} , мг-екв/л	1,43
4	$Na^{+} + K^{+}$, мг-екв/л	1,1
5	Fe^{3+} , мг-екв/л	0,9
6	pH	7,5

2.4 Методика інтегральної оцінки екологічного стану води в системі оборотного водопостачання залізничного депо

Інтегральна оцінка екологічного стану води в системі оборотного водопостачання у залізничному вагонному депо передбачала:

1. Визначити загальносанітарний індекс якості води (ІЗВ).
2. Визначити гідрохімічний показник забруднення води (ІЗВ) токсичними металами.
3. Визначити екологічний стан водойми за допомогою інтегрального індексу екологічного стану (ІЕС).

Загальні положення. Якість води водних об'єктів оцінюється за фізико-хімічними, біологічними та мікробіологічними показниками, аналіз яких дозволяє встановити відповідність чи невідповідність даного водоймища або водотоку вимогам, що пред'являються водокористувачами, згідно з чинними законодавчими актами. Так, згідно з ГОСТ 17.1.1.01-77 «Охорона природи. Гідросфера. Використання і охорона водоймищ. Основні терміни та визначення», під якістю води в цілому розуміється характеристика її складу і властивостей, що визначає її придатність для конкретних видів

водокористування; при цьому критеріями якості є ознаки, за якими проводиться оцінка якості води.

Нормування якості води полягає у встановленні для води сукупності допустимих значень показників її складу і властивостей, у межах яких надійно забезпечуються здоров'я населення, сприятливі умови водокористування і екологічне благополуччя водного об'єкта.

Гігієнічна класифікація водних об'єктів виконується за ступенем забрудненості.

Найбільш часто використовуваними оцінюючими параметрами є:

1. Органолептичні показники: кольоровість; запах; каламутність;
2. Мікробіологічні характеристики: загальне мікробіологічне число; бактерії і групи кишкової палички;
3. гідрохімічні характеристики:
 - карбонатна система (рН; розчинений кисень; лужність; сумарна жорсткість);
 - основний сольовий склад води (хлориди; сульфати; фториди; натрій; калій);
 - характеристики присутності органічної речовини (окислюваність перманганатна; біхроматна окислюваність ГПК; біохімічне споживання кисню БПК);
 - біогенні елементи (азот- амоній, нітрати, нітриди; фосфати);
4. Токсичні метали (залізо, марганець, цинк, мідь, свинець, кадмій, миш'як, нікель, хром, кобальт, стронцій, літій);
5. Синтетичні органічні сполуки (СПАР; нафтопродукти).

У даній роботі розглядаються такі комплексні показники для водойм господарсько- питного та культурно-побутового водокористування:

- загальносанітарний індекс якості води ІЗВ, що враховує органолептичні показники і деякі гідрохімічні характеристики;
- гідрохімічний індекс забруднення води ІГВ, що враховує вміст токсичних металів.

Показником, за допомогою якого можна оцінити екологічний стан природних вод, є інтегральний індекс екологічного стану (ІЕС), що враховує найбільшу кількість аспектів екологічного стану водойм. Взаємодія різних критеріїв оцінки якості води повинно ґрунтуватися на пріоритеті вимог того водокористування, чий критерій жорсткіший. Наприклад, якщо водний об'єкт одночасно використовується для питного і рибного господарського призначення, то до оцінки якості води можуть висуватися більш суворі вимоги (рибного господарські та екологічні).

Оцінка якості води за загальносанітарною індексу якості води – ІЗВ.

Відповідно до ГОСТ 17.1.1.01-77, для визначення ІЗВ, спочатку за результатами хімічного аналізу води проводиться їх бальна оцінка показників забруднення по табл. 2.2, а далі виконується розрахунок за формулою 2.3:

$$ИКВ = \sum_{i=1}^n \gamma_i \cdot \omega_i \text{ (за умови } \sum \gamma_i = 1), \quad (2.3)$$

де γ_i вага показника, що входить в загальносанітарна ІЗВ;

ω_i бали (від 1 до 5), що привласнюються кожному показнику, що входить в загальносанітарна ІЗВ;

n показники, що входять в загальносанітарну ІЗВ.

Таблиця 2.2 – Бальна оцінка показників забруднення для визначення ІЗВ

Показники	Вага(γ)	Бал (ω)				
		5	4	3	2	1
Колі-індекс	0,18	0-100	101-1000	10^3-10^5	10^5-10^7	$>10^7$
Запах, бали	0,13	0	1-2	3	4	5
БСК ₅ , мгО ₂ /л	0,12	<1	1,0-2,0	2,1-4	4,1-10	>10
рН	0,10	$6,5 < \text{pH} < 8$	$6 < \text{pH} < 6,5$, $8 < \text{pH} < 8,5$	$5 < \text{pH} < 6$, $8,5 < \text{pH} < 9,5$	$4 < \text{pH} < 5$, $9,5 < \text{pH} < 10$	$\text{pH} < 4$, $\text{pH} > 10$
Розчинений кисень, мгО ₂ /л	0,09	>8	8-6	6-4	4-2	<2
Кольоровість, град	0,09	<20	21-30	31-40	41-50	>50
Зважені речовини, мг/л	0,08	<10	10-20	21-50	51-100	>100
Загальна мінералізація мг/л	0,08	<500	500-1000	1001-1500	1501-2000	>2000
Хлориди, мг/л	0,07	<200	200-350	351-500	501-700	>700
Сульфати, мг/л	0,06	<250	250-500	501-700	701-1000	>1000

Якісний стан води в залежності від величини ІЗВ визначається по табл.

2.3

Таблиця 2.3 – Класифікація якості води в залежності від значення ІЗВ

Якісний стан води	Значення ІЗВ	Клас якості води
Дуже чиста	5,0	1
Чиста	4,1-4,9	2
Помірно забруднена	2,6-4,0	3
Забруднена	1,6-2,5	4
Брудна	≤1,5	5

Оцінка якості води за інтегральним показником - гідрохімічного індексу забрудненості вод (ІЗВ). Особливість гідрохімічних показників полягає в тому, що вони пов'язані з наявністю у воді зазвичай розчинених хімічних речовин. Вони, як правило, не можуть бути визначені за допомогою органів почуттів. Тому можна використовувати гідрохімічний індекс забруднення води (ІЗВ), який відноситься до категорії показників, найбільш часто використовуваних для оцінки якості водних об'єктів. Цей індекс є типовим адитивним показником і представляє собою середню частку перевищення ГДК по строго лімітованому числу індивідуальних інгредієнтів і обчислюється за формулою 2.4:

$$ИЗВ = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ПДК_i}, \quad (2.4)$$

де C_i концентрація забруднюючої речовини в воді, мг / дм³;

Встановлюється вимога, щоб індекси забруднення води (ІЗВ) порівнювалися для водних об'єктів однієї біогеохімічної провінції і східного типу, для одного і того ж водотоку (за течією, в часі, і так далі), а також з урахуванням фактичної водності поточного року.

Такого роду класифікація досить умовна, хоча і використовується для інтегральної оцінки якості поверхневих вод.

Оцінка якості води за інтегральним індексом екологічного стану (ІЕС). В даний час відсутня єдина, досить повна і збалансована комплексна

методика оцінки якості води. Тому пропонується використовувати для цього інтегральний індекс екологічного стану (ІЕС), який дозволяють врахувати різні наявні показники і обчислюється за формулою 2.5:

$$ИИЭС = \frac{1}{n_b} \cdot \sum_{i=1}^{n_b} b_i, \quad (2.5)$$

де n_b кількість показників, що використовуються для розрахунку індексу ($n_b = 4$);

b_i бали (від 1 до 4), дані кожному показнику відповідно до табл. 2.4, де наведені межі діапазонів для визначення оцінних балів по кожному окремому показнику, в які входять значення ГДК, клас небезпеки забруднюючої речовини і комплексні показники, розраховані вище.

Таблиця 2.4 Градації показників для їх бальної оцінки

№ п/п	Показників	Бал (b)			
		1	2	3	4
1	Значення ГДК (норматив) забруднюючої речовини, мг/л	<0,01	0,01-0,1	0,11-1,0	>1,0
2	Клас небезпеки забруднюючої речовини	1	2	3	4
3	ІКВ, бали	1,6	1,6-2,5	2,6-4,0	>4,0
4	ІЗВ, бали	>4,0	2,1-4,0	1,0-2,0	<1,0

На підставі розрахункового значення ІЕС по табл. 2.5 здійснюється класифікація якості води, відповідна її екологічному стану.

Таблиця 2.5 – Класифікація якості води у залежності від значення індексу ІЕС

Клас якості води	Рівні порушення	Екологічний стан	Діапазон ІЕС
I	Б	екологічне лихо	$\leq 1,69$
II	К	екологічна криза	1,70-2,39
III	Р	напружена екологічна ситуація	2,40-2,99
IV	Н	відносне екологічне благополуччя	$\geq 3,0$

Кордон між III і IV класами відповідає допустимому екологічному навантаженню (ДЕН), під яким розуміють антропогенне навантаження (складається з окремих однорідних або різнорідних впливів), яке не змінює якості навколишнього природного середовища або змінює її в допустимих межах, забезпечуючи збереження або підвищення продуктивності співтовариства (його структурно-функціональної цілісності). Ця межа має характер перспективного нормативу, який може бути досягнутий до певного терміну, тобто через заздалегідь обумовлений час дозволяє перейти в категорію поточних нормативів.

Вихідні данні для розрахунку загальносанітарного індексу якості води наведені у табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Данні для розрахунку загальносанітарного індексу якості води

Показники									
Колі-індекс	Запах, балли	БПК ₅ , мг О ₂ /л	pH	Розчинений кисень, мг/л	Кольоровість, град	Зважені речовини, мг/л	Загальна мінералізація, мг/л	Хлориди, мг/л	Сульфати, мг/л
10 ⁸	1,5	6	7	7	25	5	2100	600	400

ГДК і клас небезпеки катіонів металів у воді наведено у табл.2.7.

Таблиця 2.7 ГДК і клас небезпеки катіонів металів у воді

Показник	Метали								
	Al ³⁺	As ³⁺	Cu ²⁺	Fe ³⁺	Hg ²⁺	Mn ²⁺	Ni ²⁺	Pb ²⁺	Zn ²⁺
ГДК _в , мг/л	0,5	0,05	1	0,3	0,0005	0,1	0,1	0,3	5
Клас небезпеки	2	2	3	3	1	3	3	2	3

2.5 Результати інтегральної оцінки екологічного стану природних вод в умовах залізничного депо

Оцінюємо якість води за загальносанітарним індексом якості води (ІЗВ) за формулою (2.4). Оцінку виконуємо в такій послідовності.

1. Визначаємо бали ω_i , що привласнюються кожному показнику, а також входять до загальносанітарного індексу якості води, використовуючи дані табл. 2.2 і 2.6.

2. Розраховуємо загальносанітарний ІКВ за формулою (2.3).

3. Результати розрахунку загальносанітарного ІКВ заносимо до таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 Результати розрахунку загальносанітарного ІЗВ

Показники	Вага (γ)	Значення показника	Бал (ω)	$\gamma \cdot \omega$
Колі-індекс	0,18	10^8	1	0,18
Запах, бали	0,13	1,5	4	0,52
БПК ₅ , мг O ₂ /л	0,12	6	2	0,24
pH	0,10	7	5	0,5
Розчинений кисень, мг O ₂ /л	0,09	7	4	0,36
Кольоровість, град	0,09	25	4	0,36
Зважені речовини, мг/л	0,08	5	5	0,4
Загальна мінералізація, мг/л	0,08	2100	1	0,08
Хлориди, мг/л	0,07	600	2	0,14
Сульфати, мг/л	0,06	400	4	0,24
—				Σ ІЗВ 3,02

4. Встановлюємо якісний стан води в залежності від обчисленого значення Σ ІКВ, використовуючи дані табл. 2.3.

Якісний стан води: помірно забруднена, клас якості води 3.

Оцінюємо якість води за інтегральним показником гідрохімічного індексу забрудненості вод (ІЗВ) за формулою (2.4)

Оцінку виконуємо в такій послідовності.

1. Розрахуємо кратність перевищення ($C_i/PДК_i$) для зазначених забруднюючих речовин, використовуючи дані табл. 2.6 і 2.7.

2. Обираємо з табл. 2.6 шість забруднювачів, що мають найбільшу кратність перевищення щодо ГДК, наведеного в табл. 2.7.

3. Розрахувати ІЗВ для обраних шести катіонів забруднювачів за формулою (2.4).

4. Результати розрахунків заносимо в таблицю 2.9:

5. Встановлюємо якісний стан води в залежності від розрахованої величини $\frac{\sum IЗВ}{6}$, використовуючи дані табл. 2.3. Якість води: Помірно забруднена. Клас якості води 3

Таблиця 2.9 Результати розрахунків якості води за інтегральним показником гідрохімічного індексу забрудненості вод

Метали	Фактична концентрація забруднюючої речовини C_i , мг/л	ГДК _i , мг/л	Величина $C_i/ГДК_i$ (крат-ність перевищення)	Компоненти, що беруть участь у розрахунку ІЗВ
Al ³⁺	0,15	0,5	0,3	Al ³⁺
As ³⁺	0,03	0,05	0,6	As ³⁺
Cu ²⁺	2,0	1	2	Cu ²⁺
Fe ³⁺	0,1	0,3	0,3	Fe ³⁺
Hg ²⁺	0,001	0,000	2	Hg ²⁺
Mn ²⁺	0,05	0,1	0,5	
Ni ²⁺	0,35	0,1	3,5	Ni ²⁺
Pb ²⁺	0,05	0,3	0,17	
Zn ²⁺	0,2	5	0,04	
—				$\frac{\sum IЗВ}{6} = 1,45$

Визначаємо інтегральний індекс екологічного стану (ІЕС) природних вод за формулою (2.5). Оцінку виконуємо в такій послідовності:

1. Проводимо бальну оцінку величин ГДК і класу небезпеки токсичних речовин, використовуючи дані табл. 2.4 і 2.7. Розраховуємо середні значення балів. Результати оформляємо у вигляді таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 Отримана бальна оцінка величини ГДК

Метали	ГДК _i , мг/л	Баллы (b)	Клас небезпеки	Бали (b)
Al ³⁺	0,5	3	2	2
As ³⁺	0,05	2	2	2
Cu ²⁺	1	3	3	3
Fe ³⁺	0,3	3	3	3
Hg ²⁺	0,0005	1	1	1
Mn ²⁺	0,1	2	3	3
Ni ²⁺	0,1	2	3	3
Pb ²⁺	0,3	3	2	2
Zn ²⁺	5	4	3	3
-		23	-	22

Отримані середні значення балів заносимо в рядки 1 і 2 стовпці 3 таблиці, наведеної нижче в пункті 4.

2. Проводимо бальну оцінку розрахованих раніше значень ІКВ і ІЗВ за допомогою табл. 2.4.

Отримані середні значення балів заносимо в рядки 3 і 4 шпальти 2.3 таблиці, наведеної нижче в пункті 4

3. Розраховуємо інтегральний індекс екологічного стану (ІЕС) за формулою (2.5).

4. Результати розрахунків представляємо у вигляді таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 Результати розрахунків інтегрального індексу екологічного стану ІЕС

Показники	Величина показника	Бали (b)
ГДК _i , мг/л	-	23
Клас небезпеки	-	22
ІКВ, бали	3,02	3
ІЗВ, бали	1,45	3
-	-	ІЕС=1,5

5. За розрахованим значенням інтегрального індексу екологічного стану (ІЕС =1,5) оцінюємо якість води, використовуючи таблиці 2.5.

Клас якості води: І

Рівень порушення: Б

Екологічний стан: «екологічне лихо»

РОЗДІЛ 3 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

3.1 Основні показники якості оборотної води при використанні паралельно-точного натрій-катіонування

Допустима якість вихідної води. Для зменшення забруднення катіоніту якість вихідної води перед катіонітним фільтром має бути в межах норм, не більш:

- вміст зважених домішок – 8 мг/л;
- кольоровість – 30 градусів платино - кобальтової шкали;
- вміст заліза – 0,3 мг/л;
- окислюваність перманганатна – 5 мгО/л.

Жорсткість води після натрій-катіонування

За допомогою паралельно точного натрій-катіонування загальну жорсткість вихідної води можна зменшити до меж, вказаних в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Загальна жорсткість вихідної води

Найменування	Мінералізація вихідної води,мг/л				
	≤200	200-500	500-800	800-1200	>1200
Загальна жорсткість води після натрій-катіонітних фільтрів	10	20	30	50	>50
I рівень, мкмоль/л	10	20	30	50	>50
II рівень, мкмоль/л	2-4	5	10	20-30	>30

Для досягнення нормативних значень жорсткості обробленої води при значеннях мінералізації вихідної води більше вказаних можуть бути передбачені способи (окремо або в поєднанні один з одним): протиточне фільтрування, триступінчате натрій-катіонування, нагрів оброблюваної води і регенераційного розчину реагенту до температури, конструкцією фільтру, що допускається, і матеріалом, що фільтрує, магнітна обробка води перед тим, що натрій-катіонує, вживання катіонітів великої обмінної ємкості.

Якість води після натрій-катіонування.

Жорсткість. Після прямоточного (паралельно-точного) натрій-катіонування загальна жорсткість вихідної води залежно від мінералізації вихідної води може бути зменшена до меж, вказаних в таблиці 3.1. При протиточному одноступінчатому натрій-катіонуванні можна досягти такого ж зменшення жорсткості, як і при тому, що двоступінчатому прямоточному натрій-катіонуванні.

Лужність води і водневий показник (рН) в середньому впродовж циклу фільтрування не змінюються, залишаючись рівними первинним значенням. Мінералізація після натрій-катіонування збільшується унаслідок того, що еквівалентна маса іона натрію дещо більше еквівалентних мас іонів Ca^{2+} і Mg^{2+} . Збільшення відбувається на значення, що виходить з рівняння 3.1:

$$\Delta M = 0,148 \cdot (\text{Ca}^{2+}) + 0,891 \cdot (\text{Mg}^{2+}), \quad (3.1)$$

$$\Delta M = (\text{Ca}^{2+}/20,04) \cdot 23 + (\text{Mg}^{2+}/12,16) \cdot 23,$$

де Ca^{2+} , Mg^{2+} – іони кальцію і магнію;

20,04; 12,16 – еквівалентна маса іонів кальцію і магнія відповідно, мг/ммоль (мг/екв);

23 – еквівалентна маса іона натрію, мг/ммоль (мг/екв).

Якщо враховувати наявність у воді іонів калія, то еквівалентну масу суми іонів натрію і калія слід приймати умовно рівною 25.

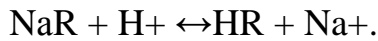
Кількість і якість стічних вод. Найбільш простий зі всіх іонообмінних методів – натрій-катіонування, але при його здійсненні виникають мінералізовані стічні води, скидання яких в каналізацію і природні водоймища обмежене. Способи очищення таких стічних вод складні, дорогі, і на більшості об'єктів стічні води скидаються в каналізацію без очищення.

3.2 Особливості натрій-катіонування і регенерації катіоніту

В той же час покращувати ефективність регенерації шляхом збільшення концентрації регенеруючого розчину можна до певної межі, що диктується економічними міркуваннями, які вимушують обмежуватися деякою витратою розчину, тобто зменшувати об'єм розчину при збільшенні концентрації натрій хлориду. Це, у свою чергу, зменшує ефективність регенерації, оскільки витиснені з катіоніту іони Ca^{2+} і Mg^{2+} розподіляються в меншому об'ємі регенераційного розчину, концентрація їх збільшується, і як проти іонів вони в таких умовах дієвіші. Одночасне зменшення об'єму розчину регенеранта знижує повноту регенерації, оскільки зменшення кількості цього розчину знижує його обмін в просторі між зернами катіоніту – бажана трикратна зміна рідини в цьому просторі. Для компенсації описаного недоліку рекомендується двоступінчата регенерація: спочатку розбавленим (2–3%-вим), потім більш концентрованим (10–12%-вим) розчином хлориду натрію. Аналог такого способу регенерації – двоступінчате натрій-катіонування. У фільтрі другого рівня проти іонів Ca^{2+} і Mg^{2+} дуже мало, і вони добре витісняються концентрованим розчином NaCl .

Швидкість фільтрування регенераційного розчину при обмеженій його витраті завжди менше швидкості фільтрування зм'якшуваної води. Для того, щоб дифузія іонів Na^{+} всередину зерна катіоніту і іонів Ca^{2+} і Mg^{2+} із зерна в розчин здійснювалася в достатній мірі, потрібний час – не менше 15 хв. Цим і визначається максимальна швидкість фільтрування регенераційного розчину через шар катіоніту – 4–6 м/ч (умовно приймається, що фільтр порожній).

Температура, як і в більшості хімічних процесів, інтенсифікує дифузію іонів, і тому там, де можливо, виробляється нагрівання зм'якшуваної води і регенераційного розчину хоч би до 35–40°C. Значення водневого показника (рН) зм'якшуваної води істотно впливає на обмінну ємність катіоніту в натрієвій формі. Чим нижче рН (чим більше у воді іонів H^{+}), тим більше іонів H^{+} беруть участь в обміні з іонами Na^{+} :



Іони водню володіють декілька більшим, ніж іони натрію спорідненістю до катіоніту, тому поглинені катіонітом іони H^+ погано витісняються іонами Na^+ , тобто «законні» місця іонів Na^+ зайняті іонами H^+ . Значить, обмінна ємкість катіоніту по іонах Ca^{2+} і Mg^{2+} знижується. Як правило, при тому, що натрій-катіонує значення рН має бути не менше 6,5 і не більше 10,0 (щоб уникнути руйнування катіоніту).

3.3 Вибір і обґрунтування параметрів технологічного режиму

Критерії застосовності методу. Межі вживання натрій-катіонування для підготовки додаткової води парових казанів і інших енергетичних об'єктів залежать, з одного боку, від необхідності запобігти передчасному припиненню або погіршенню роботи катіоніту, а з іншої – від технічних особливостей конструкції казанів. Передбачається оцінка п'яти критеріїв.

Карбонатна жорсткість вихідної води. Карбонатна жорсткість вихідної води при натрій-катіонуванні і подальшій атмосферній термічній деаерації може набувати наступних значень:

- для парових казанів і закритих систем теплопостачання – практично будь-яке (розчинність солей карбонатної жорсткості така, що в реальних умовах значення карбонатної жорсткості поверхневої води більше 7 ммоль/л не буває; карбонатна жорсткість підземної (артезіанською) води при попаданні її на поверхню також зменшується до значень не більше 7 ммоль/л);

- для відкритих систем теплопостачання і систем гарячого водопостачання – не більше 4 ммоль/л.

При вакуумній термічній деаерації, тобто при температурі 65–70°C гідрокарбонат натрію не розкладається, і водневий показник (рН) води не збільшується. Проте це властивість вакуумної деаерації не може служити підставою для збільшення межі значень карбонатної жорсткості (більше 4 ммоль/л), оскільки розкладання гідрокарбонату натрію відбувається у

водонагрівному казані, а по нормах якість подпитууючої і мережевої води має бути одним і тим же. Коли нагрів води передбачається в теплообмінниках до температури 65–70°C, натрій-катіонування з вакуумною термічною деаерацією може бути застосоване при будь-якому значенні карбонатної жорсткості вихідної води.

Відносна лужність котельної води. Однієї з причин аварій парового казана можуть бути тріщини барабана казана, викликані міжкристалітною корозією металу під впливом лужної котельної води. Руйнування металу барабана можливе лише при одночасній наявності трьох чинників:

- місцева розтягуюча механічна напруга, що перевищує межу, тобто напруга, близька 2,5 МН/мм²;

- нещільність елементів барабана, де може відбуватися глибоке випарювання котельної води, що утворюється під впливом корозійних агентів плівка оксидів заліза на поверхні металу захищає його від розвитку корозії. При попаданні в щілину котельні випаровується, при цьому гідроксид натрію, що випаровується гірше за воду, накопичується і при концентрації більше 10% починає розчиняти плівку оксидів – корозія розвивається. Враховувати цей процес потрібно при температурі більш 200°C, але відчутним він стає при температурі більш 300°C, тому, коли казан експлуатується з тиском меншим, ніж паспортне (наприклад, 0,6–0,7 МПа замість 1,4 МПа), вірогідність виникнення корозії зменшується;

- несприятливе поєднання речовин в котельній воді, в якій відсутні необхідні захисні концентрації інгібіторів цього вигляду корозії. Як інгібітори можуть виступати натрієві солі: сульфати, карбонати, фосфати, нітрати.

Корозійні тріщини не розвиваються, якщо дотримується відношення 3.2:

$$\frac{([Na_2SO_4] + [Na_2CO_3] + [Na_3PO_4] + [NaNO_3])}{[NaOH]} \geq 5, \quad (3.2)$$

де $[\text{Na}_2\text{SO}_4]$, $[\text{Na}_2\text{CO}_3]$, $[\text{Na}_3\text{PO}_4]$, $[\text{NaNO}_3]$, $[\text{NaOH}]$ вміст в котельній воді відповідно сульфату натрію, карбонату натрію, ортофосфату натрію, нітрату натрію і гідроксиду натрію, мг/кг. NaCl в даних умовах – не інгібітор корозії.

У котельних традиційно контролюють значення загальної мінералізації у воді, а не вміст окремих солей.

Значення відносної лужності котельної води:

- для казанів з барабанами – не більше 20%;
- для казанів із зварними барабанами і привареними до них трубами – не більше 50%;
- для казанів із зварними барабанами і привареними до них трубами – будь-яке значення відносної лужності.

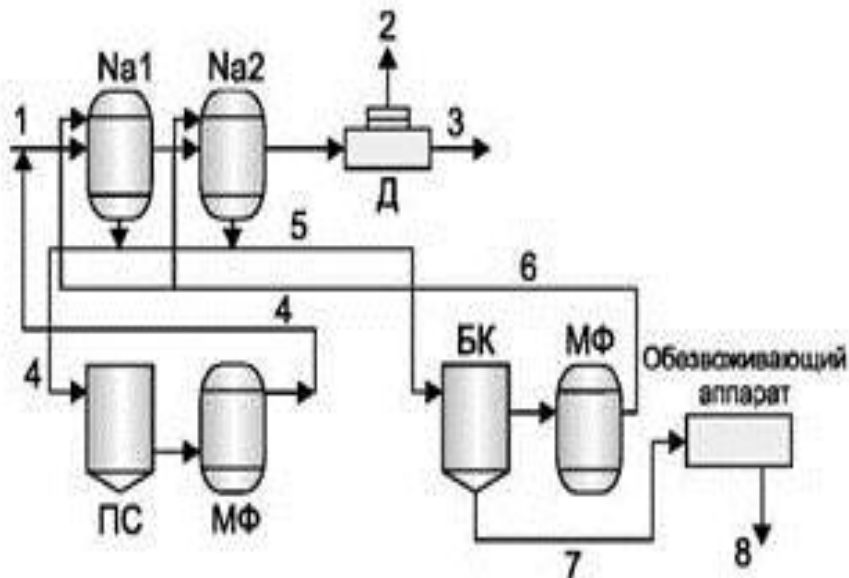
Оксид (IV) вуглецю (вуглекислий газ) в парі казанів.

Вміст вільного CO_2 в парі промислових казанів з пароперегрівачем допускається до 20 міліграма/кг. За наявності в системі підготовки додаткової води промислових і опалювальних котельних фази попереднього вапнування і наявності однієї з фаз водопідготовки (натрій-катионують або амоній-натрій-катионують), а також при значеннях карбонатної жорсткості вихідної води більше 3,5 ммоль/л допускається підвищення верхньої межі значення рН до 10,5.

При експлуатації вакуумних деаераторів можливе зниження нижньої межі значення рН до 7,0. Для запобігання вуглекислотної корозії пароконденсатного тракту необхідно зменшувати вміст CO_2 в парі. Загальний вміст діоксиду вуглецю в парі визначається наявністю в живильній воді вільного CO_2 і значенням лужності вихідної води.

При великому значенні діоксиду вуглецю в парі ще важливіше (для зменшення корозії конденсатопроводів) стає рекомендація здійснювати вентиляцію парових об'ємів теплообмінників.

3.4 Технологічна схема оборотного водопостачання депо



1- вихідна вода з горводопроводу; 2- дегазація в дегазаторі; 3- підпитуюча вода тепломережі; 4- прісні стоки; 5- відпрацьований регенераційний розчин солі; 6- зм'якшений розчин солі; 7- осад стічної води; 8- зневоднений осад.

Рисунок 3.1 – Схема оборотного водопостачання депо

3.5 Обґрунтування прийнятої конструкції апарату

Для нормалізації складу води в системі оборотного водопостачання залізничного депо, тобто для забезпечення її техногенної безпеки при застосуванні в котлоагрегатах підприємства, обираємо натрій-катионітовий паралельно-точний фільтр першого рівня. Схема установки наведена на рис.

3.2

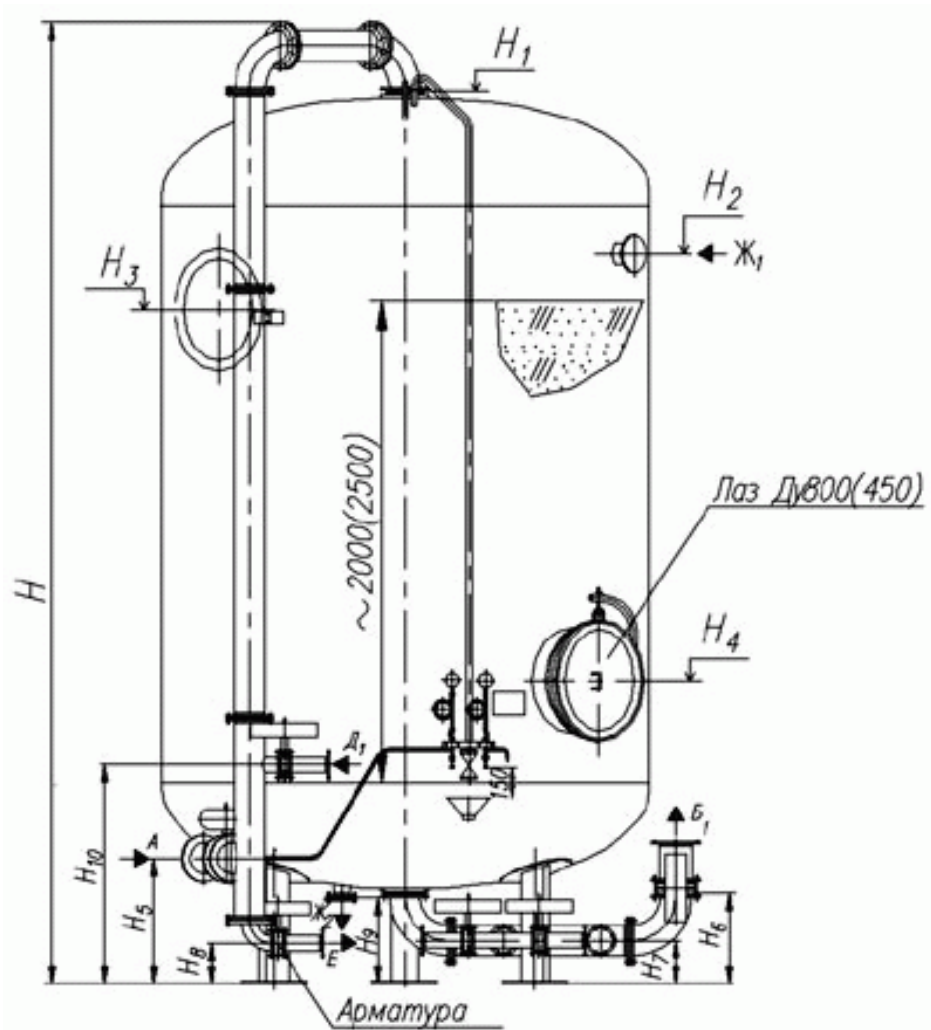


Рисунок 3.2 Фільтр натрій-катіонітовий паралельно-точний

Натрій-катіонітові паралельно-точні фільтри першого рівня є вертикальним однокамерним циліндровим апаратом і складаються з наступних основних елементів: корпусу, верхнього і нижнього розподільних пристроїв, трубопроводів і замочної арматури, пробовідбірною пристроєм і завантаження, що фільтрує.

Сталевий циліндричний корпус з еліптичними верхніми і нижніми днищами, днища якого приварені до циліндричної обичайки фільтру. Корпус фільтру забезпечений верхнім люком, призначеним для завантаження матеріалу, що фільтрує, і періодичного огляду його поверхні і лазом Ду 400 мм для проведення внутрішніх монтажних робіт.

У нижній частині обичайки фільтру є отвір для вивантаження матеріалу, що фільтрує, закрите заглушкою. В центрі верхнього днища фільтру проварений фланець, до якого зовні приєднаний трубопровід, що подає воду на обробку. В центрі нижнього днища зовні приварений патрубок, що відводить відпрацьовану воду.

Верхній розподільний пристрій призначений для відведення оброблюваної води і регенераційного розчину і відведення розпушуючої води.

Нижній розподільний пристрій призначений для забезпечення рівномірного збору обробленої води, рівномірного розподілу розпушуючої води. Нижній розподільний пристрій є горизонтальною трубчастою системою з рівномірно розташованими по всій поверхні щілинними ковпачками.

Верхні і нижні розподільні пристрої встановлюються суворо горизонтально. Фронтіві трубопроводи із замочною арматурою дозволяють здійснювати підведення до фільтру і відведення з нього всіх потоків води і регенераційного розчину в процесі експлуатації фільтру.

Пробовідбірний пристрій розташований по фронту фільтру і складається з трубок, сполучених з трубопроводами що подається на обробку і обробленої води, вентилів і манометрів, що показують тиск до і після фільтру. Пристрій для відведення повітря служить для періодичного відведення повітря, що скупчується у верхній частині фільтру і є трубкою з вентиляем.

Принцип роботи. Вихідна вода поступає у фільтр під натиском і проходить через шар катіоніту в напрямі зверху вниз. При цьому відбувається зм'якшування води шляхом обміну іонів кальцію і магнію на еквівалентну кількість іонів натрія-катіонітового завантаження. Цикл роботи фільтру складається з наступних операцій: зм'якшування, розпушування, регенерація, відмивання.

Робочий цикл фільтру закінчується, коли жорсткість фільтру почне перевищувати 0,1 мг-екв/л. Тривалість розпушування 15-30 хвилин при інтенсивності 3-4 л/м². Взпушування призначено для усунення ущільнення катіоніту. Регенерація катіоніту проводиться з метою збагачення його іонами

натрію і виробляється 5-8%-ним розчином NaCl. Після регенерації в напрямі зверху вниз іонообмінний матеріал відмивається від регенераційного розчину і продуктів регенерації.

3.6 Вибір і обґрунтування технологічного обладнання фільтрувальної установки

Установки зм'якшування безперервної дії призначені для зм'якшування води у водонагрівних і парових котельних, а також на промислових підприємствах з безперервним циклом виробництва. Установки складаються з двох натрій-катіонітних фільтрів із загальним блоком управління (верхня посадка) і бака для солерозчинення. У кожен момент часу в робочому режимі знаходиться лише один натрій-катіонітний фільтр. Другий фільтр при цьому знаходиться в режимі регенерації, або в режимі чекання. Як тільки вбудований водолічильник зафіксує пропуск заданого об'єму води, блок управління виробляє перемикання потоків і виводить перший натрій-катіонітний фільтр в режим регенерації, а другий фільтр в робочий режим. Електронний блок управління дозволяє легко набудувувати всі параметри роботи установки - об'єм води, який може обробити установка до вичерпання робочої обмінної ємкості, поточний час, тривалість всіх стадій регенерації, параметри водолічильника т.д.

Корпуси фільтрів виконані із склопластика, що ламінує зсередини поліетиленом. Усередині корпусів фільтрів знаходиться сильнокислотна катіонообмінна смола в *Na*-формі, що володіє високою обмінною ємкістю. При фільтруванні води через шар *Na*-катіоніту відбуваються реакції обміну катіонів жорсткості (кальцію і магнію) на натрій. При зм'якшуванні загальна жорсткість води знижується до 70-100 мкг-екв/л, а при послідовній двоступінчатій обробці до 10-20 мкг-екв/л. Загальна лужність води при тому, що натрій-катіонує практично не змінюється, сухий залишок декілька зростає (на 2-5%). Регенерація *Na*-формі катіонообмінної смоли здійснюється

промиванням розчином куховарської солі в автоматичному режимі. Розчин солі також автоматично готується після проходження чергової регенерації, при цьому в обов'язку обслуговуючого персоналу входить лише стеження за наявністю достатньої кількості солі в баку солерозчинення.

Для приготування регенераційного розчину рекомендується використовувати таблетовану куховарську сіль, а при її відсутності харчову куховарську сіль крупного помолу класу «ЕКСТРА», що не містить йоду.

3.7 Матеріальний баланс запропонованої установки

Для складання матеріального балансу фільтра скористаємося даними таблиці 2.1. Оскільки саме така вода поступає на водопідготовку в систему живлення котлоагрегатів, для подальших розрахунків занесемо їх у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Характеристика вихідної води

Показники	Вміст, мг-екв/л
Лужність	2,5
Mg^{2+}	1,73
Ca^{2+}	1,43
Fe^{3+}	0,9
pH	7,5

Після проходження води через натрій-катіонітовий фільтр жорсткість у воді, яку розраховали за формулою 3.3 для кальцію, а також 3.4 для магнію – становитиме:

$$Ж_{Ca^{2+}} = \frac{C_{Ca^{2+}}}{20.04} \quad (3.3)$$

За формулою (3.3) отримаємо $Ж_{Ca^{2+}} = \frac{1.43}{20.04} = 0.07$ мг-екв/л;

$$Ж_{Mg^{2+}} = \frac{C_{Mg^{2+}}}{12.16} \quad (3.4)$$

За формулою 3.4 отримаємо $J_{Mg^{2+}} = \frac{1.73}{12.16} = 0.14$ мг-екв/л;

Загальна жорсткість після проходження води через натрій-катионітовий фільтр визначається за формулою 3.5:

$$J_o = J_{Ca^{2+}} + J_{Mg^{2+}} \quad (3.5)$$

Результат розрахунку за формулою (3.5): $J_o = 0.07 + 0.14 = 0.21$ мг-екв/л;

Визначені очікувані показники оборотної води занесемо у табл. 3.3.

Таблиця 3.3 Характеристика очікуваної якості води після її очищення запропонованим фільтром

Показники	Одиниці виміру	Знесолена вода
Жорсткість	мг-екв/л	0,21
Fe^{3+}	мг /л	0,9
pH	мг /л	5,0

На Na - катионітний фільтр надходить вода наступного складу:

$$C_{Ca^{2+}} = 1.43 \text{ мг-екв/л};$$

$$C_{Mg^{2+}} = 1.73 \text{ мг-екв/л};$$

$$C_{Na^+} = 0.65 \text{ мг-екв/л};$$

$$C_{SiO_3^{2-}} = 0.34 \text{ мг-екв/л};$$

$$C_{CO_3^{2-}} = 1.2 \text{ мг-екв/л};$$

Тип матеріалу, що завантажується – КУ-2-8. Його обмінна ємність:

$$E_p = 511.4 \text{ г-екв/м}^3.$$

Необхідна площа фільтрування при швидкості фільтрування $W_\phi = 11.2$ м/годину визначається за формулою 3.6:

$$F = \frac{1.21 \cdot Q}{W_{\phi}}, \quad (3.6)$$

де 1,21 – коефіцієнт, що враховує солеміст води до очищення.

$$F = \frac{1.21 \cdot 35}{11.2} = 3.78 \text{ м}^2$$

Площа фільтра визначається за формулою 3.7:

$$f = \frac{F}{2}, \quad (3.7)$$

$$f = \frac{3.78}{2} = 1.89 \text{ м}^2$$

Приймаємо стандартний фільтр із наступними параметрами:

$$D = 20000 \text{ мм}, \quad h_{\text{шару}} = 2.4 \text{ м}, \quad f = 3.1 \text{ м}^2$$

Тоді дійсна швидкість фільтрації визначається за формулою 3.8:

$$W_{\phi} = \frac{1.21 \cdot Q}{f \cdot n}, \quad (3.8)$$

$$W_{\phi} = \frac{1.21 \cdot 35}{3.1 \cdot 2} = 6.8 \text{ м/ГОД}$$

Тривалість фільтрування визначається за формулою 3.9:

$$\tau = \frac{f \cdot h_{\text{шару}} \cdot E_p \cdot n}{1.21 \cdot Q \cdot (C_{Ca^{2+}} + C_{Mg^{2+}})}, \quad (3.9)$$

$$\tau = \frac{3.1 \cdot 2.4 \cdot 511.4 \cdot 2}{1.21 \cdot 35 \cdot (1.43 + 1.73)} = 56.86 \text{ годин.}$$

Добове число регенерації розраховуємо за формулою 3.10:

$$m = \frac{24 \cdot n}{\tau}, \quad (3.10)$$

$$m = \frac{24 \cdot 2}{56.86} = 0.84 \approx 1 \text{ регенерація на добу}$$

Витрати 100%-ної $NaCl$ на регенерацію визначаємо за формулою 3.11:

$$G_{NaCl}^{100\%} = \frac{E_p \cdot f \cdot h_{уару} \cdot b}{1000}, \quad (3.11)$$

де $b = 173$ г/г-екв – питома витрата $NaCl$;

$$G_{NaCl}^{100\%} = \frac{511.4 \cdot 3.1 \cdot 2.4 \cdot 173}{1000} = 658.2 \text{ кг.}$$

Для регенерації застосовується розчин 10% $NaCl$.

Тоді витрата 10% $NaCl$ на одну регенерацію, складає:

$$G_{NaCl}^{10\%} = \frac{658.2 \cdot 100}{10} = 6582 \text{ кг}$$

$$V_{NaCl}^{10\%} = 6582 \approx 0.345 \text{ м}^3$$

Регенерація Na - катіонітного фільтра здійснюється 3%-ним розчином $NaCl$.

3.8 Технологічний розрахунок апарату

Виконаний розрахунок натрій-катіонітного фільтру I-ступеню.

Нормальна швидкість фільтрування визначається за формулою 3.12

$$W_H = \frac{Q_{Na}}{f_{Na} \cdot a}, \quad (3.12)$$

де W_H – відповідно нормальна швидкість фільтрування, м/ч;
приймаються залежно від жорсткості зм'якшуваної води;

Q_{Na} продуктивність натрій-катіонітних фільтрів, м³/ч;

f_{Na} площа фільтрування натрій-катіонітного фільтру, м²;

a кількість працюючих фільтрів, приймається не менше два, крім того, один резервний, який в розрахунку не враховується (встановлюється фільтрів $a+1$);

$a+1$ число працюючих фільтрів при регенерації одного з них.

$$W_H = \frac{35}{3.1} = 11.2 \text{ (м/ч)},$$

Кількість солей жорсткості, що видаляється на натрій-катіонітних фільтрах, визначається по формулі 3.13:

$$A = 24 \cdot J_o \cdot Q_{Na}, \quad (3.13)$$

де A кількість солей жорсткості видаляється на натрій-катионітовому фільтрі, г-екв/доб;

J_0 загальна жорсткість води, що поступає на натрій-катионітний фільтр, г-екв/м³.

$$A = 24 \cdot 5.2 \cdot 35 = 4368 \text{ (г-екв/сут)}$$

Число регенерацій кожного фільтру в добу визначається по формулі 3.14:

$$n = \frac{A}{f_{Na} H_{cl} E_{Na}^p a}, \quad (3.14)$$

де n число регенерацій кожного фільтру першого рівня в добу;

H_{cl} висота шару катіоніту, м;

a число працюючих фільтрів;

E_{Na}^p робоча обмінна здатність катіоніту при тому, що натрій-катиону є, г-екв/м³.

За відсутності іонів Na^+ у вихідній воді робоча обмінна здатність катіоніту визначається по рівнянню 3.15:

$$E_{Na}^p = \alpha_e \cdot E_n - 0.5gJ_0g, \quad (3.15)$$

де α_e коефіцієнт ефективності регенерації, що враховує неповноту регенерації катіоніту залежно від питомої витрати солі на регенерацію;

E_n повна обмінна здатність катіоніту, г-екв/м³;

q питома витрата води на відмивання катіоніту, м³/м³.

$$E_{Na}^p = 0.62 \cdot 850 - 0.5 \cdot 6 \cdot 5.2 = 511.4 \text{ (г-екв/ м}^3\text{)}$$

Тоді

$$n = \frac{4368}{3.1 \cdot 2.4 \cdot 511.4} = 1.14 \text{ (раз/добу)}$$

Витрата 100% кухарської солі на одну регенерацію фільтру визначається по формулі 3.16:

$$Q_c^{Na} = \frac{E_P^{Na} \cdot f_{Na} \cdot H_{cl} \cdot g_z}{1000}, \quad (3.16)$$

де Q_c^{Na} витрата куховарської солі на одну регенерацію фільтру, кг;

q_r питома витрата солі на регенерацію, г/г-екв обмінної здатності катіоніту.

$$Q_c^{Na} = \frac{511.4 \cdot 3.1 \cdot 2.4 \cdot 100}{1000} = 380.4 \text{ (кг)}$$

Добова витрата технічної солі на регенерацію фільтрів визначається по формулі 3.17:

$$Q_{TC} = \frac{Q_c^{Na} \cdot n \cdot a \cdot 100}{93}, \quad (3.17)$$

де Q_{TC} витрата технічної солі на регенерацію фільтрів, кг/доб;

93 вміст NaCl в технічній солі, %.

$$Q_{TC} = \frac{380.4 \cdot 1.14 \cdot 1 \cdot 100}{93} = 466.2 \text{ (кг/сут)}$$

Витрата води на одну регенерацію натрій-катіонітного фільтру:

а) витрати води на розпушуюче промивання фільтру, м³ визначаємо за формулою 3.18:

$$Q_{вз} = \frac{i \cdot f_{Na} \cdot 60 \cdot t_{вз}}{1000}, \quad (3.18)$$

де $Q_{вз}$ кількість води на одне розпушуюче промивання фільтру, м³;

i інтенсивність розпушуючого промивання фільтрів, л/(м²*с);

$i=3$ л/(м²*с);

$t_{вз}$ тривалість розпушуючого промивання, хв;

$t_{вз}=15$ хв;

$$Q_{вз} = \frac{3 \cdot 3.1 \cdot 60 \cdot 15}{1000} = 8.37 \text{ м}^3$$

б) витрати води на приготування регенераційного розчину солі м³ визначаємо за формулою 3.19:

$$Q_{p.p} = \frac{Q_c^{Na} \cdot 100}{1000 \cdot b \cdot \rho_{p.p}}, \quad (3.19)$$

де $Q_{p.p}$ кількість води для приготування регенераційного розчину солі, м³;

b концентрація регенераційного розчину, %; $b=8\%$;

$\rho_{p.p}$ щільність регенераційного розчину, т/м³; $\rho_{p.p}=1,07$ т/м³;

$$Q_{p.p} = \frac{380.4 \cdot 100}{1000 \cdot 8 \cdot 1.07} = 4.44 \text{ м}^3$$

в) витрати води на відмивання катіоніта від продуктів регенерації, м³ визначаємо за формулою 3.20:

$$Q_{OT} = g_{OT} \cdot f_{Na} \cdot H_{ct}, \quad (3.20)$$

де, Q_{OT} витрати води на відмивання катіоніта від продуктів регенерації, м³;

g_{OT} питома витрата води на відмивання катіоніта, м³/м³;

$$Q_{OT} = 6 \cdot 3.1 \cdot 2.4 = 44.64 \text{ (м}^3\text{)}$$

Витрата води на одну регенерацію натрій-катіонітного фільтру без використання відмиваючої води на розпушування визначається за формулою 3.21:

$$Q_{c.n} = Q_{p.p} + Q_{OT}, \quad (3.21)$$

$Q_{c.n}$ витрата води на власні потреби натрій-катіонітного фільтру з врахуванням використання відмиваючої води на розпушування, м³.

$$Q_{c.n} = 4.44 + 44.64 = 49.08 \text{ (м}^3\text{)}$$

Міжрегенерацийний період роботи фільтру визначається з рівняння 3.22:

$$T_{Na} = \frac{24}{n} - t_{pez}^{Na}, \quad (3.22)$$

де T_{Na} міжрегенерацийний період роботи натрій-катіонітного фільтру, ч;

t_{pez}^{Na} час регенерації фільтру, хв визначається за формулою 3.23;

$$t_{pez}^{Na} = t_{взр} + t_{p.p} \cdot t_{om}, \quad (3.23)$$

$t_{p.p}$ час пропуску регенераційного розчину через фільтр, хв знаходимо за формулою 3.24

$$t_{p.p} = \frac{Q_{p.p} \cdot 60}{W_{p.p} \cdot f_{Na}}, \quad (3.24)$$

де $W_{p.p}$ швидкість пропуску регенераційного розчину, м/ч;

$$t_{p.p} = \frac{4.44 \cdot 60}{4 \cdot 3.1} = 21.4 \approx 22 \text{ хв.};$$

Визначаємо час відмивки фільтру від продуктів регенерації заформулою 3.25:

$$t_{oc} = \frac{Q_{oc} \cdot 60}{W_{oc} \cdot f_{Na}}, \quad (3.25)$$

де t_{oc} – час відмивки фільтру від продуктів регенерації, хв;

W_{oc} – швидкість відмивки, м/ч;

$$t_{oc} = \frac{44.64 \cdot 60}{8 \cdot 3.1} = 108 \text{ (хв)};$$

$$t_{pez}^{Na} = 15 + 108 + 22 = 145 \approx 2.4 \text{ год};$$

$$T_{Na} = \frac{24}{1.14} - 2.4 = 18.6 \text{ год}.$$

Таким чином період роботи натрій-катіонітного фільтру до моменту проведення його регенерації склав $T_{Na} = 18,6 \text{ години}$;

3.9 Компонування обладнання

Розміщення запропонованого очисного обладнання на певних відмітках і в певному місці в середині цеха виробництва є важливим питанням у процесі проектування виробництва. Складність компоновки пояснюється великою кількістю вимог БНіП, санітарних норм (СН) по охороні праці та техніки безпеки, правил безпеки у вибухонебезпечних залізничних виробництвах. При цьому повинні виконуватися і мінімальна довжина трубопроводів, транспортних пристроїв між апаратами, зручність монтажу, ремонту і обслуговування машин та апаратів, для чого повинні бути передбачені пройоми, площадки та проходи, мінімальна довжина прольотів, достатня освітленість, добра вентиляція усіх робочих площадок і приміщень.

При компонуванні обладнання повинні дотримуватись перелічені нижче основні вимоги.

Розташування обладнання повинно забезпечувати нормальне обслуговування апаратів. У залі, де знаходяться апарати, відстань задньої

сторони апаратів від стіни будівлі не повинна бути менш 500 мм. Компонування обладнання повинно забезпечувати можливість подальшого поширення станції очистки.

У випадку пожежі чи аварії передбачаються евакуаційні шляхи та виходи. Вихід відділяють від будівлі дверми, ширини сходів дверей 1,5м. Усі металічні частини технологічного обладнання та трубопроводи, які підлягають захисту від статичного електричного струму являють собою по всьому шляху безперервний електричний ланцюг у межах цеху не менш 200м.

Виробниче приміщення цеху у денний час освітлюється природним світлом, а у вечірній і нічний при допомозі штучного освітлення люмінесцентними лампами.

Компонування обладнання для підготовки води повинне забезпечити безпеку виробництва, зручне обслуговування обладнання, можливість його ремонту і монтажу.

3.10 Контроль та керування природоохоронними процесами

Перш ніж котельна почне свою роботу необхідно все ретельно перевірити. Спершу перевіряють казан перед розтопленням:

- справність топки і газоходів, замочних регулюючих пристроїв;
- справність контрольно-вимірювальних приладів, арматури, гарнітури, насосів, димососів, а також наявність природної тяги;
- справність пристрою пальника;
- перевірити по манометру відповідність тиску палива перед форсункою;
- заповнення казана водою до відмітки нижчого рівня;
- відсутність заглушок перед і після запобіжних клапанів, на апаратних проводах, на живильній лінії;
- відсутність в топці і газодуві сторонніх предметів;

Далі подати напругу до пульта управління. Безпосередньо перед розтопленням казана має бути вироблена вентиляція в течії 10-15 хвилин. Заповнення казана водою виробляється при відкритому запобіжному клапані.

Розтоплення казана повинне проводитися протягом 40 хвилин, при слабкому вогні, закритому паровому вентилю.

Перед включенням казана в роботу мають бути вироблені:

- перевірка справності дії запобіжних клапанів, водовказівних приладів, манометра і живильного насоса;
- перевірка і включення автоматики безпеки;
- продування казана.

Включення казана в паропровід повинне виробляється повільно, після ретельного прогрівання і продування паропроводу.

Зупинка казана у всіх випадках, за винятком аварійної зупинки, повинна виробляється лише по здобуттю письмового розпорядження адміністрації.

При зупинці казана необхідно:

- підтримувати рівень води в казані вище середнього робочого положення;
- припинити подачу палива в топку;
- відключити казан від паропроводу після припинення горіння в топці;
- виробити розхолодження казана і спуск води;
- провітрювати топку і газодувку в течії 10-15 хвилин.

РОЗДІЛ 4 «ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ»

4.1 Характеристика негативних факторів проектованого об'єкта

Наявність високого тиску і температури води та пари у водогрійних і парових котлах створюють підвищену небезпеку при їх експлуатації. Основними причинами аварій при експлуатації парових та водогрійних котлів можуть бути:

- 1) порушення водного режиму котла;
- 2) перевищення робочого тиску;
- 3) дефекти проектування котла;
- 4) дефекти, допущені при виготовленні та ремонті котла;
- 5) зниження механічної міцності котла в процесі експлуатації тощо.

Порушення водного режиму може призвести до відкладання на внутрішніх стінках котла теплонепровідного накипу з різних солей ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$; $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$; CaSO_4 та ін.). Вода і димові гази можуть викликати корозію, яка знижує механічну цінність котла.

Керівництво підприємства повинно забезпечувати утримання котлів в справному стані і безпечні умови їх експлуатації. Для цього наказом призначаються відповідальний за справний стан і безпечну експлуатацію котлів та обслуговуючий персонал. До обслуговування допускаються особи, не молодше 18 років, які пройли медичний огляд, спеціальне відповідне навчання і атестацію та мають посвідчення на право обслуговування котлів.

Основні заходи щодо запобігання вибухів та аварій спрямовані на точне дотримання норм експлуатації парових та водогрійних котлів. Для забезпечення безпечних умов і розрахункових режимів експлуатації та керування роботою всі котли повинні бути оснащені: запобіжними клапанами (не менше двох); манометрами; термометрами; покажчиками рівня води (не

менше двох, за винятком прямоточних котлів); запірною і регулювальною апаратурою; приладами безпеки і пристроями, для живлення котлів водою.

Усі елементи котлів з температурою стінки зовнішньої поверхні більше 45°C, що розташовані в місцях, доступних для обслуговуючого персоналу, мають бути покриті теплоізоляцією, температура зовнішньої поверхні якої не повинна перевищувати 45 °C.

На кожний котел має бути паспорт і виробнича інструкція з безпечної експлуатації.

Як правило, котел розташовують в окремих будівлях або приміщеннях, які відповідають вимогам будівельних норм і правил, санітарних норм проектування і протипожежних норм. Правила забороняють розташовувати котли в школах, громадських і побутових будівлях, а також в будівлях, які примішують до складу горючих матеріалів, за винятком складів палива для самої котельної.

Приміщення котельної, котли і все устаткування слід тримати у справному стані і чистоті. Забороняється захаращувати приміщення котельної або зберігати у ньому будь-які матеріали та речі. Проходи у приміщенні котельної і виходи з неї завжди повинні бути вільними. Двері для виходу з котельної повинні легко відчинятися назовні та бути без запорів зсередини. Приміщення котельної обладнуються ефективною вентиляцією, достатнім природнім освітленням, а в темну годину штучним. Крім робочого, в котельній передбачають аварійне освітлення від самостійних джерел живлення.

4.2 Оцінка пожежовибухонебезпеки проектного об'єкта

Основними причинами пожеж на виробництві є:

- необережне поводження з вогнем;
- незадовільний стан електротехнічних пристроїв та порушення правил їх монтажу та експлуатації;
- порушення режимів технологічних процесів;

- несправність опалювальних приладів та порушення правил їх експлуатації;

- невиконання вимог нормативних документів з питань пожежної безпеки.

Дуже часто пожежі на виробництві спричинені необережним поводженням з вогнем. Під цим, як правило, розуміють паління в недозволених місцях та виконання так званих вогневих робіт. Вогневими роботами вважають виробничі операції, пов'язані з використанням відкритого вогню, іскроутворенням та нагрівом деталей, устаткування, конструкцій до температур, що здатні викликати займання горючих речовин і матеріалів, парів легкозаймистих рідин. До вогневих робіт належать: газо- та електрозварювання, бензино- та газорізання, паяльні роботи, варки бітуму та смоли, механічна обробка металу з утворенням іскор.

Виконавці робіт (електрозварювальники, газозварювальники, газорізальники, паяльники, бензорізальники та ін.) повинні бути проінструктовані про заходи пожежної безпеки відповідальними особами.

Місця проведення вогневих робіт повинні бути вільними від горючих матеріалів у радіусі не менше 5м.

Для газового зварювання застосовують такі речовини, як ацетилен, метан, пари бензину та гасу, що збільшує небезпеку пожежі та вибуху. Карбід кальцію слід зберігати на стелажах у закритих барабанах у сухому добре провітрюваному наземному приміщенні. Нижня полиця стелажа повинна розташовуватися на висоті 20см від підлоги, щоб запобігти затопленню карбиду кальцію водою.

Пожежі через виникнення коротких замикань, перевантаження електродвигунів, освітлювальних та силових мереж внаслідок великих місцевих опорів, роботу несправних або залишених без нагляду електронагрівальних приладів складають більше 25% всіх випадків. Короткі замикання виникають внаслідок неправильного монтажу або експлуатації електроустановок, старіння або пошкодження ізоляції. Струм короткого

замикання залежить від потужності джерела струму, відстані від джерела струму до місця замикання та виду замикання. Великі струми замикання викликають іскріння та нагрівання струмопровідних частин до високої температури, що супроводжується займанням ізоляції провідників та горючих будівельних конструкцій, котрі знаходяться поряд. Струмові перевантаження виникають при ввімкненні до мережі додаткових споживачів струму або при зниженні напруги в мережі. Тривале перевантаження призводить до нагрівання провідників, що може викликати займання.

Для запобігання пожежі від великих перехідних опорів мідні проводи та кабелі з'єднують скручуванням жил, а потім спаюють їх оловом без застосування кислоти. Алюмінієві кабелі з'єднують гільзами. Вибір конструкції електроустановок, а також матеріалів, з котрих вони виготовлені, вибір площі перерізу та ізоляції провідників і кабелів залежить від ступеня пожежонебезпеки навколишнього середовища, режиму роботи електроустановок та можливих перевантажень. Площа перерізу вибирається згідно з нормами допустимого струмового навантаження та падіння напруги в мережі. Граничні струмові навантаження наводяться в спеціальних таблицях, розрахованих з врахуванням нагрівання жил до температури не більше 55 °С.

4.3 Профілактичні заходи з охорони праці

Проектом передбачено:

- заземлення електрообладнання;
- загальнообмінна вентиляція;
- протипожежні заходи (вогнєгасники, пожежні крани, ящиками з піском і лопатами)

Виробниче обладнання відповідає умовам безпеки, згідно ГОСТ 12.2.003-91.

Обслуговуючий персонал забезпечується засобами індивідуального захисту безкоштовно згідно зі штатним розкладом і на підстав "Типових

галузевих норм безплатної видачі спецодягу, спецвзуття та інших засобів індивідуального захисту робітникам і службовцям виробництва та інших галузей промисловості".

Засоби індивідуального захисту органів зору, дихання, слуху вибираються з урахуванням складу та стану повітряного серед характеру виробничого процесу та інших умов праці.

Органи дихання захищають фільтруючими приладами. До фільтруючим засобів захисту відносяться респіратори і протигази. Той або інший засіб захисту органів дихання вибирається за ГОСТ 12.4.034-78 залежно від виду шкідливих речовин, їх концентрації і коефіцієнта захисту.

Повинні бути передбачені наступні основні заходи щодо забезпечення здорових і безпечних умов праці:

- огороження небезпечних зон;
- для запобігання електропоразок передбачені заземлювачі на обладнанні;
- передбачено природне і штучне освітлення;
- для зменшення концентрації пилу і шкідливих виробничих домішок у повітрі цехів і на робочих місцях передбачена витяжна вентиляція;
- допоміжні санітарно-побутові приміщення (кімнати відпочинку, місця для куріння, миття рук і прийняття душу перед прийомом їжі);
- засоби індивідуального захисту (робочим надається спецодяг, респіратори, гумові рукавички, чоботи, каски);
- у разі пожежі передбачені евакуаційні виходи, а також вогнегасники.

4.4 Пакування. Транспортування та зберігання катіоніту на виробництві

Катіоніти пакують в поліетиленові мішки за ГОСТ 17811 вкладені в льняні мішки за ГОСТ 30090 або в мішки з вінилової шкіри. Маса катіоніту в мішку не повинна перевищувати 50кг.

Дозволяється пакування катіоніту: в поліетиленові бочки, бідони, фляги, що гарантують безпеку продукції. Катіоніти транспортують у закритому транспорті. При температурі нижче 0С катіоніти, перевозять в опалювальному транспорті відповідно до правил перевезень вантажів, що діють на данному виді транспорту. При температурі вище 0С дозволяється транспортувати катіоніти упаковані в контейнери, на відкритому рухомому складі.

Не дозволяється транспортувати катіоніти, упаковані в мішки разом з агресивними речовинами. Катіоніти зберігають в упакованому вигляді в чистих і складських приміщеннях при температурі не нижче плюс 2С на відстані не менше 1м від опалювальних приладів.

Гарантійний термін зберігання катіонітів 12 місяців від дня виготовлення.

4.5 Інструкція з охорони праці для операторів котельної установки

Загальні вимоги безпеки.

4.5.1 У даній інструкції передбачаються основні вимоги по заходах безпеки при експлуатації парових котлів з надлишковим тиском пари не понад 0,07 МПа, водогрійних котлів і водопідігрівачів з температурою води не понад 115°С (далі - "котли").

4.5.2 Відповідальним за безпечну експлуатацію і технічний стан котлів призначається особа з числа фахівців підприємства, що мають досвід роботи з експлуатації котлів, що пройшли перевірку знань у встановленому порядку і що мають відповідне посвідчення.

4.5.3 При порушенні правил безпечної експлуатації водогрійних і парових котлів працівник може бути підданий термічним опікам, поразці електричним струмом, динамічним ударами при вибуху котла.

4.5.4 До обслуговування водогрійних і парових котлів допускаються особи віком від 18 років, що пройшли медичний огляд, навчання по

відповідній програмі, перевірку знань кваліфікаційною комісією і отримали посвідчення на право обслуговування котлів.

4.5.5 Повторна перевірка знань у працівників котельні проводиться кваліфікаційною комісією не рідше одного разу в рік, як правило, на початку опалювального сезону, а також:

- при перекладі котлів на інший вид палива;
- при переході працівників на обслуговування котлів іншого типу.

4.5.6 Допуск працівників до самостійного обслуговування котлів повинен оформлятися наказом по підприємстві.

4.5.7 На підприємстві повинна бути розроблена і затверджена головним інженером інструкція з режиму роботи і безпечному обслуговуванню котлів. Інструкція повинна знаходитися на робочих місцях і видаватися працівникам під розписку.

4.5.8 Схеми включення котлів повинні бути вивішені на робочих місцях.

4.5.9 Працівники, що обслуговують котельні, повинні бути забезпечені спецодягом і спецвзуттям відповідно до діючих нормами:

- костюмом бавовняним;
- рукавицями комбінованими;
- окулярами захисними.

Котлочист повинний бути забезпечений, крім того:

- білизною натільною;
- черевиками шкіряними чи чоботями кирзовими;
- шоломом з наплечниками;
- підшоломником трикотажним;
- респіратором.

4.5.10 У котельні повинні бути вогнегасники марки ОХП-10 (2 шт) і ОП-10.

Працівники, що обслуговують котельні, повинні вміти користатися первинними засобами пожежегасіння.

Забороняється використовувати пожежний інвентар не по призначенню.

4.5.11 У котельні забороняється перебування особи, що не має відносини до експлуатації котлів і устаткування котельні. У необхідних випадках сторонні можуть допускатися в котельню тільки з дозволу адміністрації й у супроводі її представника.

4.5.12 Котли і котельне устаткування повинні утримуватися в справному стані. Забороняється захаращувати приміщення котельні чи зберігати в ньому які-небудь матеріали чи предмети. Проходи в котельному приміщенні і виходи з нього повинні бути завжди вільні.

4.5.13 Не допускається розміщення баків з легкозаймистим рідким паливом, а також запасів горючемастильних матеріалів у приміщенні, де встановлений котел.

4.5.14 Нагляд за технічним станом котлів у період експлуатації шляхом зовнішнього огляду повинний здійснюватися:

- щозмінно працівниками котельні з записом у змінному журналі;
- щодня особою, відповідальним за безпечну експлуатацію і технічний стан котлів;
- періодично не рідше одного разу в рік головним інженером підприємства.

Результати періодичного зовнішнього огляду повинні відбиватися в акті обстеження котла.

4.5.15 При роботі в котлі, на його площадках і в газоходах для місцевого освітлення повинні застосовуватися переносні акумуляторні світильники у вибухозахищеному виконанні напругою не понад 12В, включення і вимикання яких повинно здійснюватися поза вибухонебезпечною зоною.

4.6 Вимоги безпеки перед початком роботи

4.6.1 Одягти передбачений нормами спецодяг.

4.6.2 Перевірити наявність первинних засобів пожежегасіння, ознайомитися з записами в змінному журналі і перевірити справність котлів,

що обслуговуються, і стосовного до них устаткування, а також справність аварійного освітлення, телефонного зв'язку (чи звукової сигналізації) для виклику в екстрених випадках представників адміністрації і зв'язку котельні з місцями споживання пари.

4.6.3 Прийом і здача зміни оформляється в змінному журналі за підписами відповідальних по зміні осіб. Записи в журналі щодня перевіряє особа, відповідальна за безпечну експлуатацію котлів.

Не дозволяється приймати і здавати чергування під час ліквідації аварії в котельні.

4.6.4 Перед розпалюванням котла варто перевірити:

- справність топки і газоходів, запірних і регулюючих пристроїв;
- справність контрольно-вимірювальних приладів, живильних пристроїв, вентиляторів, а також наявність природної тяги;
- справність устаткування для спалювання газоподібного палива;
- рівень води в котлі, герметичність фланців, запірної арматури, люків;
- відсутність заглушок на продувних, спускних і живильних паропроводах, мазутопроводах, газопроводах, а також до і після запобіжного клапана;
- відсутність у топці і газоходах сторонніх предметів.

4.6.5 Забороняється пуск у роботу котлів з несправними: арматурою, живильними приладами, засобами автоматики, засобами протиаварійного захисту і сигналізації.

4.6.6 Безпосередньо перед розпалюванням котла повинна бути зроблена вентиляція топки і газоходів протягом 10-15 хв.

4.7 Вимоги безпеки під час роботи

4.7.1 Розпалювання котлів повинне провадитися тільки при наявності розпорядження, записаного в змінному журналі відповідальним за безпечну експлуатацію котлів.

4.7.2 Час початку розпалювання і пуску котла в роботу повинне фіксуватися в змінному журналі.

4.7.3 Режим розпалювання котлів повинний відповідати вимогам документації заводу-виготовлювача.

Не допускається застосування при розпалюванні котла, що працює на твердому паливі, легкозаймистих нафтопродуктів (бензин, гас, дизельне паливо й ін.).

4.7.4 Підтягування болтових з'єднань і т. п. під час розпалювання котла повинне провадитися з дотриманням необхідної обережності в присутності особи, відповідальної за безпечну експлуатацію котла, із застосуванням стандартних ключів без використання важелів, що подовжують.

4.7.5 Під час чергування працівники котельні повинні стежити за справністю котла і всього устаткування котельні і строго дотримувати встановлений режим роботи котла.

Несправності устаткування, що виявляються в процесі роботи, повинні фіксуватися в змінному журналі. Працівники повинні вживати негайних заходів до усунення несправностей, що загрожують безпечній і безаварійній роботі устаткування. Якщо несправності усунути власними силами неможливо, то необхідно повідомити про це особі, відповідальному за безпечну експлуатацію котлів, і вжити заходів по зупинці роботи котла.

4.7.6 Під час роботи варто підтримувати встановлені:

- рівень води в котлі і рівномірне живлення його водою. При цьому не можна допускати, щоб рівень води опускався нижче припустимого нижчого рівня чи піднімався вище припустимого вищого рівня;

- тиск пари. Не дозволяється підвищення тиску пари вище припустимого;

- температуру перегрітої пари, а також температуру живильної води після економайзера;

- нормальну роботу пальників (форсунок).

4.7.7 При роботі котла не рідше одного разу в зміну варто здійснювати перевірку:

- справності дії манометрів за допомогою триходових кранів чи їхніх запірних вентилів, що замінюють;
- водовказівних приладів (продувкою);
- справності дії запобіжних клапанів (продувкою);
- справності живильних насосів, шляхом короткочасного пуску кожного з них у роботу.

4.7.8 Періодична продувка котла повинна провадитися в присутності особи, відповідального за безпечну експлуатацію котлів. До продувки необхідно переконатися в справності водовказівних приладів, живильних пристроїв, наявності води в живильних баках.

Відкриття продувної арматури повинне провадитися обережно і поступово.

Під час продувки необхідно вести спостереження за рівнем води в котлі і не допускати його зниження.

У випадку виникнення в продувних лініях гідравлічних ударів, вібрацій трубопроводу чи інших відступів від норми, продувка повинна бути припинена.

Забороняється робити продувку при несправній продувній арматурі, відкривати і закривати арматуру ударами молотка чи інших предметів, а також за допомогою подовжених важелів. Час початку і закінчення продувки котла варто записувати в змінний журнал.

4.7.9 Чищення топки варто робити при зниженому навантаженні котла, ослабленому чи виключеному дутті і зниженій тязі.

При видаленні шлаку і золи з топки повинна бути включена витяжна вентиляція.

4.7.10 Працівники котельні під час чергування не повинні відволікатися від виконання своїх обов'язків.

4.7.11 Забороняється під час роботи котлів замикати двері для виходу з котельного приміщення.

4.7.12 Роботи усередині топок і газоходів котла можуть виконуватися тільки при температурі не вище 60°C по наряді-допуску на роботи підвищеної небезпеки.

Перебування того самого працівника усередині котла чи газоходу при температурі 50-60°C без перерви не повинне перевищувати 20хв. Необхідні заходи безпеки при проведенні таких робіт обумовляються в наряді-допуску.

4.7.13 Перед закриттям люків і лазів необхідно перевірити відсутність усередині котла людей, сторонніх предметів, а також наявність і справність пристроїв, встановлених усередині котла.

4.7.14 До початку проведення ремонтних робіт усередині барабана, камери чи колектора котла, з'єданого з іншими працюючими котлами загальними трубопроводами (паропровід, живильні, дренажні і спускні лінії і т. д.), а також перед оглядом чи ремонтом елементів котла, що знаходяться під тиском, при наявності небезпеки опіку людей пором чи водою, котел повинний бути ізольований від усіх трубопроводів заглушками чи відєднаний. Відєднані трубопроводи також варто заглушити.

4.7.15 При роботі на газоподібному паливі котел повинний бути надійно відділений від загального газопроводу відповідно до інструкції з обслуговування котла.

4.7.16 Несправності елементів котла і комунікацій, що знаходяться під тиском чи впливом високої температури від топки чи пари, усувають при непрацюючому котлі.

4.7.17 При відключенні ділянок трубопроводів і газоходів на вентилях, засувках, а також на пускових пристроях димососів, дуйних вентиляторів і живильників палива повинні бути вивішені плакати: "Не включати працюють люди!", при цьому в пускових пристроїв димососів, дуйних вентиляторів і живильників палива повинні бути зняті плавкі вставки.

4.7.18 При зупинці котлів на тривалий час улітку чи по закінченні опалювального сезону їх очищають від сажі і накипу, заливають цілком водою і відключають від водопровідної системи.

4.7.19 При зупинці в холодний час котлів, встановлених у неопалюваних приміщеннях, їх також очищають від сажі, накипу з наступним промиванням і гідроіспитом і обов'язково спускають воду з котла-водонагрівача, насоса і трубопроводів.

4.8 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

4.8.1 Робота котла повинна бути негайно зупинена:

- при різкому підвищенні тиску і температури вище встановлених у котлі і системі, незважаючи на вжиті заходи (припинення подачі палива, зменшення тяги і дуття);

- при наявності ушкодження котла з витоків води з місця ушкодження;

- при несправностях живильних приладів, водовказівних приладів, манометрів, термометрів, запобіжних клапанів;

- при припиненні циркуляції води в системі (несправність насоса, відключення електроенергії);

- при виявленні в елементах казана (барабані, жаровій трубі, вогневій коробці, трубних грат і т.п.) тріщин, вспучин, нещільності зварених швів, розривів труб;

- при накаливанні елементів котла чи каркаса;

- при горінні сажі і часток палива в газоходах, пароперегрівнику;

- при виявленні невластивого при роботі котла шуму, вібрації, стукоту;

- при несправності запобіжних блокувальних пристроїв;

- при виникненні пожежі, що безпосередньо загрожує котлу.

4.8.2 Причини аварійної зупинки котла повинні бути записані в змінному журналі.

4.8.3 При аварійній зупинці котла необхідно:

- припинити подачу палива і повітря, різко послабити тягу;

- після припинення горіння в топці відкрити на якийсь час димову заслінку;

- відключити котел від головного паропроводу;
- випустити пару через підняті запобіжні клапани чи аварійний вихлопний вентиль.

Забороняється підпитувати розпечений вище припустимої температури котел водою щоб уникнути вибуху.

4.8.4 При зупинці котла через загоряння сажі чи часток палива в газоходах, чи пароперегрівнику економайзері негайно припинити подачу палива і повітря в топку, припинити тягу, зупинити димососи і вентилятори і цілком перекрити повітряні і газові заслінки.

Якщо можливо, заповнити газохід паром і після припинення горіння провентилювати топку.

4.8.5 У випадку виникнення в котельні пожежі працівники повинні негайно викликати пожежну охорону і вжити заходів до гасіння, не припиняючи спостереження за котлами.

Якщо пожежа загрожує котлам і неможливо швидко її згасити, необхідно зупинити котли в аварійному порядку.

4.8.6 Евакуювати в безпечне місце персонал. Зробити необхідну медичну допомогу потерпілим. Викликати швидку допомогу.

4.8.7 Доповісти про те, що трапилося, керівнику ділянки, цеху. При роботі казана на газі необхідно повідомити про те, що трапилося, диспетчеру газової служби.

4.8.8 Ліквідувати наслідки аварії і робити наступний пуск казана в роботу можна тільки за письмовим наказом начальника цеху (по наряді-допуску).

4.9 Вимоги безпеки по закінченню роботи

4.9.1 Після закінчення роботи в котельні варто прибрати робоче місце.

4.9.2 Здати чергування відповідальному по зміні з записом у змінному журналі про всі замічені недоліки, несправності, указівках, розпорядженнях керівництва.

4.9.3 Зупинка котла (за винятком аварійної) провадиться за письмовим наказом особи, відповідальної за безпечну експлуатацію котла, про що робиться запис у змінному журналі.

4.9.4 У випадку зупинки котла працівники котельні не мають права залишати своє робоче місце до повного припинення горіння в топці котла, видалення з нього залишків палива і зниження тиску до нуля, за винятком котлів, що не мають цегельної кладки. У таких котлах зниження тиску до нуля після видалення палива з топки не обов'язково, якщо котельня буде закрита на замок.

Захист від виробничого шуму та вібрації. Основними джерелами шуму та вібрації виробництва пом'якшеної води Na-катіонуванням є насоси та фільтри.

Санітарна норма рівня звуку на постійному робочому місці згідно ДСН 3.3.6.037-99, не повинна перевищувати 80 дБА. Фактичний рівень шуму становить 76 дБА, що задовольняє вимогам .

На підприємстві від виробничого шуму захищають звукоізоляційні пристрої: перегородки, екрани й об'ємні звукопоглиначі (перфоровані куби та кулі) підвішені над насосами.

Відповідно до ДСН 3.3.6.039.99 допустимий рівень вібрації в приміщенні– не більше 3,1 дБ. Для захисту від вібрації в цеху передбачено розміщення двигунів на амортизаторах зі сталевих пружин.

Для контролю шуму застосовують шумоміри, а вібрації – прилад ВШВ-003. Усувають або зменшують їх вплив за рахунок:

- збільшення загальної маси фундаменту і використання металевих масивних плит у фундаментних опорах;
- балансування (врівноваження) рухомих і особливо обертових деталей і механізмів;

- жорсткого кріплення віброуючих деталей та вузлів, усунення надлишкових зазорів у спряженнях механізмів і машин;
- зміни кількості обертів джерела вібрації для збільшення розриву між резонансною і власною частотами коливань;
- застосування динамічних віброгасників.

Індивідуальний захист забезпечують навушники, шоломи, беруши.

Електробезпека. Електроустановки живляться від трифазної чотирипровідної електромережі змінного струму з глухозаземленою нейтраллю частотою 50 Гц та напругою 380/220 В.

Основною причиною виникнення електротравматизму персоналу цеху становить виникнення напруги при:

- помилковому включенні вимкненої установки чи замикання між вимкненими та струмоведучими частинами, що є під напругою;
- пошкодженні ізоляції струмопровідних частин;
- відсутності або несправності захисного відключення.

Відповідно до ГОСТ 12.1.038-82 гранично допустимі значення наступні:

а) за нормального режиму роботи електрообладнання $I_L = 0,3 \text{ мА}$, $U_d = 2 \text{ В}$ – при $\tau \leq 10 \text{ хв/доб}$;

б) за аварійного режиму роботи $I_L = 6 \text{ мА}$, $U_d = 36 \text{ В}$ – при $\tau > 1 \text{ с}$.

Електробезпечність проекту забезпечується такими технічними засобами:

- ізолюють струмопровідні частини обладнання;
- для захисту відключають електроустановки;
- електрично поділяють мережу;
- використовують взуття з гумовою підошвою, діелектричні рукавички;
- використовують попереджувальну сигналізацію, знаки безпеки, плакати;
- ізолюють електричні ланцюги;
- організовують безпечну експлуатацію електроустановок;
- використовують занулення, вирівнювання потенціалу.

Захист від зарядів статичної електрики досягається наступними заходами:

- послабленням генерації зарядів на твердих тілах і в рідинах (за рахунок збільшення їхньої поверхневої провідності шляхом підвищення відносної вологості повітря, хімічної обробки поверхні, зменшення швидкості переміщення матеріалів, що заряджаються тощо);
- запобіганням накопичення зарядів на металевому устаткуванні (досягається заземленням металевих частин, на яких можуть з'явитись заряди).

4.9.5 Безпека технологічних процесів та обслуговування обладнання.

Технологічні процеси та обладнання спричинюють виникнення небезпек під час роботи.

Різкі перепади тиску, гідравлічні удари, дефекти металу призводять до розриву трубопроводів і є основними небезпечними факторами.

При роботі іонообмінних фільтрів під тиском 0,6 МПа, внаслідок невірної експлуатації та незадовільного ремонту, можливий розрив апаратури, пошкодження фланців на арматурі.

Основними заходами безпеки щодо ведення технологічного процесу є виключення безпосереднього контакту працюючих з цими апаратами та застосування автоматичного контролю і регулювання. Для дотримання цих заходів все устаткування цеху обладнано необхідною запірною арматурою, запобіжними клапанами, манометрами, показниками рівня рідини.

Безпека обслуговування обладнання досягається правильним розташуванням обладнання, згідно якого, ширина зон обслуговування обладнання 1,5м, ширина робочих проходів між фільтрами складає 2,5м.

Надійна конструкція, корозійна стійкість матеріалу та герметичність ущільнення рухомих частин забезпечують безпечну експлуатацію насосів.

Для підтримання в справному стані обладнання своєчасно проводяться технічне обслуговування та ремонт. Для забезпечення безпечного ведення процесу виробництво оснащене системою автоматичного регулювання і захисних блокувань.

РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНИЙ

5.1 Розрахунок собівартості водопідготовки за існуючою технологією

Собівартість очистки води за допомогою очисного устаткування визначається, з одного боку, капітальними витратами на спорудження установки, а з другого боку – експлуатаційними витратами, які забезпечують нормальну експлуатацію очисного обладнання.

Вартість очисного обладнання, яке впроваджується на котельні, визначається за формулою 5.1:

$$S_{об} = \sum_{i=1}^n C_{np,i} \cdot C_i \cdot (1 + T_T + T_C + T_H), \quad (5.1)$$

де $S_{об}$ – кошторис обладнання, грн;

$C_{np,i}$ – кількість обладнання для виконання i -тої операції;

C_i – ціна технологічного обладнання;

T_T – коефіцієнт транспортних витрат, який приймається 0,025-0,10;

T_C – коефіцієнт придбання обладнання, який в залежності від маси та складності обладнання приймається 0,02 – 0,08;

T_H – коефіцієнт, що враховує витрати на монтаж устаткування і визначається по ціннику на монтаж, приймається 0,1-0,15

Ціна необхідного технологічного обладнання 350000 грн.

Отже вартість необхідного обладнання становить:

$$S_{об} = 1 \cdot 350000 \cdot (1 + 0,025 + 0,05 + 0,12) = 418250 \text{ грн}$$

5.2 Розрахунок амортизаційних відрахувань при впровадженні системи очистки

Амортизаційні відрахування при впровадженні системи очистки розраховуються за формулою 5.2:

$$C_a = \frac{\sum_{i=1}^n H_{a_i} \cdot S_{об} \cdot C_{np_i}}{100}, \quad (5.2)$$

де C_a – амортизаційні відрахування, грн;

H_{a_i} – норма амортизації для очисного устаткування дорівнює 15%;

$S_{об}$ – кошторис одиниці обладнання, грн;

C_{np_i} – кількість певного типу обладнання для виконання i -тої операції

Отже амортизаційні відрахування становлять:

$$C_a = \frac{15 \cdot 350000 \cdot 1}{100} = 52500 \text{ грн}$$

5.3 Розрахунок фонду оплати праці при впровадженні системи очистки

Основну заробітну плату приймаємо аналогічну в даний час на залізничному підприємстві.

Чисельність працюючих: оператор – 1 людина, монтер – 1 людина.

Отже, визначимо основну заробітну плату (ОЗП) за формулою 5.3:

$$ОЗП = ГТС \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot ФМ, \quad (5.3)$$

де $ГТС$ – годинна тарифна ставка, грн;

K_1 – коефіцієнт, що враховує % шкідливості умов праці;

K_2 – коефіцієнт, що враховує преміальні виплати;

$ФМ$ – місячний фонд часу, який дорівнює 168 год/міс.

Основна заробітна плата монтера за місяць становить:

$$ОЗП = 20 \cdot 1,08 \cdot 1,08 \cdot 168 = 3919 \text{ грн}$$

Річний фонд основної заробітної плати монтера становить:

$$ОЗП_p = 3919 \cdot 12 = 47028 \text{ грн}$$

Основна заробітна плата оператора за місяць становить:

$$ОЗП = 21 \cdot 1,08 \cdot 1,08 \cdot 168 = 4115 \text{ грн}$$

Річний фонд основної заробітної плати оператора становить:

$$OЗП_p. = 4115 \cdot 12 = 49380 \text{ грн}$$

Таким чином, сумарний фонд основної заробітної плати за місяць становить:

$$\sum OЗП = 3919 + 4115 = 8034 \text{ грн}$$

Сумарний фонд основної заробітної плати за рік становить:

$$\sum OЗП_p. = 47028 + 49380 = 96408 \text{ грн}$$

Розрахуємо додаткову заробітну плату за формулою 5.4:

$$ДЗП = OЗП \cdot \frac{Д}{100}, \quad (5.4)$$

де $Д$ прийнятий розмір додаткової заробітної плати, $Д=10\%$

Додаткова заробітна плата монтера за місяць становить:

$$ДЗП = 3919 \cdot \frac{10}{100} = 391,9 \text{ грн}$$

Річний фонд додаткової заробітної плати монтера становить:

$$ДЗП_p. = 391,9 \cdot 12 = 4702,8 \text{ грн}$$

Додаткова заробітна плата оператора за місяць становить:

$$ДЗП = 4115 \cdot \frac{10}{100} = 411,5 \text{ грн}$$

Річний фонд додаткової заробітної плати оператора становить:

$$ДЗП_p. = 411,5 \cdot 12 = 4938 \text{ грн}$$

Таким чином, сумарний фонд додаткової заробітної плати за місяць становить:

$$\sum ДЗП = 391,9 + 411,5 = 803,4 \text{ грн}$$

Сумарний фонд додаткової заробітної плати за рік становить:

$$\sum ДЗП_p. = 4702,8 + 4938 = 9640,8 \text{ грн}$$

Результати розрахунків зведемо в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 – Результати розрахунків річного фонду заробітної плати

Працівники	Кількість, чол.	ОЗП, грн.	ДЗП, грн.
Монтер	1	47028	4702,8
Оператор	1	49380	4938

5.4 Розрахунок Єдиного соціального внеску

Розрахунок Єдиного соціального внеску, що становить 22 % за формулою 5.5

$$C_{\text{есв}} = \frac{BC\Phi}{100} \cdot (OЗП + ДЗП) \quad (5.5)$$

де $BC\Phi$ -22%;

$OЗП$ основна заробітня плата монтажника та оператора котельні депо;

$ДЗП$ додаткова заробітня плата монтажника та оператора котельні депо.

Таким чином:

$$C_{\text{есв}} = \frac{22}{100} \cdot (96408 + 9640,8) = 23330 \text{ грн}$$

5.5 Розрахунки вартості енергоносіїв при впровадженні системи очистки

Для того, щоб визначити місячні витрати електроенергії, розрахуємо спочатку витрати електроенергії на один виріб за формулою 5.6:

$$A_e = \frac{\sum_{i=1}^n C_{np_i} \cdot W_i \cdot K_{c_i} \cdot t_i}{K_n \cdot K_d}, \quad (5.6)$$

де C_{np_i} кількість устаткування для виконання і-тої операції;

W_i потужність агрегату, на якому виконується і-та операція,

$W_i = 15 \text{ кВт} / \text{год}$;

K_{c_i} коефіцієнт попиту, що дорівнює 0,85;

K_n коефіцієнт, який враховує витрати в електромережі, $K_n = 0,95$;

K_o коефіцієнт корисної дії двигуна, що дорівнює 0,9;

t_i час роботи електроустановки, год.

Отже:

$$A_e = \frac{1 \cdot 15 \cdot 0,85 \cdot 720}{0,95 \cdot 0,9} = 10736,8 \text{ кВт/год}$$

Тепер визначимо витрати електроенергії за місяць за наступною формулою 5.7:

$$C_e = A_e \cdot C_e, \quad (5.7)$$

де C_e ціна електроенергії, що дорівнює 1,68 грн/кВт;

$$C_e = 10736,8 \cdot 1,68 = 18037 \text{ грн}$$

Витрати підприємства на впровадження швидкісного фільтру для очистки стічних вод зведемо до табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Витрати підприємства на впровадження системи очистки

Стаття витрат	Сума, тис. грн.
Кошторис обладнання	418,25
Амортизаційні відрахування	52,50
ОЗП	96,40
ДЗП	9,64
Єдиний соціальний внесок	23,33
Витрати на електроенергію	18,03
Загальні витрати	618,15

Загальні витрати на впровадження катіонітового фільтру складають 618,15 тис. грн. Проте, більша частина з цієї суми – це одноразові капітальні вкладення, що витрачаються на придбання та монтаж основного обладнання, тому, в подальшому, сума витрат підприємства буде зменшуватись.

5.6 Розрахунок вартості витратних матеріалів

Вартість однієї тони сульфовугілля, відповідно до каталогу цін на ринку України 4800-7000 грн.

Сульфовугілля можна закупити за ціною 4400-6600 грн. за тонну, однак термін служби такого матеріалу складе не більш 5-6 місяців.

Вартість однієї тони КУ-2-8 складає 6800 грн. за тонну.

Вартість однієї тонни катіоніта С100Е складає 5300 грн.

Вартість однієї бочки комплексона 500 грн.

У такий спосіб, при закупівлі 6 м^3 катіоніта С100Е в порівнянні із сульфовуглем і КУ-2-8 будуть витрати:

$$З^{С100Е} = 6 \cdot 5300 = 31800 \text{ грн.}$$

$$З^{КУ-2-8} = 6 \cdot 6800 = 40800 \text{ грн.}$$

$$З^{СУ} = 6 \cdot 2400 = 14400 \text{ грн.}$$

Звідси випливає, що для закупівлі катіоніту С100Е чи КУ-2-8 будуть додаткові витрати у розмірі:

$$З^{С100Е}_{\text{доп}} = 31800 - 14400 = 30400 \text{ грн.}$$

$$З^{КУ-2-8}_{\text{доп}} = 40800 - 14400 = 26400 \text{ грн.}$$

Річна економія витрат солі для регенерації катіоніту складатиме:

$$E^{С100Е}_{\text{солі}} = Q^{СУ}_{\text{сут.год.}} - Q^{С100Е}_{\text{сут.год.}} = 256,4 - 150,3 = 106,1 \text{ т/Год,}$$

$$E^{КУ-2-8}_{\text{солі}} = Q^{СУ}_{\text{сут.год.}} - Q^{КУ-2-8}_{\text{сут.год.}} = 256,4 - 164,9 = 91,5 \text{ т/Год,}$$

чи в грошовому вираженні:

$$E^{С100Е}_{\text{солі}} \cdot 1450 \text{ грн/т} = 106,1 \cdot 1450 = 153845 \text{ грн.}$$

$$E^{КУ-2-8}_{\text{солі}} \cdot 1450 \text{ грн/т} = 91,5 \cdot 1450 = 132675 \text{ грн.}$$

Річна економія витрат води складає:

$$E^{С100Е}_{\text{води}} = Q^{СУ}_{\text{с.н.}} - Q^{С100Е}_{\text{с.н.}} = 42045,08 - 11315,73 = 30729,35 \text{ м}^3/\text{Год,}$$

$$E^{КУ-2-8}_{\text{води}} = Q^{СУ}_{\text{с.н.}} - Q^{КУ-2-8}_{\text{с.н.}} = 42045,08 - 13024,66 = 29020,42 \text{ м}^3/\text{Год,}$$

чи в грошовому вираженні, вартість одного м^3 водопровідної води складає 7,67 грн.

$$E^{С100Е}_{\text{води}} = E^{С100Е}_{\text{води}} \text{ м}^3 \cdot 7,67 \text{ грн/м}^3 = 30729,35 \cdot 7,67 = 235694,1 \text{ грн.}$$

$$E^{КУ-2-8}_{\text{води}} = E^{КУ-2-8}_{\text{води}} \text{ м}^3 \cdot 7,67 \text{ грн/м}^3 = 29020,42 \cdot 7,67 = 222586,6 \text{ грн.}$$

5.7 Розрахунки витрат, пов'язаних з використанням запропонованого рішення

Витрати комплексонату цинку за 1 опалювальний період:

За один сезон використовують ≈ 4 бочки

$$Z = 500 \cdot 4 = 2000 \text{ грн.}$$

Витрати на комплексування проходять без витрат самої води, так як його в невеликих дозах додають у воду. Інша значна перевага є відсутність проміжних ємностей великого об'єму, що також значно зменшує капітальні витрати. Проведені дослідження показують безсумнівні переваги катіоніта С100Е «Purolite» над катіонітом КУ-2-8 і необхідність відмовлення від використання сульфовугілля для катіонного обміну для зниження експлуатаційних витрат і поліпшення екологічних показників.

5.8 Розрахунок економії платежів за скидання води в каналізацію

Річна економія за рахунок скидання води в каналізацію, плата за скидання одного м^3 води складає 5,82 грн.

$$E_{\text{води кан.}}^{\text{КУ-2-8}} = E_{\text{води год}}^{\text{КУ-2-8}} \cdot \text{м}^3 \cdot 5,82 \text{ грн/м}^3 = 29020,42 \cdot 5,82 = 168896,4 \text{ грн.}$$

$$E_{\text{води кан.}}^{\text{С100Е}} = E_{\text{води год}}^{\text{С100Е}} \cdot \text{м}^3 \cdot 5,82 \text{ грн/м}^3 = 30729,35 \cdot 5,82 = 178844,8 \text{ грн.}$$

Річна економія по платежах за скидання в каналізацію складає: у водах, що скидаються, кількість засолених вод вище нормативних показників складає не менш 50% від загальної кількості вод, що скидаються.

$$E_{\text{води сбр.}}^{\text{КУ-2-8}} = (29020,42 \cdot 0,5) \cdot 1,5 \cdot 2,2 = 47883 \text{ грн.}$$

$$E_{\text{води сбр.}}^{\text{С100Е}} = (30729,35 \cdot 0,5) \cdot 1,5 \cdot 2,2 = 50703 \text{ грн.}$$

У такий спосіб економію при заміні на катіоніт КУ-2-8 розраховуємо за формулою 5.8:

$$E_{\text{заміни}}^{\text{КУ-2-8}} = E_{\text{солі}}^{\text{КУ-2-8}} + E_{\text{води}}^{\text{КУ-2-8}} + E_{\text{води кан.}}^{\text{КУ-2-8}} + E_{\text{води сбр.}}^{\text{КУ-2-8}}, \text{грн.} \quad (5.8)$$

$$E_{\text{заміни}}^{\text{КУ-2-8}} = 132675 + 222586,6 + 168896,4 + 47883 = 572041 \text{ грн.}$$

Економію при заміні на катіоніт С100Е розраховуємо за формулою 5.9:

$$E^{C100E}_{\text{заміни}} = E^{C100E}_{\text{солі}} + E^{C100E}_{\text{води}} + E^{C100E}_{\text{води кан.}} + E^{C100E}_{\text{води сбр.}} \text{ грн} \quad (5.9)$$

$$E^{C100E}_{\text{заміни}} = 153845 + 235694,1 + 178844,8 + 50703 = 619086,9 \text{ грн.}$$

Загальну річну економію, за винятком засобів на закупівлю КУ-2-8, розраховуємо по формулі 5.10:

$$E^{КУ-2-8}_{\text{год. общ.}} = E^{КУ-2-8}_{\text{заміни}} - Z^{КУ-2-8}_{\text{доп.}} \text{ , грн} \quad (5.10)$$

$$E^{КУ-2-8}_{\text{год. общ.}} = 572041 - 59400 = 512641 \text{ грн.}$$

Загальну річну економію, за винятком засобів на закупівлю С100Е, розраховуємо за формулою 5.11:

$$E^{C100E}_{\text{год. общ.}} = E^{C100E}_{\text{заміни}} - Z^{C100E}_{\text{доп.}} \text{ , грн} \quad (5.11)$$

$$E^{C100E}_{\text{год. общ.}} = 619086,9 - 68400 = 550686,9 \text{ грн.}$$

Термін окупності розраховується по формулі 5.12:

$$T_{\text{окуп.}} = \frac{K}{E^{C100E}_{\text{год}}} \quad (5.12)$$

де K капітальні затрати на впровадження системи очистки на підприємстві

Термін окупності для катіоніта КУ-2-8 розраховуємо за формулою 5.13:

$$T^{КУ-2-8}_{\text{окуп.}} = \frac{K}{E^{КУ-2-8}} \quad (5.13)$$

$$T^{КУ-2-8}_{\text{окуп.}} = \frac{K}{E^{КУ-2-8}} = \frac{618150}{512641} = 1,2 \text{ року}$$

чи приблизно 1 рік і 2 місяці.

Термін окупності для катіоніту С100Е складе:

$$T^{C100E}_{\text{окуп.}} = \frac{K}{E^{C100E}_{\text{год.}}} = \frac{618150}{550686,9} = 1,1 \text{ року}$$

чи приблизно 1 рік і 1 місяць.

Порівняльна характеристика розрахунку витрат катіонітів КУ-2-8 та С100Е наведена у табл. 5.3

Таблиця 5.3 Порівняльна характеристика розрахунку витрат катіонітів КУ-2-8 та С100Е

Катіоніт С100Е	Катіоніт КУ-2-8
$E_{\text{солі}}^{\text{С100Е}} = 106,1 \text{ т/год,}$	$E_{\text{солі}}^{\text{КУ-2-8}} = 91,5 \text{ т/год,}$
$E_{\text{води}}^{\text{С100Е}} = 235694,1 \text{ грн.}$	$E_{\text{води}}^{\text{КУ-2-8}} = 222586,6 \text{ грн.}$
$E_{\text{води кан.}}^{\text{С100Е}} = 178844,8 \text{ грн.}$	$E_{\text{води кан.}}^{\text{КУ-2-8}} = 168896,4 \text{ грн.}$
$E_{\text{заміни}}^{\text{С100Е}} = 619086,9 \text{ грн.}$	$E_{\text{заміни}}^{\text{КУ-2-8}} = 572041 \text{ грн.}$
$E_{\text{год. общ.}}^{\text{С100Е}} = 550686,9 \text{ грн.}$	$E_{\text{год. общ.}}^{\text{КУ-2-8}} = 512641 \text{ грн.}$

При проведенні економічного розрахунку не були враховані наступні показники:

- значне поліпшення якості хімічної очистки води;
- зменшення ремонтних робіт на обладнанні;
- цілком виключаються розриви екранних труб через відкладення солей;
- можливість скорочення експлуатаційного персоналу (робота тільки в денну зміну);
- зменшення щорічного досипання катіонитного матеріалу з 10% до 2%;
- термін служби катіонита С100Е не менш 12 років;
- перепад тиску на фільтрах завантажених С100Е и КУ-2-8 приблизно у двоє нижче, чим для сульфовугілля;
- катіоніт С100Е и КУ-2-8 термостійкі і витримують температуру до 150⁰С, тоді як сульфовугілля починає розкладатися при температурі 120⁰С і цілком виходить з ладу.

Порівнюючи сильнокислотний катіонит КУ-2-8 і С100Е можна зробити висновок про те, що С100Е перевершує КУ-2-8 за всіма показниками. Крім того він володіє високою осматичною стабільністю і механічною міцністю, тому річна норма досипання для КУ-2-8 складає 8-10% від завантаженого обсягу, а для С100Е не більш 3-4%.

Отже, економічний ефект від впровадження системи очистки для котельної установки залізничного вагонного депо позитивний, а саме:

установка натрій-катіонітного фільтру для пом'якшення води і використання катіоніту С100Е термін окупності, для якого складе один рік та 1 місяць.

ВИСНОВОК

Виходячи з розглянутих в дипломній роботі фактів негативного впливу від використання оборотної води, що надходить до котельних установок залізничного вагонного депо, переконуємося в доцільності зниження екологічного та техногенного навантаження з метою пом'якшення оборотної води залізничного підприємства.

Основні висновки по роботі зводяться до наступного:

1. Дано характеристику залізничному вагонному депо та його основних забруднювачів, що негативно впливають на довкілля, а також здійснено аналіз існуючих засобів зм'якшення оборотної води, що надходить до котельних установок.

2. Дано оцінку екологічної якості води, що використовується в системі оборотного водопостачання у вагонному депо та рівня її техногенної небезпеки для обладнання та котельні депо. За результатами виконаних досліджень воду віднесено до 4 класу – «брудна», а жорсткість потребує пом'якшення, оскільки її використання в котлоагрегатах являє підвищену техногенну та екологічну небезпеку.

3. Для підвищення якості підготовки води в умовах котельні депо запропоновано натрій-катіонітний фільтр для зм'якшення оборотної води, що надходить до котельної установки. Застосування фільтру зменшить ризик виникнення аварійних надзвичайних ситуацій за рахунок зниження вмісту солей жорсткості більше ніж у 2 рази, тим самим підвищить техногенну і екологічну безпеку залізничного депо.

4. У розділі охорони праці розглянуто безпечні умови проведення виробничого процесу. Всі проектні рішення прийняті з урахуванням вимог охорони праці та пожежної безпеки. На основі аналізу шкідливих та небезпечних факторів розроблено заходи створення здорових та безпечних умов праці, пожежної безпеки у підрозділі водопідготовки залізничного вагонного депо.

5. Розрахунки, наведені в економічному розділі, показують, що на реалізацію запропонованого натрій-катіонітного фільтру для зм'якшення оборотної буде витрачено 618,15 тис. грн.

Економічний ефект від впровадження системи очистки для котельної установки залізничного вагонного депо позитивний, а саме: установка натрій-катіонітного фільтру для пом'якшення води і використання катіоніту С100Е термін окупності, для якого складе один рік та 1 місяць.

Таким чином, застосування в системі оборотного постачання способу очищення та пом'якшення води із застосуванням натрій-катіонітного фільтру знижує ризик надзвичайних ситуацій і підвищує рівень екологічної безпеки експлуатації котлоагрегатів та в цілому функціонування залізничного депо.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Укрзалізниця Державне підприємство «Придніпровська залізниця» Відокремлений структурний підрозділ “Верхівцевське вагонне депо”
2. Лифшиц, О.В Справочник по водоподготовке котельных установок. М.:«Энергия», 1976. 288 с.
3. Кульский, Л.А., Строкач, П.П. Технология очистки природных вод. К.:Вища шк. Головное изд-во. 1986. 352 с.
4. Лащинский А.А., Конструирование сварных химических аппаратов: Справочник Л: Машиностроение, 1981. 382 с.
5. Домашнев А.Д., Конструирование и расчет химических аппаратов. М.: Машиностроение, 1961 624с.
6. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. «Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии» Л.:Химия, 1976. – 552 с.
7. Дытнерский Ю.И. «Основные процессы и аппараты химической технологии», Пособие по проектированию, М.:Химия, 1991. 496 с.
8. ГОСТ 2874-82. Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством. Издательство стандартов Москва государственный стандарт Союза ССР. Действующий с 1983. 01.01.
9. Эффективные технологии (Электронный ресурс) /режим доступа URL: http://eftehno.ru/metody_vodopodgotovki. Загол.з екрану.
10. Водоподготовка котелен (Электронный ресурс) /режим доступа URL: <http://www.geyser.com.ua/index.php/articlesgeneral/240vodopodgotovkakotelnyh.html>. Загол.з екрану.
11. Белан, Ф.И Водоподготовка:(расчеты, примеры, задачи). М.:Энергия, 1980 256с.
12. ТеплоТехника профессиональные знания он-лайн (Электронный ресурс) /режим доступа URL: <http://teplotehniki.ru/63-lekciya-163-vodopodgotovka-vkotelnyh-ustanovках.html>. Загол. з екрану.

13. Дмитриев, В.И., Котов, Г.В., Кочкина, Л.И., под ред. Шафиркина, Б.И. Экономический справочник железнодорожника. М.: Транспорт, 1978. 415с.
14. Беликова, С.Е. Водоподготовка: Справочник. М.: Аква-Терм, 2007. – 240 с.
15. Фрог, Б.Н., Левченко, А.П. Водоподготовка: Учебн. Пособие для вузов. М.: Издательство МГУ, 1996. 680 с.
16. Фізико-хімічні методи очищення води. Керування водними ресурсами || Під редакцією І. М. Астреліна та Ратнавіри || Проект «Водна гармонія», 2015. 978с.

КОПІЯ ТЕЗ ДОПОВІДІ НА КОНФЕРЕНЦІЇ

Матеріали V Всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Молодь: наука та інновації»

УДК 504.064

Кукса А.О. студентка гр. 101м- 16- 1

Науковий керівник: Колесник В.Є, д.т.н. професор кафедри екології та ТЗНС
ДВНЗ Національний гірничий університет, м. Дніпро, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ВОДИ ОБОРОТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ В УМОВАХ ЗАЛІЗНИЧНОГО ДЕПО

Функціонування Верхівцевського залізничного депо, зокрема, її котельні без надзвичайних ситуацій в умовах ДР «Придніпровська залізниця» є запорукою забезпечення екологічної безпеки на територіях, що безпосередньо межують із магістральними залізничними коліями та зменшення як техногенної, так екологічної небезпеки на залізничній станції в цілому.

Одним з найбільш важливих чинників, від яких залежить техногенний стан більшості котельних установок, є якість води, що використовується в оборотному водопостачанні депо і, зокрема, в котлоагрегатах його котельні. Особливості функціонування котельних, тобто тривалі контакти устаткування з водою, високі температури та інші не менш важливі чинники, що обумовлюють необхідність обов'язкового проведення додаткового очищення води, яка надходить в установки. Найбільшою небезпекою для устаткування котельних є вода з високим рівнем вмісту розчинених забрудників, зокрема, солей, що утворюють високу жорсткість води, тобто солей кальцію і магнію. Зауважимо, що вода в регіоні залізничної станції завжди відрізнялась високою забрудненістю і жорсткістю. Тому ставилася задача дослідити якість води, що використовується в оборотному водопостачанні залізничного депо і, зокрема, для використання в котельні та покращити її характеристики, а тим самим підвищити екологічну безпеку роботи депо.

Для вирішення задачі відбирались проби води, що поступає на водопідготовку, та після застосування засобів її очищення і пом'якшення, тобто перед подачею в котлоагрегати.

Дослідження проб проводилися в умовах лабораторії санітарної служби міста. Характеристики вихідної води наведені у табл.1.

Таблиця 1. Характеристика оборотної води, що надходить в систему водопостачання

№	Показники	Вміст
1	Загальна жорсткість, градуси жорсткості	3,5
2	Mg^{2+} , мг-екв/л	1,73
3	Ca^{2+} , мг-екв/л	1,43
4	$Na^{+} + K^{+}$, мг-екв/л	1,1
5	Fe^{3+} , мг-екв/л	0,9
6	pH	7,5

У вихідній воді розчинено іонів $Ca^{2+}=50,1$ мг і $Mg^{2+}=60,8$ мг. Отже для забезпечення техногенної безпеки за рахунок безаварійної роботи котельної установки

вода потребує пом'якшування. Об'єм води для одного процесу зм'якшування складає 35 м³/годину.

Для визначення необхідного рівня пом'якшення води розрахуємо масову концентрацію іонів кальцію і магнію:

$$x(\text{Ca}^{2+}) = \frac{m(\text{Ca}^{2+})}{V} ; \quad x(\text{Ca}^{2+}) = \frac{m(\text{Ca}^{2+})}{V}, \text{ де } m(\text{Ca}^{2+}) \text{ маса розчиненого у воді іону}$$

$$\text{Ca}^{2+}, \text{мг}; V - \text{об'єм води, в якому розчинено } 50,1 \text{мг Ca}^{2+}, \text{л. } x(\text{Ca}^{2+}) = \frac{50,1}{35} = 1,43 \text{ мг/л}$$

$$x(\text{Mg}^{2+}) = \frac{m(\text{Mg}^{2+})}{V}, \text{ де } m(\text{Mg}^{2+}) \text{ маса розчиненого у воді іону Mg}^{2+}, \text{мг}; V - \text{об'єм}$$

$$\text{води, в якому розчинено } 60,8 \text{мг Mg}^{2+}, \text{л.}; x(\text{Mg}^{2+}) = \frac{60,8}{35} = 1,73 \text{ мг/л.}$$

В результаті аналізу методів водопідготовки для котельні рекомендовано вибрати натрій-катионітовий метод зм'якшування води та обґрунтовані технологічні параметри ведення процесу зм'якшування води. Загальна схема натрій-катионітного фільтра наведена на рис.1.

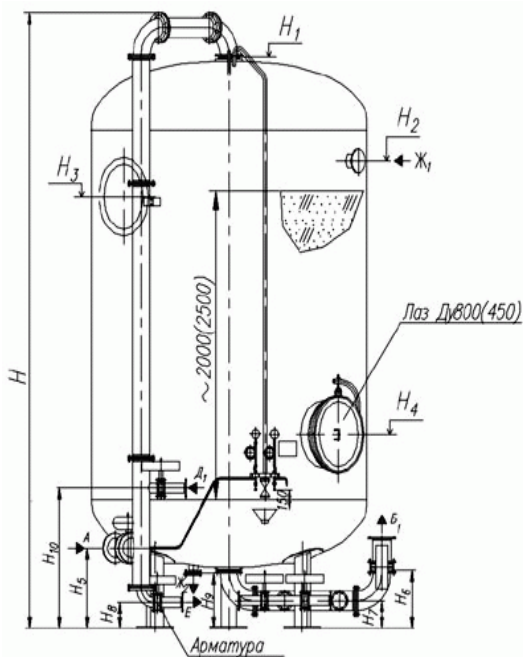


Рисунок 1 Фільтр натрій-катионітовий паралельно-точний.

Корпус фільтра забезпечений верхнім люком, призначеним для завантаження матеріалу, що фільтрує, і періодичного огляду для проведення внутрішніх монтажних робіт. У нижній частині фільтра є отвір для вивантаження матеріалу, що фільтрує, закритий заглушкою. В центрі верхньої частини фільтра приварений фланець, до якого зовні приєднаний трубопровід, що подає воду на обробку. В центрі днища зовні приварений патрубок, що відводить відпрацьовану воду. Верхній розподільний пристрій призначений для відведення оброблюваної води і регенераційного розчину і відведення води. Цикл роботи фільтра складається з операцій зм'якшування, розпушування, регенерація, відмивання. Тривалість розпушування інгредієнтів складає 15-30 хвилин при інтенсивності 3-4 л/м².

Після застосування запропоновано технічного рішення для пом'якшення води визначалась якість пом'якшеної води, яка відбиралась з вихідного патрубку фільтра .

Після проходження води через натрій-катионітний фільтр жорсткість води зменшилася:

$$\mathcal{J}_{\text{Ca}^{2+}} = \frac{C_{\text{Ca}^{2+}}}{20,04} ; \quad \mathcal{J}_{\text{Ca}^{2+}} = \frac{1,43}{20,04} = 0,07 \text{ мг-екв/л};$$

$$\mathcal{J}_{\text{Mg}^{2+}} = \frac{C_{\text{Mg}^{2+}}}{12,16} ; \quad \mathcal{J}_{\text{Mg}^{2+}} = \frac{1,73}{12,16} = 0,14 \text{ мг-екв/л};$$

Загальна жорсткість після проходження води через натрій-катионітовий фільтр:

$$\mathcal{J}_O = \mathcal{J}_{\text{Ca}^{2+}} + \mathcal{J}_{\text{Mg}^{2+}} ; \quad \mathcal{J}_O = 0,07 + 0,14 = 0,21 \text{ мг-екв/л.}$$

Характеристика пом'якшеної води після застосування натрій-катионітного фільтра наведена у табл.2.

Таблиця 2. Характеристика пом'якшеної води

Показники	Одиниці виміру	Знесолена вода
Вміст елементів, що визначають жорсткість	мг-екв/л	0,21
Fe^{3+}	мг /л	0,9
pH	–	5,0

Як бачимо, основні показники якості, що визначають екологічну безпеку оборотної води суттєво знизились. Так, вміст іонів кальцію і магнію зменшилася на порядок (0,21 мг-екв/л), разом з тим, вода дещо підкислилась – рН з 7,5 знизився до 5, вміст заліза залишився незмінним.

Таким чином, застосування в системі оборотного постачання способу очищення та пом'якшення води із застосуванням натрій-катіонітного фільтру знижує ризик надзвичайних ситуацій і підвищує рівень екологічної небезпеки експлуатації котлоагрегатів та в цілому функціонування залізничного депо.

Перелік літератури:

1. Лившиц О.В., Довідник з водопідготовки котельних установок: «Енергія», 1976 р. – 288с.
2. Кульский Л.А., Строкач П.П. Технологія очищення природних вод: Вища школа Головне вид-цтво, 1986 р. – 352с.

ВІДГУК КЕРІВНИКА

на дипломну роботу магістра Кукси Аліни Олександрівни, студентки групи 101м-16-1, на тему «Підвищення екологічної безпеки оборотного водопостачання в умовах залізничного вагонного депо»

Дипломна робота Кукси А. О. присвячена дослідженню екологічної безпеки оборотного водопостачання в умовах залізничного вагонного депо, а також визначенню параметрів якості оборотної води, оцінка її техногенної, а відповідно й екологічної небезпеки, а також передбачала розробку заходів зниження указаної небезпеки на основі використання натрій-катіонітного фільтру.

В ході підготовки дипломної роботи Кукса А. О. виконала науковий пошук за літературними джерелами і нормативними документами – для характеристики підприємства, його основних джерел забруднення навколишнього середовища та аналізу існуючих засобів підвищення якості оборотної води. Провела експериментальне дослідження – для оцінки якості оборотної води, що надходить до котельних установок залізничного вагонного депо, а також визначила екологічний збиток, який завдається навколишньому середовищу до і після застосування технічного рішення – натрій-катіонітного фільтру.

Новизна і практична цінність дипломної роботи полягає у :

- визначенні екологічної небезпеки системи оборотного водопостачання, що використовується для живлення котлоагрегатів залізничного вагонного депо, за основними показниками жорсткості води;

- зниженні основних показників, що визначають якість оборотної води, зокрема її жорсткості, для чого запропоновано використання натрієво-катіонітного фільтру, який підвищує ефективність зм'якшення оборотної води та в кінцевому результаті підвищення техногенної, а відповідно й екологічної безпеки залізничного депо.

У дипломній роботі проаналізовано шкідливі виробничі фактори, запропоновані заходи по забезпеченню дотримання безпечного виконання робіт в умовах котельної установки залізничного вагонного депо, а також дана оцінка економічної ефективності запропонованого технічного рішення для зм'якшення оборотної води.

В цілому, дипломна робота оформлена відповідно до діючих стандартів, відповідає напрямку підготовки 101 «Екологія та охорона навколишнього середовища», а Кукса А. О. заслуговує присудження їй кваліфікації 2211.2 Еколог, 2310.2 Викладач вищого навчального закладу.

Оцінка дипломної роботи – «відмінно».

Керівник дипломної роботи,
д.т.н., проф. кафедри екології та ТЗНС НГУ

В.Є. Колесник

РЕЦЕНЗІЯ

на дипломну роботу
студентки групи 101м-16-1 Кукси Аліни Олександрівни
на тему «Підвищення екологічної безпеки оборотного водопостачання в
умовах залізничного вагонного депо»

Дипломна робота виконана відповідно до завдання, відповідає темі дослідження.

Актуальність теми обумовлена тим, що використання оборотної води на залізничному підприємстві, зокрема, у котельних установках може спричинити аварійні ситуації, спричинені низькою якістю води. Особливості функціонування котельних, тобто тривалі контакти устаткування з водою, високі температури й інші не менш важливі чинники, що обумовлюють необхідність обов'язкового проведення додаткового очищення оборотної води від всіх розчинених домішок, що містяться в ній.

Магістр Кукса А. О. досліджувала екологічну безпеку оборотного водопостачання в умовах залізничного вагонного депо, а також визначала параметри якості оборотної води, оцінку її техногенної, а відповідно й екологічної небезпеки та розробила заходи зниження указаної небезпеки на основі використання натрій-катионітного фільтру.

Робота виконана на досить високому науковому та методичному рівнях.

Обґрунтування й достовірність наукових положень підтверджується використанням типових методів аналізу та методик.

Робота має практичну значимість. Загалом дипломна робота заслуговує оцінки «відмінно».

Рецензент, інженер еколог
Верхівцевсько залізничного
говагонного депо

Н.А. Лук'янцева