

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

БІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра хімії

**Кваліфікаційна робота/проект
магістра**

на тему: ОСОБЛИВОСТІ ВОДОПІДГОТОВКИ ТА ЛАБОРАТОРНОГО
КОНТРОЛЮ ХІМІЧНО ОЧИЩЕНОЇ ВОДИ ДЛЯ ПАРОВИХ КОТЛІВ

Виконала: студентка 2 курсу, групи 8.1029-з

Спеціальності 102 Хімія

освітньої програми Хімія

Литвиненко В. О.

Керівник доцент, доцент, к.фарм.н., Панасенко Т.В.

Рецензент зав.каф., професор, д.б.н. Бражко О.А.

Запоріжжя

2020

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Біологічний факультет

Кафедра хімії

Рівень вищої освіти магістр

Спеціальність 102 Хімія

Освітня програма Хімія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри хімії,

д. б. н., проф.

О.А. Бражко

«28» жовтня 2019 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЄКТ) СТУДЕНТЦІ

Литвиненко Вікторії Олегівні

1. Тема роботи: Особливості водопідготовки та лабораторного контролю хімічно очищеної води для парових котлів

керівник роботи Панасенко Тамара Володимирівна, к. фарм. н., доцент
затверджені наказом ЗНУ від « 13 » липня 2020 року № 1028-с
2. Строк подання студентом роботи 03 грудня 2020 року
3. Вихідні дані до роботи Літературний огляд за обраним напрямком дослідження; 2. Дипломна робота
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Вивчити стан питання згідно меті та завдань; 2. Встановити значення загальної жорсткості води, вмісту солей, хлоридів, фосфатів та ферума у природній воді перед водопідготовкою для парових котлів, порівняти зі значеннями ГДК; 3. Дослідити показники природної води після водопідготовки та зробити висновок.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 8 таблиць, 2 рисунка

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
4	Генчева В.І., к.б.н., доцент		

7. Дата видачі завдання 28.10.2019 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд літературних джерел. Написання відповідного розділу роботи	жовтень 2019-листопад2019	Виконано
2	Вивчення засвоєння методик дослідження. Написання відповідного розділу роботи	грудень2019-жовтень2020	Виконано
3	Засвоєння правил техніки безпеки під час виконання експериментальної частини. Написання відповідного розділу роботи	травень-жовтень2020	Виконано
4	Проведення експериментальних досліджень. Оформлення результатів експерименту (таблиці, рисунки). Написання відповідного розділу роботи.	травень - листопад 2020	Виконано
5	Оформлення кваліфікаційної роботи. Передзахист роботи.	вересень-листопад 2020	Виконано
6	Резензування кваліфікаційної роботи	грудень 2020	Виконано
7	Захист кваліфікаційної роботи	грудень 2020	Виконано

Студентка

В.О. Литвиненко

Керівник роботи

Т.В. Панасенко

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер

В.І.Генчева

РЕФЕРАТ

В роботі 78 сторінок, 18 таблиць, 12 рисунків, було використано 81 літературних джерела, 15 з них на іноземній мові.

Об'єкт дослідження – проби води з котельні АТ «Одеський припортовий завод» (ОПЗ).

Предмет дослідження – показники якості води (рН середовища, загальний вміст солей, загальної жорсткості, хлоридів, фосфатів та ферума) до та після водопідготовки для парової котельні.

Мета роботи – визначення показників якості води, а саме визначення : рН середовища, загального вмісту солей, загальної жорсткості, хлоридів, фосфатів та ферума.

Методи досліджень та апаратура – фізико-хімічний аналіз, титриметричні, комплексонометричні, потенціометричні, кондуктометричні, теоретичний, хімічний, розрахунковий, лабораторні терези, хімічний посуд, бюретка, кондуктометр, потенціометр рН- InoLab Multi 9310, сушильна шафа SPT 200, водяна баня.

В результаті проведених досліджень була зроблена оцінка показників якості води, а саме: рН середовища, загального вмісту солей, загальної жорсткості, хлоридів, фосфатів та ферума до та після водопідготовки для парової котельні. Середні значення показників якості води перебували в межах нормативних значень.

Новизна роботи полягає в тому, що вперше проведено порівняльний аналіз та динаміку впродовж календарного (технологічного) місяця показників якості води для котельні АТ «Одеський припортовий завод» (ОПЗ), що є актуальним в умовах регіонів Одеської та Запорізької області.

ВОДА, ПРОТОЧНА ВОДА, ЗАГАЛЬНА ЖОРСТКІСТЬ ВОДИ, ВМІСТ СОЛЕЙ, ХЛОРИДИ, КОТЕЛЬНА, ДСТУ

ABSTRACT

In work 78 pages, 18 tables, 12 figures, were used 81 literary sources, 15 of them in a foreign language.

The object of the study is a water sample from the city of Odessa Port Plant (OPP).

Subject of research – definition of water quality indicators.

The purpose of the work is to determine the water quality indicators, namely: pH of the medium, total salt content, total rigidity and chlorides before and after water treatment for a steam boiler.

Research methods and equipment – physicochemical analysis, titrimetric, complexometric, potentiometric, conductometric, theoretical, chemical, calculation, laboratory scales, chemical dishes, burettes, conductivity meter, potentiometer pH-InoLab Multi 9310, drying cabinet SPT 200, water bath.

As a result of the conducted researches, an estimation of water quality indicators was made, namely: pH of the medium, total salt content, total rigidity and chlorides before and after water treatment for a steam boiler. Comparing with the normative values, the average values of water quality indicators were within the normative values that the definition of DSTU for flowing water and BNiP II-35-76 "Boiler installations", DBN V.2.5-77-2014 "Boilers" and EN 12952-12: 2003 to nutritious water.

The novelty of the work is that for the first time a comparative analysis and dynamics during the calendar (technological) month of water quality indicators for boiler-houses have been carried out, which is relevant in the conditions of the regions of Odessa and Zaporizhzhia oblast.

WATER, SWEET WATER, GENERAL THERMAL WATER, SALT CONTENT, CHLORIDE, BOTTLE, DSTU

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	8
ВСТУП	9
1 ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	14
1.1. Вода та її властивості	14
1.1.1. Основні хімічні властивості води	15
1.1.2 Будова молекул і асоціатів природної води	16
1.2 Показники якості води.....	16
1.2.1 Вимоги до якості води. Каламутність та кольоровість природної води	17
1.2.2 Запах і присмак природної води.....	19
1.2.3 Жорсткість природної води.....	21
1.2.4 Ферум і марганець в природній воді.....	22
1.2.5 Сульфати і хлориди в природній воді.....	23
1.3 Класифікація природних вод	23
1.4 Водопідготовка і водоочищення парових котелень	24
2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	28
2.1 Об'єкт досліджень.....	28
2.1.1 Основні фізико-хімічні властивості виробленої продукції	34
2.2 Методи контролю якості води парової котельні.....	35
2.2.1 Умови отримання представницьких проб. Точки відбору проб	36
2.2.2 Методика визначення рН, солевмісту.....	36
2.2.3 Титриметричний метод визначення загальної жорсткості води	38
2.2.4 Колориметричне визначення фосфатів шляхом візуального порівняння кольору вимірювального розчину з колориметричною шкалою з використанням Phosphate Test 1.11138.0001	41
2.2.5 Визначення вмісту хлорид-іонів у воді методом Мора	42
2.2.6 Визначення вмісту загального ферума у воді	45

	7
2.3 Статистична обробка даних	47
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	49
3.1 Визначення рН води впродовж технологічного процесу водопідготовки....	50
3.2 Дослідження вмісту солей у воді впродовж технологічного процесу водопідготовки	53
3.3 Визначення загальної жорсткості води, хлоридів впродовж технологічного процесу	55
3.4 Визначення загального ферума та фосфатів впродовж технологічного процесу водопідготовки	58
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	64
ВИСНОВКИ.....	71
ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ	71
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	732

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І
ТЕРМІНІВ

pH – водневий показник

% – відсотки

в. о. – вуглецеві одиниці

°C – градуси Цельсія

г/см² – грам на кубічний сантиметр

мм. рт. ст. – міліметри ртутного стовпчика

мг/дм³ – міліграм на літр

см – сантиметри

мг-екв – міліграм-еквівалент

мкм – мікрометр

мл – мілілітр

ммоль – мілімоль

J_z – загальна жорсткість

J_k – карбонатна жорсткість

$J_{нк}$ – некарбонатна жорсткість

БСК – біохімічне споживання кисню

ГДК – гранично допустима концентрація

ХСК – хімічне споживання кисню

ЕСК – скляний комбінований електрод

ЗОВ – збірник очищеної води

ХВО – хімічне водоочищення

ККД – коефіцієнт корисної дії

УЗО – установка зворотного осмосу

ПОСВ – попереднє очищення природньої води

ВСТУП

Вода – найцінніший природний ресурс, дефіцит якого, як і дефіцит енергоносіїв, неухильно зростає. Глобальні кліматичні зміни і техногенний вплив на природу стрімко загострюють попит на питну воду.

Підготовка води для питного та промислового водопостачання принципово відрізняється від інших областей хімічної технології: процеси водопідготовки протікають у великих об'ємах води і при дуже малих кількостях розчинених речовин. Значить, великі витрати води вимагають улаштування великогабаритного устаткування, а мала кількість видобутих з води речовин неминуче тягне за собою застосування «тонких» методів обробки води.

Котельною установкою називають комплекс пристроїв і механізмів, призначених для виробництва теплової енергії у вигляді водяної пари або гарячої води. Водяна пара використовується для технологічних потреб промислових підприємств та отримання електроенергії, в сільському господарстві, а також для нагріву води, що спрямовується на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання. Гарячу воду використовують для опалення виробничих, громадських і житлових будівель, а також для комунально-побутових потреб населення. До котельної установки необхідно подати деяку кількість палива і окислювача (повітря), забезпечити згоряння палива і віддачу теплоти від продуктів згоряння палива робочого тіла і видалити продукти згоряння палива, подати робоче тіло – воду, стислу до необхідного тиску, нагріти цю воду до необхідної температури або перетворити її на пару, відокремити вологу з пара, а іноді і перегріти пар, забезпечивши надійну роботу всіх елементів установки.

Сира вода для живлення котлів і підживлення тепломережі непридатна, оскільки при нагріванні з неї виділяються корозійно-активні гази і домішки, при наявності яких котли заростають накипом і забиваються шламом. Це

призводить до порушення теплового (знижується коефіцієнт теплопередачі від топкових газів до води або пари) і гідродинамічного (збільшується гідравлічний опір контурів циркуляції) режимів роботи котлів. Посилюється корозія і перепал поверхонь нагріву, збільшуються втрати теплоти з топковим газами, що викидаються, знижується ККД, збільшується витрата палива.

Хімводопідготовка для парових котлів питання важливе для їх оптимальної діяльності, як з технічного боку, так і з економічного.

Система хімводопідготовки призначена для:

- зниження корозії і зносу деталей котла;
- мінімізації кількості промивок;
- зниження використання хімікатів.

Таким чином, застосування системи водопідготовки продовжує експлуатаційний термін служби котлів.

Філія «Інфоксводоканал» ТОВ «Інфокс» – підприємство, що забезпечує водопостачання міста Одеси та прилеглих населених пунктів Одеської області (Україна). Інфоксводоканал очищує і подає воду на відстань в 40 км до міста Южного, де розташовано АТ «Одеський припортовий завод» (далі АТ «ОПЗ»). Це велике підприємство з виробництва амоніаку і карбаміду є лідером по застосуванню новітніх енергозберігаючих технологій в своїй галузі.

Для регіонів, які не мають надійних джерел прісної води, стабільність і достатність водопостачання є історичною проблемою.

Кожен вирішує її по-своєму. Багато країн застосовують опріснення морської й океанічної води. Для посушливого півдня України перспективний останній спосіб вирішення проблеми, так як чорноморську воду, завдяки порівняно низькій концентрації солей, опріснювати набагато простіше океанічної.

На АТ «ОПЗ» створений унікальний водоочисний комплекс, на якому очищаються не тільки промислові заводські стоки, а й міські каналізаційні води на рівні, що перевищує вимоги вітчизняних санітарно-гігієнічних норм і відповідають сучасним європейським стандартам.

Фахівці АТ «ОПЗ» старанно вивчили світовий досвід експлуатації подібних джерел водопостачання. З безлічі варіантів найперспективнішою визнали пропозицію компанії Water & Process Technologies, яка входить в корпорацію General Electric (США) і є великим виробником сучасного водоочисного обладнання на основі мембранних технологій.

Фірма з виробництва ультрафільтраційних мембран ZENON дала змогу вдосконалити продукцію GE, зробивши можливою високоякісну попередню очистку з використанням ультрафільтрації (UF). Реалізація проекту дозволила визволити чотири мільйони кубічних метрів питної води на рік для потреб Одеської області.

Цього повністю достатньо, щоб забезпечити водою місто Южне з населенням 33 тисячі людей.

Проект попереднього спостереження за використанням новітніх досягнень сучасних технологій, а також після його здійснення та розповсюдження на АТ «ОПЗ» накопиченого досвіду можна використовувати в усіх регіонах України, що мають труднощі з водопостачанням. Реалізація проекту АТ «ОПЗ» стає ще одним кроком на шляху України до рівня високорозвинених європейських країн.

З годом реконструкція водоочисного комплексу АТ «ОПЗ» із застосуванням мембранних технологій дозволила повністю відмовитися від використання водопроводної води «Інфоксводоканалу» за рахунок очищення господарсько-побутових і виробничих стічних вод з міста Южного, Морського торгового порту «Південний» та АТ «ОПЗ», а також, за рахунок очищення морської води.

Розроблена система управління технологічним процесом забезпечує автоматичне управління майже без участі оператора з оптимальними матеріальними і енергетичними затратами. Підготовка живильної води необхідної якості є обов'язковою умовою для збереження заводської гарантії на котельне обладнання (парового котла БКЗ 75-39-ГМА-2 паропродуктивністю 75 т/год.), розрахунковий термін служби якого становить 20 років і більше.

В даний час посилено розробляються наукові основи технологій обробки води, що враховують зазначену специфіку цієї галузі техніки. І така робота далека від завершення, якщо можна взагалі говорити про остаточне пізнання води. Було б величезним перебільшенням стверджувати, що передові наукові та конструкторські сили, кращі машинобудівні потужності були спрямовані на реалізацію потреб водопідготовки. Навпаки, увага до цієї галузі і, отже, фінансування виявлялися в мінімальному обсязі, за залишковим принципом.

Тому водопідготовка для парових котлів є досить потрібною і актуальною, і потребує подальших досліджень контролю якості води.

Автор магістерської роботи працювала хіміком-лаборантом на котельні паросилової ділянки філії ОФ ТОВ «Олсідз Блек Сі «ОЕЗ»», оператором ХВО АТ «ОПЗ».

З теми дослідження опубліковані тези «Показники якості води для котлів згідно європейських стандартів» на XI Всеукраїнській науково-практичній конференції «Вода в харчовій промисловості» та VIII регіональної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Актуальні проблеми та перспективи розвитку природничих, медичних та фармацевтичних наук» [4].

Мета роботи – визначення показників якості води, а саме визначення : рН середовища, загального вмісту солей, загальної жорсткості, хлоридів, фосфатів та ферума.

Для досягнення мети поставлені такі задачі:

- 1) провести огляд літературних джерел з теми дослідження;
- 2) визначити об'єкт дослідження та опрацювати методики визначення показників якості природної води;
- 3) дослідити природну воду до хімводопідготовки, визначити показники якості природної води, порівняти зі значеннями ГДК та зробити висновок про придатність природної води для парової котельні;
- 4) визначити показники якості очищеної води після хімводопідготовки та зробити висновок про її придатність для парової котельні;

- 5) дослідити відпрацьовану котлову воду, визначити її показники якості.

1 ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Основні теоретичні положення, які лягли в основу сучасних технологій хімподготовки води (її освітлення, пом'якшення, знесолення, знезараження і т.д.), були розроблені в 50-90-хх рр. минулого століття. Великий внесок у розробку теоретичних основ процесів очищення води, розробку технології та методів розрахунку внесли видатні радянські фахівці: Гордон І.Л., Шкроб М.С., Кострикін Ю.М., Мещерський Н.А., Гурвич С.М., Шапкин И.Ф., Белан Ф.І., Стирікович М.А., Голубцов В.А., Мейкляр М.В., Маргулова Т.Х. та інші.

Необхідно відзначити, що значний внесок у розробку теоретичних основ хімводопідготовки для котелень зробили вітчизняні спеціалісти: І.М. Богатчук, Б.Д. Процюк, М.І. Богатчук, Поржезінський Ю.Г., Бойко В.О., Ткачов В.О., Кишневський В.А., Когановський А.М. та закордонні спеціалісти: Ellms W., Штумпер Р., Стритер Г.В., Мар Г., Терьо Э.Д., Eldridge E. F., Suran L. та інші.

1.1. Вода та її властивості

Вода – головна та найбільш розповсюджена хімічна речовина на нашій планеті – обов'язковий компонент усіх живих організмів (складаючи до 99 % їх маси), головний компонент середовища їх перебування, а також більшість продуктів харчування. Найбільші запаси води містяться у гідросфері – 96 % в світовому океані, останні запаси води – це річки, озера, льодовики, підземні і ґрунтові води; 3 % води – прісні (причому 80 % цієї води знаходиться у вигляді льоду на вершинах гір і льодовиків на полюсах Землі). Вода покриває 80 % поверхні Землі. Вона є найбільш вивченою сполукою; її властивості використанні для визначення одиниць виміру фізичних величин (щільність, температура, теплота та теплоємність) [1-4].

1.1.1. Основні хімічні властивості води

Молекули води мають слабку здатність до зворотної іонізації шляхом розпаду на протон H^+ і гідроксид-іон OH^- :



Не зважаючи на те, що одним із продуктів дисоціації є протони, вони не існують у воді у вільному стані, а натомість відразу ж приєднуються до молекул H_2O з утворенням іонів гідронію H_3O^+ . Внаслідок іонізації чиста вода до певної міри може проводити електричний струм. При чому гідроксид-іони і гідроній-іони в електричному полі рухаються значно швидше ніж інші іони.

Це пояснюється явищем «перестрибування протонів»: жоден індивідуальний іон не переміщується на великі відстані, натомість відбувається перенесення протонів між молекулами води, з'єднаними між собою водневими зв'язками. Таким чином виникає сумарний рух гідроній-іонів до катоду, а гідроксид-іонів – до аноду. «Перестрибування протонів» призводить до того, що у водних розчинах дуже швидко проходять кислотно-основні реакції.

У стані рівноваги тільки невеличка частина молекул води іонізовані, так при температурі $25\text{ }^\circ\text{C}$ на іони розпадається приблизно одна молекула із півмільярда. Іонний добуток води ($\{\text{H}^+\} \times \{\text{OH}^-\}$, де $\{\text{H}^+\}$ і $\{\text{OH}^-\}$ активності відповідних іонів) є сталою величиною і складає 10^{-14} м^2 , оскільки у чистій воді концентрації (і активності) іонів OH^- і H^+ рівні, то кожна з них дорівнює 10^{-7} м^2 . Негативний десятковий логарифм із $\{\text{H}^+\}$ називається рН (водневий показник), відповідно для чистої води, яка є абсолютно нейтральною, він становить 7.

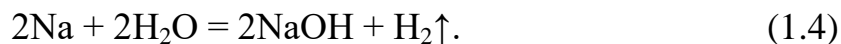
У хімічному відношенні вода досить активна. З багатьма речовинами вона вступає в хімічні реакції вже при звичайній температурі. З оксидами лужних і лужноземельних металів вона утворює основи:



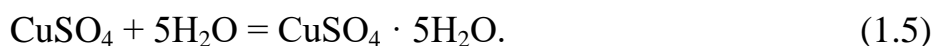
З багатьма оксидами неметалів (ангідридами) вода утворює кисневмісні кислоти:



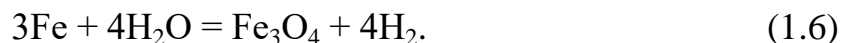
З найактивнішими металами вона утворює основи з виділенням водню:



З деякими солями вода утворює так звані кристалогідрати, які характеризуються строго визначеною кількістю молекул води. Наприклад, з міді сульфатом вода утворює мідний купорос:



в якому на одну молекулу міді сульфату припадає п'ять молекул води. Воду, що входить до складу кристалів, називають кристалізаційною. При високій температурі водяна пара взаємодіє з Ферумом і іншими речовинами. Наприклад:



Раніше цю реакцію застосовували в техніці для добування водню.

У термічному відношенні вода досить стійка. Проте при температурах, вищих 1000 °С, вона починає розкладатися на водень і кисень [2, 4]:



1.1.2 Будова молекул і асоціатів природної води

Найпростіша прийнята сьогодні модель молекули води – тетраедр (рис. 1.1, рис. 1.2) [1].

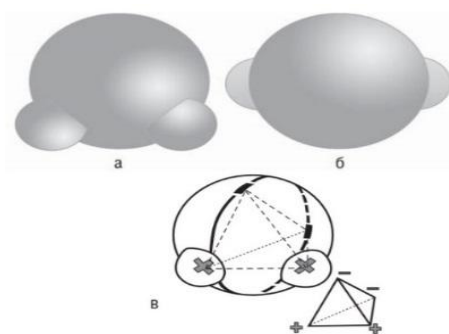


Рисунок 1.1 – Модель молекули води – тетраedr:

а – вид на молекулу води з боку атомів водню; б – вид на молекулу води з боку атома кисню; в – заряди (електрони, розташовані у вигляді тетраедра).

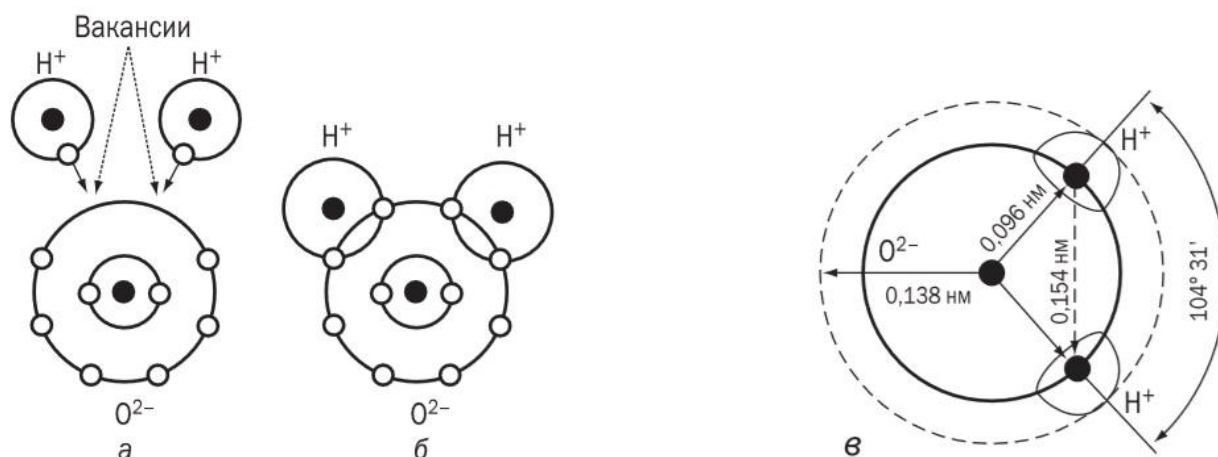


Рисунок 1.2 – Схема процесу утворення з одного атома кисню і двох атомів водню (а) молекули води (б); в – молекула води і її розміри

1.2 Показники якості води

Під якістю води розуміють сукупність її властивостей. Якість природних вод обумовлюється наявністю в ній неорганічних та органічних речовин, а також мікроорганізмів і характеризується різними фізичними, хімічними, бактеріологічними і біологічними показниками.

До фізичних показників відносяться: каламутність, прозорість, кольоровість, температура, запах, смак і електропровідність.

Хімічними показниками якості води є сухий залишок або загальна кількість розчинених речовин, рН води або активна реакція, окисність, лужність, вміст газів, наявність азотних сполук, хлоридів, сульфатів, ферума, марганцю, кальцію, магнію, деяких отруйних і радіоактивних речовин, хімічне споживання кисню (ХСК), біохімічне споживання кисню (БСК), розчинений кисень. Бактеріологічні, або санітарні показники характеризують загальне бактеріальне забруднення води, а також вміст бактерій групи кишкової палички (БГКП). [3-8].

1.2.1 Вимоги до якості води. Каламутність та кольоровість природної води

Дисперговані домішки води – частинки діаметром більше 100 нм – обумовлюють каламутність води.

Каламутність властива водам поверхневих водойм – залежить від характеру харчування водойми, властивостей берегових і руслових порід, кліматичних і погодних умов. Максимальні значення в паводковий період – до 10000 мг/дм³.

Гравіметричний метод визначення каламутності води водойми заснований на зважуванні фільтра з осадом, просушеного до постійної маси при 105 °С після пропускання через нього води; метод точний, але вимагає багато часу для виконання.

Візуальний метод заснований на порівнянні оптичної щільності досліджуваної води зі стандартними зразками каламутної води.

Фотоелектроннефелометричний метод заснований на здатності зважених

часток розсіювати світло. Фіксація інтенсивності світлового потоку проводиться за допомогою фотоелемента.

Води, що містять незначну кількість зважених часток, прозорі, а якість таких вод характеризується величиною зворотної каламутності – прозорістю.

Прозорість води – це висота стовпа води в сантиметрах, через який проглядається «хрест» з ліній товщиною 1 мм, нанесених чорною фарбою на білу фарфорову пластинку («прозорість по хресту»), або стандартний шрифт («прозорість по шрифту»).

Вода для господарсько-питного водопостачання повинна мати прозорість «по хресту» не менш 300 см, а «за шрифтом» – не менше 30 см [1, 4, 7-25].

Гумінові і фульвокислоти та їх розчинні солі – гумати і фульвати надають воді забарвлення.

Інтенсивність забарвленості води називається її кольоровістю, яка визначається за платиново-кобальтової шкалою і виражається в градусах.

Один градус такої шкали відповідає вмісту в 1 дм³ розчину 2,49 мг калію хлорплатинату K₂PtCl₆ і 2,018 мг кобальту хлориду CoCl₂·6H₂O.

Згідно вимогам кольоровість води не повинна перевищувати 20 градусів, за платиново-кобальтової шкалою.

В окремих випадках допускається кольоровість до 35 градусів [1, 4, 7-25].

На теперішній час встановлені нормативні концентрації хімічних речовин, котрі характеризують якість води.

Найважливіші нормативні концентрації хімічних речовин природної води представлені у табл. 1.3 [7, 9-26].

Таблиця 1.3 – Нормативні концентрації хімічних речовин природної води.

Показник	Значення	Показник	Значення
1	2	3	4
Нітрати, мг/дм ³	< 45,0	Сухий залишок, мг/дм ³	< 1000

Свинець, мг/дм ³	< 0,03	Хлориди, мг/дм ³	< 350
Водневий показник, рН	6,0 - 9,0	Цинк, мг/дм ³	< 5,0
Продовження таблиці 3.1			
1	2	3	4
Ферум, мг/дм ³	< 0,3	Запах при 20°С та при 60°С,	< 2
Загальна жорсткість , мг'екв/дм ³	< 7,0	Каламутність по ст. шкалі, мг/дм ³	< 1,5
Марганець, мг/дм ³	< 0,1	Окиснюваність, мг/дм ³	4,0

1.2.2 Запах і присмак природної води

Запах і присмак природних вод обумовлені розчиненими солями, газами, органічними сполуками, що утворюються в процесі життєдіяльності водної флори і фауни, і бувають природного і штучного походження.

Природні запахи – рибний, гнильний, болотний, пліснявий та ін. – результат життєдіяльності водних організмів і розкладання органічних речовин.

Штучні запахи – фенольний, хлорфенольний та ін. – з'являються у воді при забрудненні водойм стічними водами. Визначення запаху проводиться при температурі води 20° С з якісною і кількісною оцінкою параметрів. Визначення запаху і смаку проводиться органолептично – зазначають гіркий, солодкий, кислий чи солоний смак, інші смакові відчуття визначаються як присмаки.

Кількісно запах і смак води оцінюють за п'ятибальною шкалою які представлені у табл. 1.4. Інтенсивність запаху води для питного водопостачання не більше 2 балів при 60°С, смак води – не більше 2 балів при 20°С [1, 4, 7-25].

Таблиця 1.4 – Шкала оцінки запаху і смаку

Інтенсивність	Ніякого запаху і смаку	Дуже слабкий	Слабкий	Помітний	Виразний	Дуже сильний
Бали	0	1	2	3	4	5

1.2.3 Жорсткість природної води

Катіони Ca^{2+} , Mg^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} і важких металів зумовлюють жорсткість води, у природних водах переважають іони Ca^{2+} і Mg^{2+} . Загальна жорсткість природних вод – сума концентрацій іонів кальцію і магнію в мг·екв/дм³ або в моль/дм³. Один мг·екв/дм³ еквівалентний вмісту у воді 20,04 мг/дм³ іонів Ca^{2+} або 12,156 мг/дм³ іонів Mg^{2+} .

Залежно від величини загальної жорсткості природні води поділяються на такі групи: дуже м'яка (< 1,5 мг·екв/дм³); м'яка (1,5-3,0 мг·екв/дм³); середньої жорсткості (3,0-5,4 мг·екв/дм³); жорстка (5,4-11 мг·екв/дм³); дуже жорстка (>10,7 мг·екв/дм³).

Найбільш м'якими є води атмосферних опадів, жорсткість яких 70-100 мг·екв/дм³. Жорсткість підземних вод визначається складом контактуючих з ними порід. Жорсткість річкових вод залежить від кліматичних умов і характеру харчування річок поверхневими та ґрунтовими водами. При живленні водойми ґрунтовими водами жорсткість води збільшується. Найменша жорсткість річкової води спостерігається в паводковий період через значне розбавлення річкової води стоком талих вод. У літній період жорсткість річкових вод залежить від кількості опадів, що випадають.

Жорсткість води, зумовлена наявністю іонів Ca^{2+} і Mg^{2+} , приймається за загальну. Частина загальної жорсткості води, еквівалентна вмісту гідрокарбонатів і карбонатів кальцію і магнію, називається карбонатною жорсткістю, еквівалентна вмісту хлоридів, сульфатів та інших сильних кислот – некарбонатною жорсткістю.

Кальцію карбонат має малу розчинність – 14,45 мг/дм³ у воді при 25 °С і як і магнію гідрокарбонат при кип'ятінні перетворюється на важкорозчинний магній карбонат MgCO₃ або основний магнію карбонат (MgOH)₂CO₃.

Таким чином, при кип'ятінні жорсткість води, викликана присутністю гідрокарбонатів кальцію і магнію, усувається. Тому така жорсткість називається усуненою, або тимчасовою.

Слід розрізняти поняття «карбонатна» і «тимчасова» жорсткість.

При переході HCO₃⁻ в CO₃²⁻ і при випаданні карбонатів кальцію і магнію в осад у воді залишається деяка кількість іонів Ca²⁺, Mg²⁺, CO₃²⁻, відповідна добутку розчинності карбонату кальцію і основного магній карбонату.

В присутності сторонніх іонів розчинність цих сполук підвищується. Різниця між карбонатною і тимчасовою жорсткістю, яка обумовлена карбонатами кальцію і магнію, називається залишковою жорсткістю.

Коли в природній воді співвідношення HCO₃⁻ > Ca²⁺ + Mg²⁺, тобто загальна лужність перевищує суму концентрацій іонів Ca²⁺ і Mg²⁺, загальна жорсткість дорівнює карбонатній, значення не карбонатної не обчислюються.

Іони Ca²⁺ і Mg²⁺ характеризують загальну жорсткість природних вод. Помірно жорстка вода не небезпечна в гігієнічному відношенні, так як з водою в організм надходить 20-30 % кальцію, необхідного для підтримки в рівновазі кальцієвого обміну в кісткових тканинах і обміну речовин в організмі.

М'які маломінералізовані води є менш бажаними. Гідрокарбонатно-кальцієві води середньої жорсткості найбільш приємні на смак. Загальна жорсткість питної води не повинна перевищувати 7 мг·екв/дм³ [1, 4, 7-25].

1.2.4 Ферум і марганець в природній воді

Наявність сполук ферума і марганцю, що не мають виражену токсичну дію, погіршує якість води, надаючи їй при концентрації більше 0,1-0,3 мг/дм³

залозистий присмак. Тому ГДК ферума у питній воді становить 0,3 мг/дм³, марганцю – 0,1 мг/дм³ [1, 4, 7-25].

1.2.5 Сульфати і хлориди в природній воді

Постійні компоненти природних вод – сульфати і хлориди при високому вмісті погіршують якість води:

– при концентрації хлоридів більше 300 мг/дм³ вода набуває солонуватий присмак;

– сульфати, якщо їх концентрація у воді більше 500 мг/дм³, пригнічують функції організму і мають проносну дію.

У питній воді має бути не більше 350 мг/дм³ хлоридів і 500 мг/дм³ сульфатів [1, 4, 7-25].

1.3 Класифікація природних вод

Уже кілька століть розробляються системи класифікації природних вод і способи як можна більш короткої характеристики якості води (індекс якості води). Виділено 625 і навіть більше класів, груп, типів і різновидів вод [42]. В.І. Вернадський вважав, що число видів природних вод більше 1500 одиниць.

Виявилось, що неможливо оцінити придатність води для питних, технічних, інших цілей тільки на основі запропонованих універсальних індексів води. Сьогодні найбільш споживані класифікаційні системи С.А. Щукарьова, О.А. Альокіна і Л.А. Кульського [42]. Практичний інтерес представляє фазово-дисперсна класифікація домішок води, розроблена Л.А. Кульським (табл. 1.6).

Таблиця 1.6 – Класифікація вод за фазово-дисперсним станом домішок розроблена Л.А. Кульським.

Група	Найменування домішок	Розмір частинок, мкм	Характеристика домішок
Гетерогенна система			
I	Зависі	$>10^{-1}$	Суспензії і емульсії, що обумовлюють каламутність води; мікроорганізми і планктон
II	Колоїдно-розчинені речовини	$10^{-1}-10^{-2}$	Віруси. Колоїди і високомолекулярні сполуки, що обумовлюють окислюваність і кольоровість води;
Гомогенная система			
III	Молекулярно-розчинені речовини	$10^{-2}-10^{-3}$	Гази, розчинні у воді; органічні речовини, які надають воді запах і присмак
IV	Речовини, диссоційовані на іони (електроліти)	$<10^{-3}$	Солі, кислоти, луги, які надають воді жорсткість, лужність та минералізованість

1.4 Водопідготовка і водоочищення парових котелень

Вода залишається найдоступнішим і недорогим теплоносієм, що обумовлює її застосування в системах нагріву води. Скорочення ХВП або хімічна водопідготовка частіше всього використовується саме в сфері котельного обладнання. Ця технологія має на увазі застосування не тільки хімічних методів очищення води для котлів, але і інших сучасних методів, що дозволяють продовжити термін служби котельного обладнання і істотно знизити пов'язані з ними експлуатаційні витрати.

При експлуатації котельного обладнання виникають складності в експлуатації через наявність у воді нерозчинних механічних домішок, а також розчинених у воді домішок, що утворюють осад, а також домішок з корозійної активністю. Кожен із зазначених видів забруднень здатний знизити ефективність роботи водогрійної системи або вивести її з ладу [2-7, 42].

Основним ворогом теплової системи є накип, обумовлений підвищеною жорсткістю води. З кожним міліметром шару накипу енергетичні втрати зростають на 5 %. Наприклад, при жорсткості води 7 мг-екв./дм³ і продуктивності котла 1 т/год. за місяць утворюється до 200 кг карбонатних відкладень [1, 8].

Другим несприятливим фактором є хімічна і електрохімічна корозія. Остання викликана неповним видаленням з води домішок феруму і марганцю.

1. При розгляді ХВО для котлів необхідно враховувати, що вони бувають водогрійними і паровими. Відповідно висуваються різні вимоги до показників якості води, які обумовлюють методи розв'язання задачі водопідготовки для котлів. Норми проектування водопідготовки опалювальних і промислових котелень визначаються СП 89.13330.2016 «Котельные установки» [44], ДБН В.2.5-77-2014 «Котельні» [45] та EN 12952-12:2003 [56].

Згідно з цими документами «Водно-хімічний режим роботи повинен забезпечувати роботу котлів, пароводяного тракту, тепловикористовуючого обладнання і теплових мереж без корозійних пошкоджень, і відкладень накипу на внутрішніх поверхнях, отримання пара і води необхідної якості» [3, 9].

Вода, яка використовується для парових котлів, в залежності від технологічної ділянки, має різні найменування, закріплені в нормативних документах [3]:

Сира вода – вода з джерела водопостачання, що не пройшла очищення і хімічну обробку.

Живильна вода – вода на вході в котел, яка повинна відповідати заданим проектом параметрам (хімічний склад, температура, тиск).

Додаткова вода – вода, призначена для поповнення втрат, пов'язаних з продуванням котла і витоками води і пари в пароконденсатному тракті.

Підживлювальна вода – вода, призначена для поповнення втрат, пов'язаних з продуванням котла і витоками води в теплоспоживаючих установках і теплових мережах.

Котлова вода – вода, що циркулює всередині котла.

Прямоточна вода – вода в напірному трубопроводі теплової мережі від джерела до споживача тепла.

Пряма мережева вода – вода в напірному трубопроводі теплової мережі від джерела до споживача тепла.

Зворотня мережева вода – вода в тепловій мережі від споживача до мережевого насоса.

Схема системи опалення з паровим котлом наведена на рис. 1.3 [4, 10]. Система опалення з паровим котлом працює наступним чином.

Сира вода проходить ХВО, звідки надходить до збірника очищеної води (ЗОВ). Із ЗОВ вода живильним насосом через деаератор і економайзер подається в барабан парового котла, де перетворюється на водяну пару заданих параметрів. Пар в теплообміннику підігріває мережну воду системи опалення, перетворюючись в конденсат, який повертається до ЗОВ.

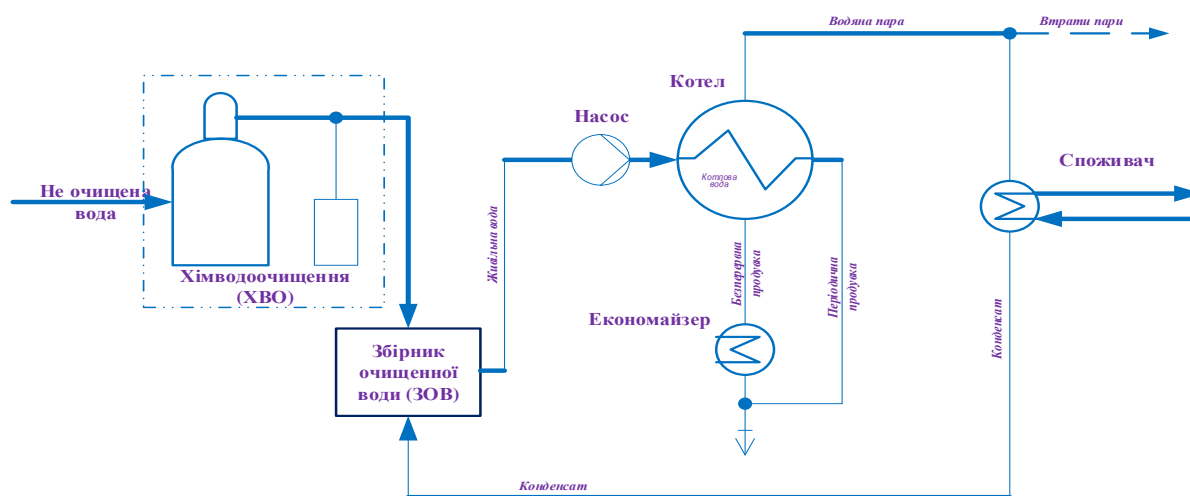


Рисунок 1.3 – Схема системи опалення з паровим котлом

Хімводопідготовка для парових котлів обумовлена деякими відмінностями. Безперервна втрата пари обумовлює постійне підживлення контуру парового котлу, що призводить до зростання вмісту солі у котловій воді. Для зменшення домішок в котловій воді проводять періодичну часткову її заміну за рахунок періодичної або постійної продувки. ХВО для парових котлів направлено на зменшення об'єму їх продувок, забезпечуючи тим самим систему водою необхідної якості. Ця величина регламентується вимогами технічної документації для котельних установок, для парових котелень з тиском до 14 бар величина продувки не більше 10 %, для котелень до 40 бар – 5 % від продуктивності [11, 42-45]. Величина безперервної продувки обумовлює витрати на нагрів води. Чим вона більше, тим вище витрати на енергоносії і водопідготовку. Одною з основних задач експлуатації котла є організація раціонального водного режиму, що забезпечує без накипну роботу поверхонь нагріву, попередження їх корозії і високу якість пари [12]. Разом з живильною водою в парогенератор надходять різні мінеральні сполуки, в тому числі, солі кальцію і магнію, окисли ферума, алюмінію, міді.

Накопичення таких речовин в процесі випаровування води, доходячи до рівноважного стану приводить до випадання їх на стінки поверхонь. В першу чергу насичуються солі жорсткості $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, CaCO_3 , MgCO_3 тощо. Вони випадають із води у вигляді кристалів.

Центрами кристалізації є жорсткуватості труби, раковини тощо. Ці речовини утворюють щільні, тверді відкладення – накип. Якщо відкладення відбуваються в об'ємі рідини, то утворюється шлам.

Накип і шлам мають низьку теплопровідність 0,1...0,2 (м·К)/Вт. Тому навіть тонкий шар накипу призводить до суттєвого погіршення теплообміну, відповідного підвищення температури стінки труби. В екранних трубах, кип'ятильних пучках і навіть в пароперегрівнику температура стінки може перевищувати допустиму температуру. Тоді утворюється відтулина, а потім свищ.

Накип недопустимий і в області хвостових поверхонь, оскільки погіршення теплообміну приводить до збільшення температури відхідних газів і зниження ККД котла.

Соли ферума та амонію можуть утворювати нерозчинні солі і відкладатись на стінках. Наявність окислів кремнію SiO_2 призводить до утворення кремнієвої кислоти H_2SiO_3 . При тиску більшому 7 МПа ця кислота може розчинятись в парі і попадати з барабана через пароперегрівник в турбіну, де відкладається на лопатках. Вплив товщини накипу на втрати енергії наведений на рис. 1.4 [4, 10].

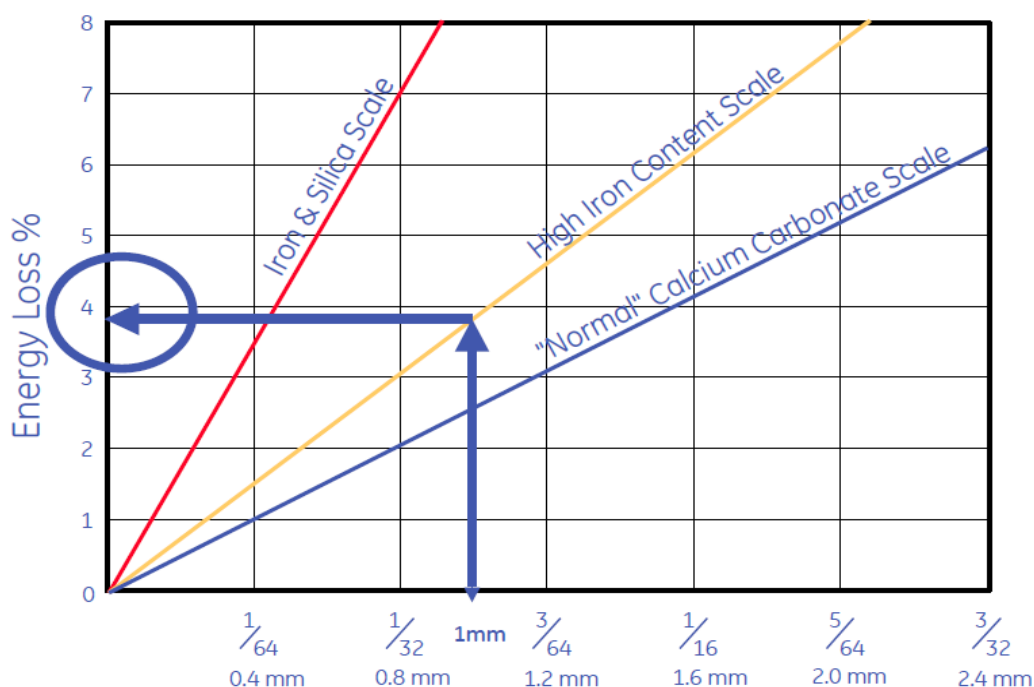


Рисунок 1.4 – Вплив товщини накипу на втрати енергії

Для запобігання накипу використовується корекційна хімічна обробка живильної і котлової води. Продукти призначені для запобігання накипу можуть бути на основі неорганічних і органічних фосфатів.

Реагентна обробка перешкоджає утворенню накипу у вигляді пластівців і перетворює солі що накопичились в котлі в м'який, концентрований шлам, який легко видаляється під час продувок

2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Автор магістерської роботи проходила виробничу практику на АТ «ОПЗ» на базі відділення хімоводоочищення установок ультрафільтрації та зворотного осмосу цеху водообробки, де обов'язковим є технологічний лабораторний контроль води виробничою лабораторією (ВЛ) на всіх етапах підготовки хімічно очищеної води (ХОВ), для підживлення парових котлів.

Основним призначенням підприємства є виробництво аміаку, карбаміду та іншої хімічної продукції.

Завод також приймає та перевантажує в морські судна на експорт продукцію інших підприємств: аміак, карбамід, метанол і рідкі комплексні азотні добрива. Хімічна продукція від інших підприємств надходить на перевантажувальні комплекси заводу залізною дорогою та аміакопроводом довжиною 2417 км [50, 51].

2.1 Об'єкт досліджень

АТ «ОПЗ» є ідеальним прикладом технології очистки і дослідження води [50, 51]. У робочих циклах АТ «ОПЗ» як робоче тіло використовується – вода різного ступеня очищення. Залежно від схеми циклу вода різного складу використовується в декількох контурах, ізольованих один від одного.

Вхідним продуктом для підготовки робочого тіла є суміш води після біологічного очищення, морської вода і водопровідної води.

В зв'язку з частковою остановкою виробництва, система виробничого водопостачання заводу з підготовки хімічно-очищеної води для котельного цеху працює без додавання очищеної морської води (УЗО для очистки морської води законсервована).

Використовується технологічна схема для суміші води після біологічної очистки (попередньо очищених стічних вод – далі ПОСВ) і водопровідної води. Схема ХВО для парових котлів АТ «ОПЗ» наведена на рис. 2.1.

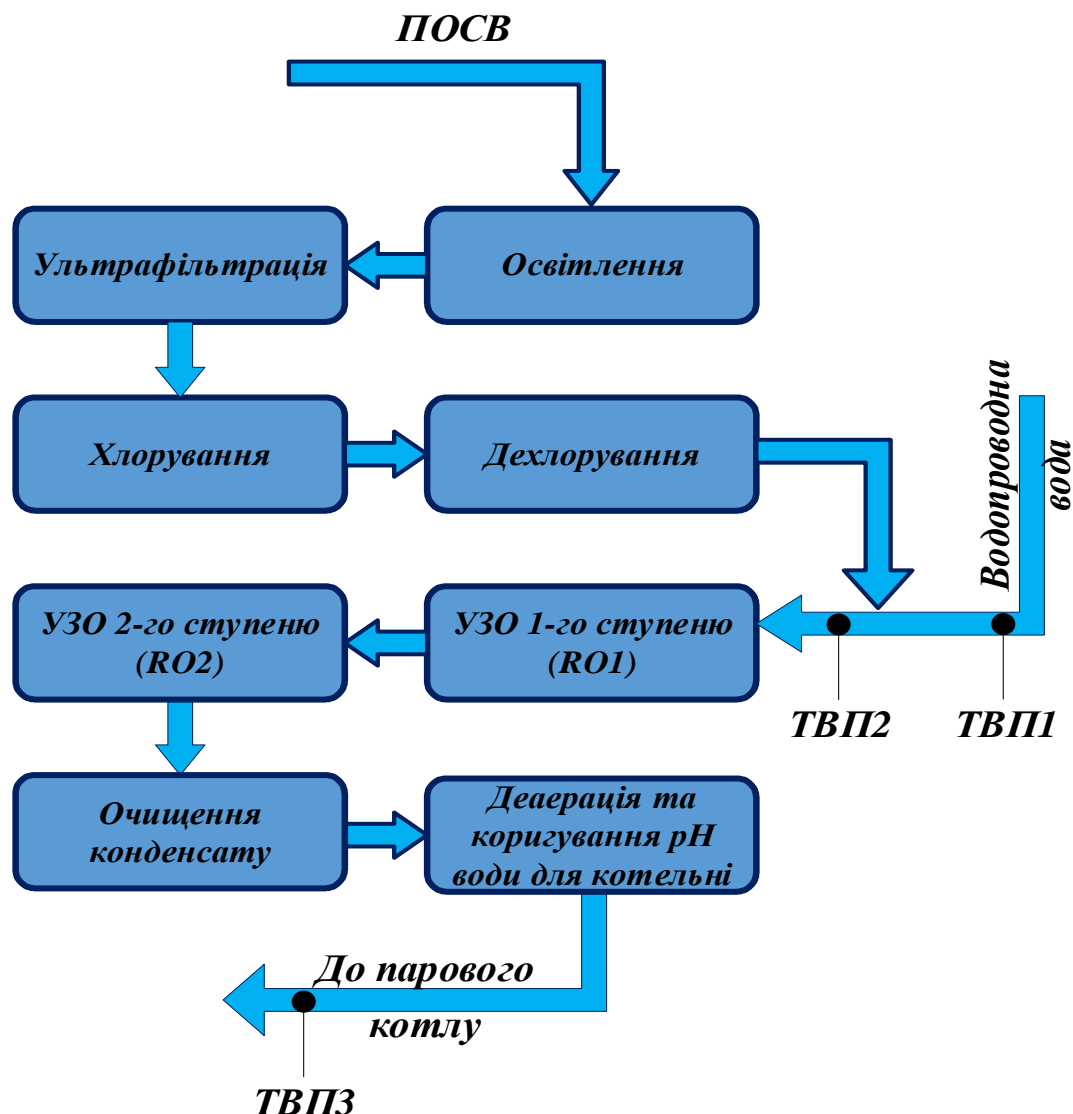


Рисунок 2.1 – Схема ХВО для парових котлів АТ «ОПЗ»: ТВП1 – точка відбору проб водопровідної води; ТВП2 – точка відбору проб вихідної води; ТВП3 – точка відбору проб живильної води

Схема очищення ПОСВ включає в себе процеси освітлення, ультрафільтрації, хлорування та дехлорування. Ці процеси використовуються перед установками зворотного осмосу. Перший етап фізико-хімічної обробки ПОСВ заснований на використанні методу осадження і здійснюється в

освітлювальних механічних фільтрах. Далі вхідна вода автоматично подається насосами на систему мембранної ультрафільтрації ZeeWeed IWTP для виділення зважених часток, органічних і мікробіологічних забруднень.

Система ультрафільтрації обробляє 500 м³/год., при цьому вихід фільтрату – складає 95 %. Використання двох технологічних ліній УФ-1, забезпечує безперервну роботу установки при виведенні з роботи одної з них для проведення періодичної промивки. Далі процес включає очищення стічної води хлоруванням з використанням гіпохлориту натрію NaOCl.

Хлор, який знаходиться у воді у вигляді хлорноватистої кислоти, називається вільним активним хлором. Активний хлор має руйнівну дію на матеріал, з якого зроблені мембрани, а тому його потрібно обов'язково контролювати.

Установки зворотного осмосу, (УЗО) завжди розраховуються індивідуально для кожного випадку, виходячи з якості вхідної води.

Головні характеристики процесу зворотного осмосу – продуктивність і селективність – є складною функцією наступних параметрів:

- питомої продуктивності, селективності, гідравлічного опору, хімічної стійкості мембранних елементів;
- температури, рН, загального солемісту і співвідношення компонентів у вхідній воді;
- вимоги до очищеної води (перміат);
- робочого тиску, критеріїв гідродинаміки в мембранному контурі;
- регламентного техобслуговування;

Фізико-хімічний склад вхідної води є основою для розрахунку системи водопідготовки в цілому, а також є основним фактором забруднення мембран в процесі експлуатації.

Тому важливим фактором при проектуванні мембранних установок є оцінка факторів, що впливають на зниження продуктивності мембран під час експлуатації. У практиці проектування мембранних систем водопідготовки

використовується спосіб тестування вхідної води з метою визначення її схильності до утворення осадів.

SDI (Silt Density Index) – індекс-тест якості вхідної води для визначення потенційної можливості утворення колоїдних і зважених речовин, які закривають поверхню мембранних елементів.

Нормативні рівні SDI індексу наведені у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Нормативні рівні SDI індексу

Тип вхідної води	Максимум SDI	Мінімум SDI
Артезіанська	5	2
Поверхнева	175	5

Резервуарний парк для зберігання фільтрату, складається з двох підземних ємностей стічної води УФ-1 та водопроводної води УФ-2 об'ємом по 6000 м³, звідки вода в автоматичному режимі насосами подається на установки зворотнього осмосу для забезпечення високої якості знесоленої води.

Допустимі значення показників води після очистки на УФ перед подальшою обробкою на УЗО наведені у табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Допустимі значення показників води після очистки на УФ перед подальшою обробкою на УЗО

Показник	Допустимі значення
Прозорість	Більше 31 см по «кільцю».
ГДК	Не більше 0,1 мг/дм ³
Вміст ферума	Не більше 0,03 мг/дм ³
pH	5,5-8,0
Концентрація активного хлору	Відсутність

Для запобігання осадоутворення на поверхні мембранного полотна активним хлором при проведенні дехлорування, установки зворотного осмосу укомплектовані насосами – дозаторами антискаланту і метабісульфіту натрію.

У робочому режимі в мембранному модулі установки зворотного осмосу відбувається поділ води на два потоки: демінералізовану воду – пермеат і воду з підвищеним солевмістом – концентрат.

Очищена на зворотньоосмотичних мембранних елементах вода має знижений водневий показник рН [14]

Установки зворотнього осмосу УЗО-1, УЗО-2 працюють на накопичувальні ємності – збірники очищеної води (ЗОВ), а до подачі ХОВ в котельний цех обов'язково проводиться необхідне корегування рН розчином NaOH з реєстрацією даних вимірювання електропровідності та рН ХОВ завдяки встроєному промислового приладу для вимірювання з перетворювачем ENDRESS HAUSER (підвищення електропровідності більше 25 мкСм/см, рН до 9,5 або зниження до 6,0 супроводжується світлозвуковою сигналізацією та блокуванням роботи УЗО)

Навіть якщо водопідготовка проводиться з обладнанням, параметри води повинні бути зкоригованні до відповідних параметрів експлуатації парових котлів згідно EN 12952-12:2003 [36, 56]. Основні параметри якості котлової води наведені у табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Основні параметри якості котлової води (згідно EN12952-12)

Параметри	Значення фізичних величин
Водневий показник, од рН	10,0 - 11,5
Загальна лужність, ммоль/л	0,1 - 1,0
Вміст фосфатів, мг / л	30 - 60
Питома електропровідність, мкСм/см	< 1500

Внутрікотлова обробка води проводиться фосфатами в автоматичному режимі по витраті живильної води в котлі з періодичним включенням насосів. Концентрація фосфатів визначається методом ручного хімічного аналізу охолоджених проб котлової води в лабораторних умовах. [36, 56, 66].

2.1.1 Основні фізико-хімічні властивості виробленої продукції

Основні фізико-хімічні властивості виробленої продукції відділення хімводоочищення установок ультрафільтрації та зворотного осмосу цеху водообробки АТ «ОПЗ» наведені у табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Основні фізико-хімічні властивості хімічно-очищеної води (ХОВ)

Найменування властивостей, одиниці виміру	Значення фізичних величин
Зовнішній вигляд	Безбарвна прозора рідина запаху
Щільність, при 25 °С, кг/м ³	997
Температура замерзання, °С	0
Температура кипіння, °С	100
Питома електропровідність, мкСм/см	≥ 25
Водневий показник, од рН	8,5-10,0
Масова концентрація ферума загального, мг/дм ³	≥ 0,05
Молярная концентрація загальної жорсткості, ммоль/дм ³	≥ 0,010

Для запобігання кисневої корозії необхідно видалити розчинений кисень з живильної води.

Розрізняють декілька видів деаерації, але найбільш часто застосовується термічний спосіб. Апарати, в яких проводиться термічна дегазація, називаються «деаераторами». У деаераторах, крім кисню, видаляється також розчинений у воді вуглекислий газ, який є причиною вуглекислотної корозії [8].

Для зменшення вмісту вуглекислого газу в підживлювальній воді використовують також підлужування [15].

Виходячи із вище сказаного, об'єктами дослідження є:

- водопроводна вода;
- вихідна вода (попередньо очищена вода після ультрафільтрації);
- живильна вода (хімічноочищена вода з корегуванням рН, та реагентною обробкою котлової води що поступає в парову котельню);
- котлова вода.

Основними завданнями хімводопідготовки котелень є зниження вмісту зважених речовин (показник каламутності води), солей жорсткості, а також корекція рН.

Також важливим є зниження значення показника солевмісту (сухого залишку), оскільки загальний солевміст впливає на величину продувки парових котлів [8, 13].

2.2 Методи контролю якості води парової котельні

Водно-хімічні режими на котельні – комплекс засобів для реалізації завдань надійної та економічної експлуатації устаткування:

- корекційна обробка живильної і котлової води (додаткове кондиціонування);
- хімічний контроль, який є системою інформації про стан водно-хімічних режимів для прийняття коригувальних дій.

2.2.1 Умови отримання представницьких проб. Точки відбору проб

Параметри (температура, тиск), агрегатний стан робочого тіла в контурах парової котельні різні. У хімічних лабораторіях всі аналітичні операції виконують при кімнатній температурі і атмосферному тиску.

Тому в процесі відбору проб в більшості випадків доводиться знижувати тиск і температуру [13, 58, 73].

Загальні умови представницького пробовідбору регламентуються в [8, 9, 10, 58, 73, 74], що передбачає оснащення пристроями для відбору проб пари і води, призначених для експлуатаційного (штатного) контролю за водно-хімічним режимом барабанних котлів з природною циркуляцією високого, середнього та низького тисків.

Представницький пробовідбір залежить від конструкції пробозабірний пристроїв – зондів, швидкості потоку проби, матеріалу траси пробопроводу, температури охолодженої проби [14, 58, 73, 74].

Точкою відбору проб називають місце взяття проби з апарату або трубопроводу з необхідними пристроями для відбору.

Від місця розташування точки відбору і ретельності виконання всіх допоміжних пристроїв залежить представницькість відібраної проби.

Пробу називають представницькою, коли концентрації домішок, що визначаються, в пробі збігаються із середньою їх концентрацією в контрольованому об'єкті.

Техніка відбору проб повинна, по можливості, виключати причини, що викликають порушення представницькості проб [58, 73, 74].

В окремих випадках уникнути псування проб при відборі, транспортуванні і зберіганні важко, але можливо, в ряді випадків добитися отримання представницької проби загальноприйнятими способами не вдається.

Відібрати представницьку пробу котлової води досить не просто.

Експлуатаційні спостереження і теплохімічні випробування показують, що для попередження потрапляння в пробовідбірні пристрої пари доцільно відбирати проби з нижніх ділянок опускних труб [4, 5, 58].

Так як процес взяття проби робочого середовища високих параметрів пов'язаний зі зниженням температури і тиску, то в число таких пристосувань входять холодильники, дросельні пристрої, арматура, з'єднувальні лінії і спеціальні зонди, за допомогою яких проба потрапляє в пробовідбірні траси.

2.2.2 Методика визначення рН, солемісту

Визначення рН, солемісту, води проводилось за допомогою потенціометричного методу з використанням приладу InoLab Multi 9310, з використанням цифрового електроду SenTix® 940.

Прилад оснащений вбудованим програмним забезпеченням, що дозволяє проводити контроль процесу вимірювань, здійснювати збір експериментальних даних, обробляти і зберігати отримані результати вимірювань.

Прилад представлений на (рис. 2.2) дозволяє швидко і надійно виконати різні виміри [75].



Рисунок 2.2 – Прилад InoLab Multi 9310

Технічні характеристики приладу InoLab Multi 9310 наведені у табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики приладу InoLab Multi 9310

Параметр		Значення, одиниці вимірювання
1		2
рН		-2,000 – 20,000
мВ		±1250,0; ±2000,0
рН/мВ, температура		-5,0 – 105,0 °С
Електропровідність	основні	10 мкСм/см – 2000 мСм/см
	додаткові	0,0 – 19,99 мкСм/см с $K = 0,1 \text{ см}^{-1}$
Солевміст (TDS)		0 – 1999 мг/дм ³ ; 0 – 19,99 г/дм ³

Конструктивно прилад InoLab Multi 9310 складається з вимірювального блоку і датчиків, які підключаються до нього.

Прилад має систему автоматичної термокомпенсації, інтерфейс для підключення персонального комп'ютера. Результати вимірювань рН, ОВП, УЕП, температури рідини, TDS, час і дата вимірювань виводяться на рідкокристалічний дисплей аналізатора або на екран персонального комп'ютера.

Потенціометричні вимірювання представляють найважливіше і найбільш надійне джерело отримання констант рівноваги електродних реакцій і хімічної спорідненості одних речовин до інших, термодинамічних характеристик реакцій, що протікають в розчинах (електролітичної дисоціації, асоціації, комплексоутворення), добуток розчинності солей, коефіцієнтів активності іонів, рН розчинів.

Визначення величини рН води має велике значення при оцінці якості природних та промислових вод [2-4, 9, 73, 74].

Солевміст – це загальний вміст солей у воді (мг/дм³).

Визначення солевмісту ґрунтується на тому, що в області розбавлених і помірно концентрованих розчинів електролітів питома електропровідність \propto лінійно збільшується із зростанням концентрації.

Електропровідність – це чисельне вираження спроможності водяного розчину проводити електричний струм. Електрична провідність води залежить, в основному, від концентрації розчинених мінеральних солей і температури.

Широке застосування вимірювань електропровідності і електрорушійної сили здійснюється в аналітичній хімії. Виміри електропровідності і електрорушійної сили дозволяють визначити активності або концентрації розчинених речовин, або загальний вміст речовини в розчині.

2.2.3 Титриметричний метод визначення загальної жорсткості води

Жорсткістю називається властивість води, зумовлена наявністю в ній розчинних солей кальцію та магнію. Розрізняють три види жорсткості [26].

Сумарний вміст цих солей у воді називається її загальною жорсткістю J_3 . Вона підрозділяється на карбонатну J_k і некарбонатну жорсткість $J_{нк}$.

Карбонатна жорсткість зумовлена присутністю гідрокарбонатів кальцію і магнію $Ca(HCO_3)_2$ і $Mg(HCO_3)_2$.

При нагріванні води гідрокарбонати розпадаються з утворенням вугільної кислоти й випаданням в осад кальцію карбонату та магнію гідроксиду [5, 22].

Цей тип жорсткості майже повністю усувається під час кип'ятіння води й тому називається тимчасовою жорсткістю.

Некарбонатна жорсткість зумовлена присутністю солей сильних кислот – сульфатів чи хлоридів кальцію і магнію $CaSO_4$, $MgSO_4$, $CaCl_2$ і $MgCl_2$, при кип'ятінні не усувається (постійна жорсткість).

Жорсткість води визначають за кількістю солей кальцію і магнію в ній.

Визначення загальної жорсткості ґрунтується на реакції іонів кальцію та магнію з Трилоном Б, в результаті чого утворюються комплексні сполуки. На закінчення реакції вказує зміна кольору індикатора еріохром-чорного з винно-червоного на синій.

Внаслідок того, що іони Ca^{2+} і Mg^{2+} утворюють з Трилоном Б малостійкі комплекси, титрування проводять у лужному середовищі, застосовуючи для цього буферну суміш гідроксиду амонію з хлоридом натрію (аміачний буферний розчин), що має $\text{pH} = 10$. Діапазон вимірювань від 0 - 10 ммоль/дм³.

Визначення загальної жорсткості води виконується в наступній послідовності:

- 1) приготування проби води;
- 2) визначення концентрації трилону Б;
- 3) визначення загальної жорсткості.

Перед виконанням вимірювання пробу фільтрують через паперовий фільтр, відкидаючи перші 100 см³ фільтрату. Якщо проба має сильно кислу або сильно лужну реакцію її попередньо нейтралізують водним розчином аміаку з масовою часткою 3 % або соляною кислотою розведеною в співвідношенні 1:1 за універсальним індикаторним папером.

У конічну колбу місткістю 250 см³ вносять 100 см³ підготовленої проби, доливають 5 см³ аміачно-буферного розчину від 5-7 крапель розчину індикатора і повільно титрують розчином трилону Б відповідної концентрації при інтенсивному перемішуванні, до переходу забарвлення розчину в процесі титрування слід додати ще 5-7 крапель індикатора.

Якщо на титрування було витрачено більше ніж 10 см³ трилону Б, вимірювання слід повторити, взявши менший об'єм проби і розбавивши його до 100 см³ демінералізованою водою.

Нечіткий перехід забарвлення індикатора в точці еквівалентності вказує на присутність в пробі іонів міді і цинку. Для усунення їх впливу в пробу до внесення буферного розчину і індикатора додають 1 см³ розчину сірчистого натрію з масовою часткою 2 %.

Загальну жорсткість обчислюють за формулою:

$$Ж_{заг.} = \frac{1000 \cdot a \cdot K \cdot C}{V}, \quad (2.1)$$

де a – об'єм розчину трилон Б, витрачений на титрування см³;

K – коефіцієнт поправки для проведення молярної концентрації еквівалента розчину Трилону Б точно до 0.1 моль/дм³;

C – молярна концентрація еквівалента розчину Трилону Б, моль/дм³;

V – обсяг проби, взятий для вимірювання, см³.

1000 – коефіцієнт для переводу в мг.

2.2.4 Колориметричне визначення фосфатів шляхом візуального порівняння кольору вимірювального розчину з колориметричною шкалою з використанням Phosphate Test 1.11138.0001

Внаслідок взаємодії ортофосфатів (PO₄³⁻) з молибдатом амонію (у кислому середовищі) у сірчаному розчині ортофосфатні іони (PO₄³⁻) утворюються з молибдатними іонами молибдофосфорної кислоти. Останній відновлюється до фосфомолибденового синього («РМВ»).

Концентрація фосфатів визначається напівкількісно, шляхом візуального порівняння кольору вимірювального розчину з колірними областями зразка.

Колориметричне визначення фосфатів у воді виконується в наступній послідовності:

- промийте кілька разів зразком;
- наберіть шприцом 10 мл. (10-35 °С);
- налейте в пробірку;
- додайте 10 крапель реагенту PO₄⁻¹;
- закрийте зразок пробкою і перемішайте.

- додайте 10 крапель реагенту PO_4^{3-} ;
- закрийте зразок пробкою і перемішайте дайте постояти 10 хвилин;
- тримайте пробірку на білому тлі, наприклад, на зворотному боці картки зі скороченим режимом використання колірної області шкали P_2O_5 ;
- прочитайте вимірне значення в зразку: ($= \text{мг/дм}^3$) P_2O_5 .

Якщо колір вимірювального розчину відповідає більш темному синьому відтінку колориметричної шкали або більш інтенсивний, вимір необхідно повторити з новими розведеними зразками доти, поки значення не стане менш $10 \text{ мг/дм}^3 \text{ P}_2\text{O}_5$.

В результаті аналізу розведення слід розглядати відповідно:

Результат аналізу = значення вимірювання \times коефіцієнт розведення.

Перевідні коефіцієнти наведені у табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Перевідні коефіцієнти

Шуканий при	P_2O_5	PO_4^{3-}	$\text{PO}_4\text{-P}$
	мг/дм^3	мг/дм^3	мг/дм^3
$1 \text{ мг/дм}^3 \text{ P}_2\text{O}_5$	1	1,34	0,436

2.2.5 Визначення вмісту хлорид-іонів у воді методом Мора

Внаслідок великої розчинності хлоридів, іон хлору присутній майже у всіх водах. Найбільшу розчинність мають магнію хлорид (545 г/дм^3) та натрію хлорид (360 г/дм^3). Наявність великих кількостей хлоридів у воді може бути викликана вимиванням солей з ґрунту або попаданням у воду господарсько-побутових стоків.

Якісне визначення хлорид – іонів.

У колориметричну пробірку наливають 5 мл води і додають три краплини 10% – ного розчину нітрату срібла.

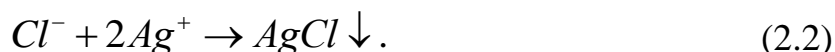
Приблизний вміст хлорид-іонів визначають за характером осаду або каламутності у відповідності до вимог табл. 2.7.

Таблиця 2.7 - Приблизне кількісне визначення хлорид-іонів

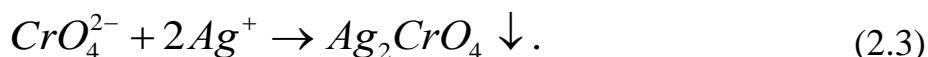
Характеристика осаду або каламутності	Вміст Cl, мг/дм ³
1. Опалесценція або слабка каламутність	1-10
2. Велика каламутність	10-50
3. Утворюються пластівці, які осаджуються не одразу	50-100

Кількісне визначення хлорид-іонів здійснюють методом Мора, згідно з ДСТУ ISO 9297:2007 Якість води. Визначення хлоридів. Титрування нітратом срібла із застосуванням хромату як індикатора (метод Мора) [78].

Кількісне визначення хлорид-іонів здійснюють аргентометричним методом Мора, який ґрунтується на утворенні в нейтральному або слабо лужному середовищі (рН = 6–10) малорозчинного осаду хлориду срібла (ДР = $1,78 \cdot 10^{-10}$):



Для встановлення кінця титрування використовують індикатор – хромат калію K_2CrO_4 , який з надлишком іонів срібла утворює цеглисто-червоний осад хромату срібла (ДР = $1,1 \cdot 10^{-12}$):



Можливість титриметричного визначення хлоридів у присутності хроматіонів пояснюється тим, що осад хлориду срібла менш розчинний, ніж осад хромату срібла:

$$C_{AgCl} = [Ag^{+}] = \sqrt{1,78 \cdot 10^{-10}} = 1,3 \cdot 10^{-5} \text{ моль/дм}^3; \quad (2.4)$$

$$C_{Ag_2CrO_4} = [CrO_4^{2-}] = \sqrt{\frac{1,1 \cdot 10^{-12}}{4}} = 6,5 \cdot 10^{-5} \text{ моль/дм}^3. \quad (2.5)$$

Очевидно, що бурий осад хромату срібла почне утворюватися тільки після того, коли повністю випаде осад хлориду срібла.

Метод Мора застосовують для визначення хлоридів у воді з концентрацією понад 2 мг/дм³. Без додаткового розбавлення можна титрувати проби води з концентрацією хлоридів до 100 мг/дм³. Визначенню хлоридів заважають сульфіти, сульфіди та тіосульфати, які можна розкласти пероксидом водню в лужному середовищі. Фосфат-іони заважають при концентрації понад 25 мг/дм³, іони ферума – при концентрації більше 10 мг/дм³.

Визначення вмісту хлорид-іонів у воді методом Мора у воді виконується в наступній послідовності:

Якщо вода каламутна, її фільтрують крізь беззольний фільтр, промитий гарячою водою. Якщо вода має кольоровість вище 30°, пробу знебарвлюють додаванням гідроксиду амонію. Для цього до 200 мл проби додають 6 мл суспензії гідроксиду амонію і збовтують суміш до знебарвлення рідини. Потім пробу фільтрують крізь беззольний фільтр. Перші порції фільтрату відкидають.

Залежно від результатів якісного визначення відбирають у конічну колбу 100 мл досліджуваної води (або менший її об'єм – 10–15 мл) і доводять до 100 мл дистильованою водою. Без розведення визначають хлориди в концентрації до 400 мг/дм³. рН проби води повинно бути в межах 6,5–10.

Якщо рН води невідоме, то до проби води необхідно додати 2 краплини фенолфталеїну (рТ = 9). При появі рожевого забарвлення прилити по краплях 0,1 М розчин H₂SO₄ до знебарвлення.

В разі відсутності забарвлення необхідно нейтралізувати пробу води 0,1 М розчином NaOH до появи рожевого забарвлення, що зникає при збовтуванні.

Відміряний об'єм води вносять до двох конічних колб і додають по 1 мл розчину індикатора K₂CrO₄. Одну пробу титрують робочим розчином нітрату срібла до зміни жовто-цитринного забарвлення на цеглисто-червоне, а другу

використовують як контрольну пробу. При значному вмісті хлоридів утворюється осад AgCl , що заважає визначенню. В цьому випадку до відтитрованої першої проби додають 2–3 краплини титрованого розчину NaCl до зникнення цеглисточервоного відтінку, потім титрують іншу пробу, користуючись першою як контрольною.

Вміст хлорид – іону X (ммоль/ дм^3) обчислюють за формулою:

$$X = \frac{1000 \cdot C(\text{AgNO}_3) \cdot V(\text{AgNO}_3)}{V(\text{H}_2\text{O})}, \quad (2.6)$$

де – $C(\text{AgNO}_3)$ – молярна концентрація AgCl в робочому розчині, моль/ дм^3 ;

$V(\text{AgNO}_3)$ – об'єм розчину AgCl , витрачений на титрування, мл;

$V(\text{H}_2\text{O})$ – об'єм проби води, взятий для титрування, мл.

Вміст хлорид-іону Y (мг/ дм^3) обчислюють за формулою:

$$Y(\text{Cl}^-) = X(\text{Cl}^-) \cdot M(\text{Cl}^-), \quad (2.7)$$

де $M(\text{Cl}^-)$ – молярна маса хлорид-іона, $M(\text{Cl}^-) = 35,45$ г/моль.

2.2.6 Визначення вмісту загального ферума у воді

Визначення вмісту загального ферума у воді проводилось за допомогою багатоцільового спектрофотометру UV-1280 Shimadzu (Японія).

Багатоцільовий спектрофотометр UV-1280 Shimadzu (Японія) розроблений для кількісного аналізу, дозволяє проводити вимірювання в УФ та видимому діапазоні спектра від 190 до 1100 нм.

Спектрофотометр UV-1280 має вбудований USB-інтерфейс і функції USB-контролю, що спрощує перенесення даних на ПК або підключення принтера для роздрукування всіх даних, що виводяться на екран – спектрів, результатів вимірювань, калібрувальних кривих і ін. Вбудована клавіатура і РК-дисплей дозволяють керувати режимами роботи приладу і печаттю результатів на інтуїтивному рівні.

Спектрофотометр UV-1280 Shimadzu (Японія) фото представлено на рис. 2.3 [79].



Рисунок 2.3 – спектрофотометр UV-1280 Shimadzu

Технічні характеристики спектрофотометру UV-1280 Shimadzu наведені у табл. 2.7.

Зручне в експлуатації кюветное відділення приладу дозволяє легко замінювати стандартний утримувач 10 мм кювети на різні додаткові приставки: многокюветные тримачі, в тому числі тримачі мікрокювет (від 50 мкл) і тримачі кювет з різною довжиною оптичного шляху (від 1 до 50 мм), з ручною або автоматичною зміною зразків; тримач плівок; пристрої для термостатування кювет; проточні кювети з автоматичним заповненням і промиванням; автодозатор (до 100 і більше зразків).

Фотоколориметричний метод заснований на попередньому відновленні іонів ферума (III) до іонів ферума (II) солянокислим гідроксиламіном до

комплексного з'єднання оранжево-червоного кольору при взаємодії іонів ферума (II) з о-фенантроліном.

Діапазон вимірювань 0,005-5,00 мг/дм³.

Процеси приготування розчинів і підготовки проби до аналізу в лабораторії проводять дотримуючись вимог ДСТУ 7274 і ГОСТ 27025 [80, 81].

Визначення вмісту загального ферума у воді виконується в наступній послідовності:

- в інтервалі значень масової концентрації загального ферума від 0,005-0,08 мг/дм³ : в хімічний стакан 400 см³ поміщають від 100 до 300 см³ проби, доливають 1 см³ концентрованої азотної кислоти, 3 см³ соляної кислоти, випаровують приблизно до 50 см³ і охолоджують до температури навколишнього середовища.

- в інтервалі значень масової концентрації загального ферума від 0,08 – 5,0 мг/дм³ : в хімічний стакан 100 см³ поміщають від 10 до 50 см³ проби, доливають 1 см³ концентрованої азотної кислоти, 3 см³ соляної кислоти, кип'ятять 5 хв. і охолоджують до температури навколишнього середовища.

У мірну колбу 100 см³ доливають 1 см³ розчину солянокислого, 2 см³ розчинів о-фенантроліна поміщають в колбу індикаторний папір «Конго» і нейтралізують при перемішуванні водним розчину аміаку з масовою часткою 25% до синьо-рожевого забарвлення паперу, доливаючи розчин аміаку по краплях.

Закінчують нейтралізацію проби розчином аміаку з масовою часткою 5% до чисто рожевого забарвлення паперу (рН-5.2) доливають 5 см³ ацетатного буферного розчину доводять об'єм розчину в колбі до мітки дистильованою водою і перемішують. Через 10 хв. вимірюють оптичну щільність розчину на спектрофотометрі UV-1280 Shimadzu (Японія) при довжині хвилі 510 ± 10 нм кюветах з робочою довжиною 50 мм відносно до розчину порівняння.

Розчин порівняння готують з 50 см³ дистильованої води і обробляють реактивами в тій же послідовності що і аналізована проба.

2.3 Статистична обробка даних

У хімічній метрології традиційно прийнято оцінювати характеристики точності окремо. Основний спосіб якісної оцінки – відтворюваність і правильність результатів хімічного аналізу.

Випадкова похибка: характеристика відтворюваності.

Оскільки відтворюваність характеризує ступінь розсіювання даних відносно середнього значення, то для оцінки відтворюваності необхідно попередньо розрахувати середнє значення \bar{x} із серії результатів повторних паралельних вимірювань $(x_1, x_2 \dots x_n)$ (2.10):

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (2.8)$$

Відзначимо, що в серії, яка обробляється, повинні бути відсутні промахи – окремі значення, які суттєво відрізняються від інших, як правило, отримані в умовах грубого порушення вимірювальної процедури (аналітичної методики).

Тому передусім (ще до розрахунку середнього) варто за допомогою стандартних тестів і, якщо можливо, шляхом детального вивчення умов експерименту, перевірити серію даних на наявність промахів і, при виявленні таких, виключити їх з досліджувань. Мірою розкиду відносно середнього найчастіше використовують дисперсію (2.11):

$$V_x = S_2(x) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}, \quad (2.9)$$

і похідні від неї величини – абсолютне статистичне відхилення (2.12):

$$S(x) = \sqrt{V(x)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}. \quad (2.10)$$

і відносне стандартне відхилення (2.12):

$$S_r(x) = \frac{S(x)}{\bar{x}}. \quad (2.11)$$

За змістом дисперсія – це усереднена величина квадрату відхилення результату вимірювання від свого середнього значення. Незважаючи на те, що чисельник виразу (2.6) має n складових, знаменник дорівнює $(n - 1)$. Причина полягає в тому, що серед n складових чисельнику тільки $(n - 1)$ незалежних, оскільки за $(n - 1)$ – значенням x_i та середнього \bar{x} завжди можна вираховувати відсутнє $n - u$ складову.

Величина знаменника у виразі (2.5) позначається через f (або ν) і називається числом ступенів свободи дисперсії $S^2(x)$. Воно відіграє важливу роль при статистичній перевірці різних гіпотез.

У хімічному аналізі для характеристики відтворюваності використовують не дисперсію, а абсолютне або відносне стандартне відхилення. Це пояснюється практичною зручністю. Розмірності $S(x)$ та x збігаються, тому абсолютне статистичне відношення можна зіставляти з результатами аналізу.

Величина $S_r(x)$ – безрозмірна і тому наочно за допомогою відносного статистичного відхилення можна порівняти між собою відтворюваності не лише конкретних даних, але і методик, методів у цілому.

Вважається що серед усіх існуючих методів аналізу, хімічні методи аналізу мають найкраще значення відтворюваності (тобто найменше S_r). Це характерно для класичних методів аналізу: гравіметрії та титриметрії [28].

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Впровадження нових технологій в промисловості для підготовки великих об'ємів води високої якості, неминуче тягне за собою застосування «тонких» методів обробки і лабораторного контролю води.

Вибір засобів обробки води для живлення котлів і підживлення системи опалення повинен здійснюватися спеціалізованою (проектною, налагоджувальною) організацією.

Експлуатація котлів без докотлової обробки води забороняється. Періодичність чищення парових та водогрійних котлів повинна бути такою, щоб товщина відкладень на найбільш теплонапружених ділянках поверхні нагріву котла на час його зупинки на чищення не перевищувала 0,5 мм.

Підготовка живильної води методом зворотного осмосу застосовується тоді, коли необхідна дуже висока якість води і одержуваного пара, а також коли необхідно рішення декількох завдань, наприклад, якщо крім пом'якшення необхідно знизити лужність води, видалити хлориди.

Установки зворотного осмосу (УЗО) завжди розраховуються індивідуально для кожного випадку, виходячи з якості вихідної води.

Очищена на зворотньоосмотичних мембранних елементах вода називається «пермеат» і має знижений водневий показник рН.

При експлуатації парових котлів середнього тиску мають місце такі негативні явища як корозія (киснева, углекислотная конденсатних ліній, загальна), накипоутворення (залишкова жорсткість, шлам), піни. Хімічноочищенна вода, навіть добре підготовлена, не може виключити ці проблеми. Для цієї мети використовується корекційна хімічна обробка.

Висока лужність призводить до спінювання води в барабані і виносу вологи в пароперегрівник і навіть на турбіну. Також може виникати лужна корозія. Низька лужність (кислотність) викликає сильну корозію. Розчинні гази O_2 і CO_2 викликають активну корозію. Тому дуже актуальним є визначення

показника рН котлової води після проведеної водопідготовки для парових котлів

3.1 Визначення рН води впродовж технологічного процесу водопідготовки

Визначення рН проводилось за допомогою потенціометричного методу з використання приладу InoLab Multi 9310, використовуючи цифровий електрод SenTix® 940. Хід аналізу складається з наступних етапів: включення приладу, електроди якого попередньо занурені в розчин КСІ. В подальшому електроди поміщають в калібрувальний буфер (калій фосфорнокислий, KH_2PO_4 – 0,025 М розчин, натрій фосфорнокислий, Na_2HPO_4 – 0,025 М розчин), через певний час встановлюється постійне значення рН. Якщо значення рН відповідає ДСТУ для даного буферу, то переходять до аналізу досліджуваних проб. В хімічну склянку на 100 мл наливають аналізований розчин 50-70 мл і занурюють в нього електрод. Витримують до постійного значення рН. Результати статистичної обробки покаників якості рН води впродовж календарного (технологічного) місяця (вересень 2019 року) наведені у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати статистичної обробки покаників рН води впродовж календарного (технологічного) місяця (вересень 2019 р.)

Результати статистичної обробки	Питома електропровідність, $\mu\text{S}/\text{cm}$			
	водопроводна вода	вихідна вода	живильна вода	котлова вода
Середнє значення	7,735	7,815	9,178	10,629

Середнє відхилення	0,112	0,112	0,035	0,102
Дисперсія V	0,018	0,018	0,002	0,014
Абсолютне статистичне відхилення S	0,136	0,136	0,042	0,120
Відносне стандартне відхилення S_r	0,018	0,017	0,005	0,011
Максимальне значення	7,90	7,98	9,25	10,9

За даними табл. 3.1 - побудовано графік зміни показників якості рН води впродовж календарного (технологічного) місяця (вересень 2019 р.) (рис. 3.1).

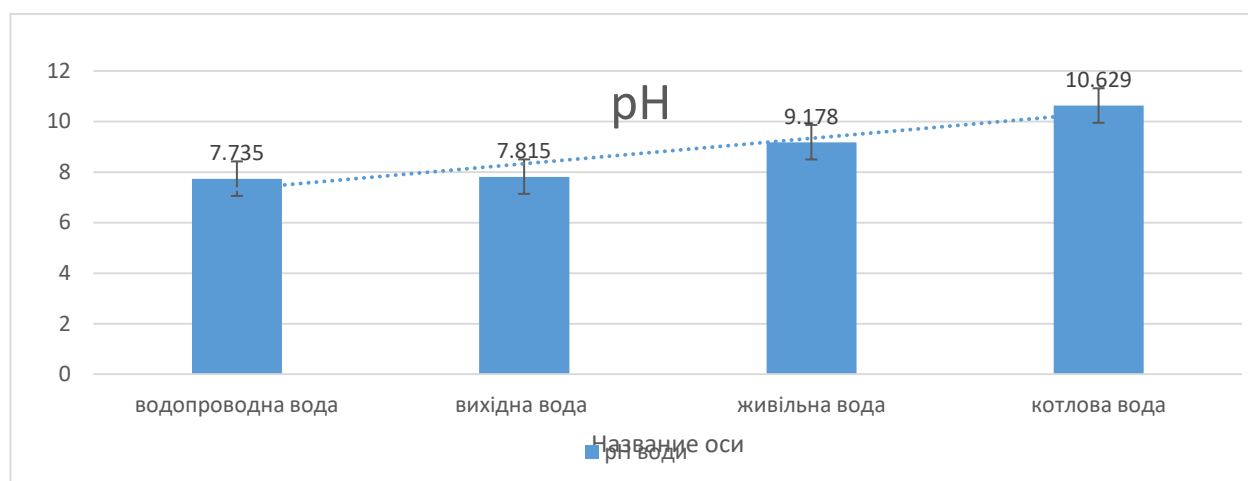


Рисунок 3.1 – Графік зміни показників рН води.

Після проведеної водопідготовки для парових котлів - показник рН котлової води статистично становив: $pH = 10.629 \pm 0,102$; $S(pH) = 0,120$; $V_x = 0,014$. Максимальне значення становило $pH = 10,9$, а мінімальне $pH = 10,5$.

Порівнюючи з нормативними значеннями можна встановити, що середнє значення перебувало в межах або нижче нормативних, що визначенні БНіП П-35-76 «Котельні установки» ДБН В.2.5-77-2014 «Котельні» до живильної води та EN 12952-12:2003.

3.2 Дослідження вмісту солей у воді впродовж технологічного процесу водопідготовки

Визначення загального вмісту солей проводилось за допомогою кондуктометричного методу з використання приладу InoLab Multi 9310

Хід аналізу складається з наступних етапів: включення приладу; в подальшому електроди поміщають в калібрувальний розчин 0,01 М КСІ, через певний час встановлюється постійне значення електропровідності.

Якщо значення електропровідності відповідає паспорту для даного буферу, то переходять до аналізу досліджуваних проб. В хімічну склянку на 100 мл наливають аналізований розчин 50-70 мл і занурюють в нього електрод. Витримують до постійного значення електропровідності. Виміряли опір води R_x , що досліджують, обчислювали питому електропровідність κ_x і за градуйованим графіком знаходили солевміст C_x .

Визначення покаників якості питомої електропровідності, $\mu\text{S}/\text{cm}$ води впродовж календарного (технологічного) місяця (вересень 2019 року) наведені в (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Результати статистичної обробки покаників якості питомої електропровідності, $\mu\text{S}/\text{cm}$ води впродовж календарного (технологічного) місяця (вересень 2019 р.)

Результати статистичної обробки	Питома електропровідність, $\mu\text{S}/\text{cm}$			
	водопроводна вода	вихідна вода	живильна вода	котлова вода
Середнє значення	437,065	635,452	5,317	132,645
Середнє відхилення	5,116	7,856	0,087	4,237

Дисперсія V	85,222	81,151	0,010	22,100
Абсолютне статистичне відхилення S	9,232	9,008	0,098	4,701
Відносне стандартне відхилення S_r	0,021	0,013	0,019	0,035
Максимальне значення	481,00	690,00	5,48	140,00

За даними таблиці побудовано графік (рис 3.2) зміни показників якості питомої електропровідності, $\mu\text{S}/\text{cm}$ води впродовж календарного (технологічного) місяця (вересень 2019 р.)

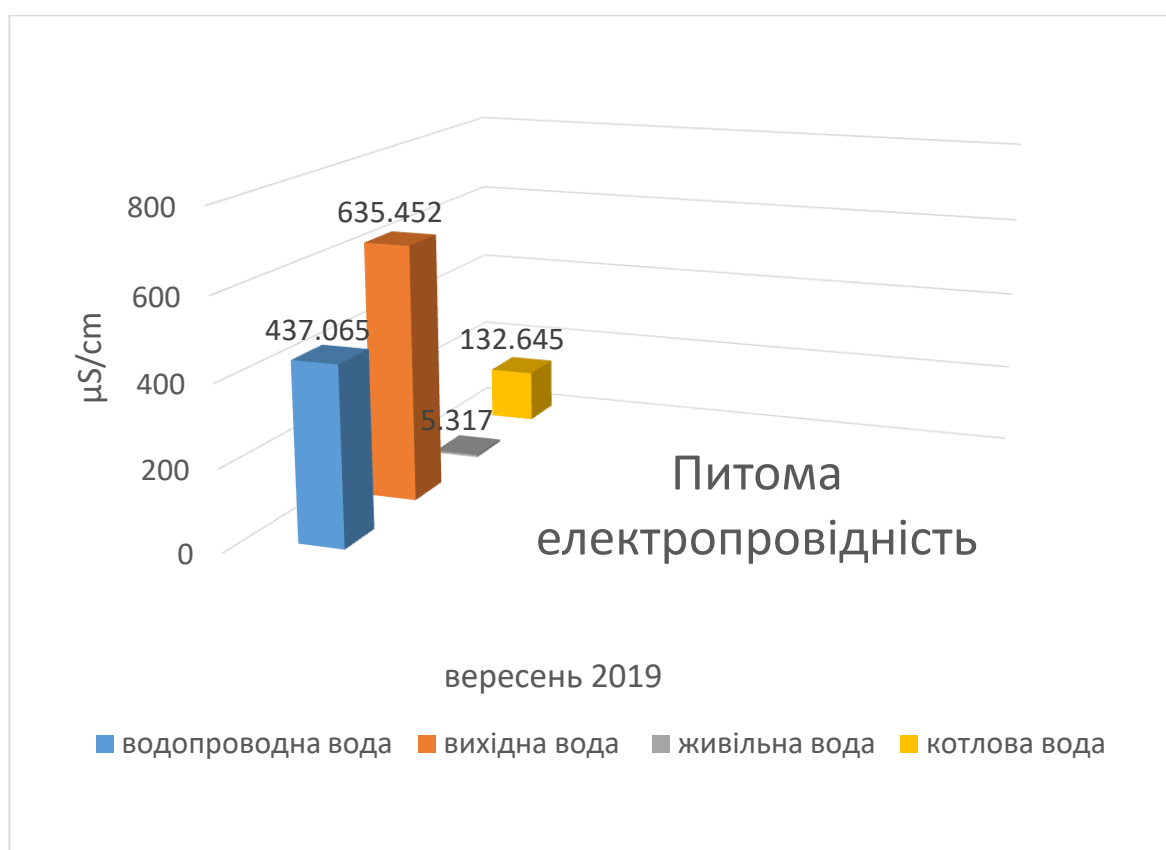


Рисунок 3.2 – Графік зміни показників якості питомої електропровідності, $\mu\text{S}/\text{cm}$ води

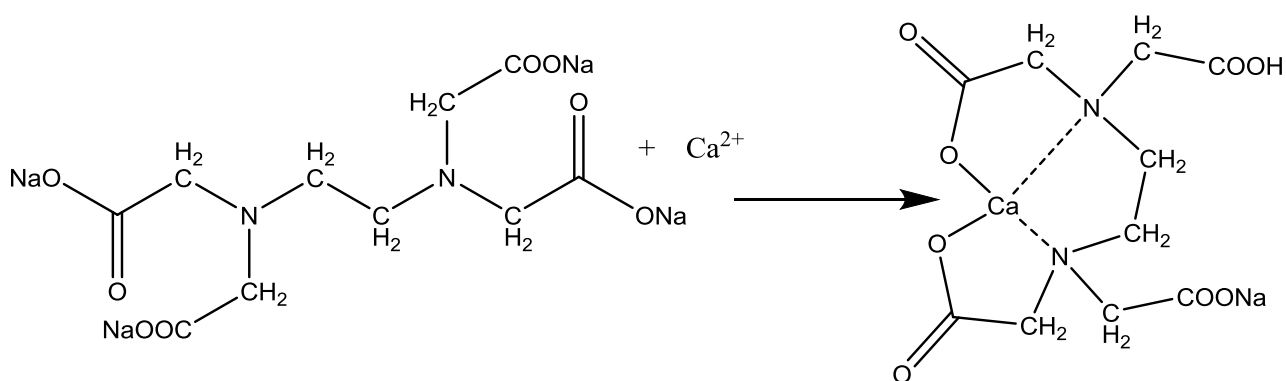
Після проведеної водопідготовки для парових котлів - показник електропровідності для загального вмісту солей котлової води статистично становив: $\bar{x} = 132,645 \pm 4,237$; $S(\bar{x}) = 4,701$; $V_x = 22,100$ Максимальне значення становило $\bar{x} = 140$, а мінімальне $\bar{x} = 135,7$.

Порівнюючи з нормативними значеннями можна встановити, що середнє значення вмісту питомої електропровідності в котловій воді перебувало в межах або нижче нормативних, що визначенні БНіП П-35-76 «Котельні установки» ДБН В.2.5-77-2014 «Котельні» до живильної води та EN 12952-12:2003

3.3 Визначення загальної жорсткості води, хлоридів впродовж технологічного процесу

Визначення загальної жорсткості проводиться за допомогою комплексометричного методу з використанням титранту Трилону Б.

В основі методу лежить реакція:



Хід аналізу полягає в тому що пробу 100 мл наливають у конічну колбу на 250 мл. Додають 5 мл аміачного буферного розчину і декілька крапель індикатора хромогена чорного, титрують 0,05 н розчином Трилону Б.

Розрахунки проводять за формулою [3.1] :

$$X = \frac{V_{\text{Тр.Б}} * N_{\text{Тр.Б}} * 1000}{V_{\text{пр}}} \quad (3.1)$$

Визначення покаників якості загальної жорсткості води впродовж календарного (технологічного) місяця (вересень 2019 року) наведені в (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Результати статистичної обробки покаників загальної жорсткості води впродовж календарного (технологічного) місяця (вересень 2019 р.)

Результати статистичної обробки	Загальна жорсткість, мг-екв/дм ³			
	водопроводна вода	вихідна вода	живильна вода	КОТЛОВА вода
Середнє значення	4,187	4,606	0,01	0,01
Середнє відхилення	0,234	0,257	0,000	0,000
Дисперсія V	0,070	0,084	0,000	0,000
Абсолютне статистичне відхилення S	0,264	0,290	0,000	0,000
Відносне стандартне відхилення S_r	0,063	0,063	0,000	0,000
Максимальне значення	4,50	4,95	0,01	0,01

За даними табл. 3.3 побудовано графік зміни загальної жорсткості води впродовж календарного (технологічного) місяця (вересень 2019 р.) (рис. 3.3).

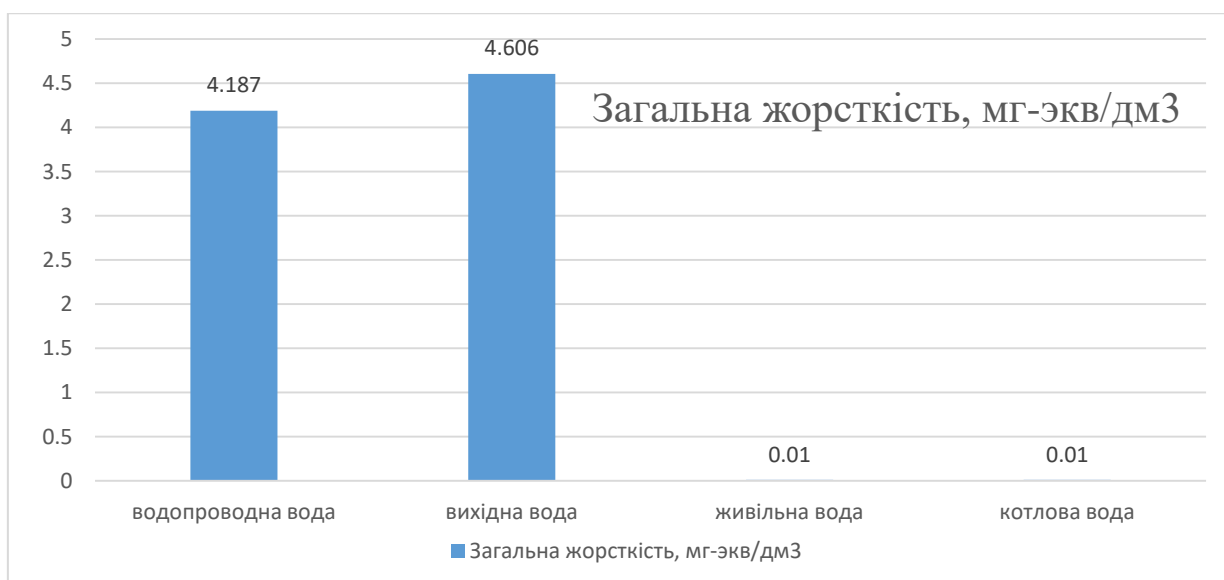


Рисунок 3.3 – Графік зміни загальної жорсткості води

Визначення Cl^- проводять титриметричним методом, а саме методом Мора.

В основі методу лежать наступні реакції:



Хід аналізу полягає: аналізовану пробу води об'ємом 100 мл виливають у конічну колбу на 250 мл, додають 1 мл калій хромату та титрують розчином аргентум нітрату.

Розрахунки проводять за формулою [3.2] :

$$X_{\text{Cl}^-} = \frac{(a-b) \cdot N(\text{AgNO}_3) \cdot 35.45 \cdot 1000}{V_{\text{пр}}}, \quad (3.4)$$

де: X_{Cl^-} – вміст хлорид-іонів (мг/дм³),

a – об'єм AgNO_3 витрачений на титрування проби води (мл),

b – об'єм AgNO_3 витрачений на титрування холостої проби (мл),

N – нормальність титру AgNO_3 (н),

V – об'єм проби води, взятої для визначення (мл).

Результати статистичної обробки показників якості хлоридів в воді впродовж календарного (технологічного) місяця (вересень 2019 р.) наведені у табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Результати статистичної обробки показників якості хлоридів в воді впродовж календарного (технологічного) місяця (вересень 2019 р.)

Результати статистичної обробки	Вміст хлоридів СГ, мг-екв/л			
	водопроводна вода	вихідна вода	живильна вода	котлова вода
Середнє значення	29,484	218,532	2,819	2,699
Середнє відхилення	0,699	2,558	0,033	0,024
Дисперсія V	0,637	21,305	0,001	0,001
Абсолютне статистичне відхилення S	0,798	4,616	0,038	0,028
Відносне стандартне відхилення S_r	0,027	0,021	0,013	0,010
Максимальне значення	30,0	240,50	2,90	2,74

За даними табл. 3.4 побудовано графік зміни показників якості хлоридів в воді впродовж календарного (технологічного) місяця (вересень 2019 р.) у вигляді кругової діаграми (рис. 3.4).

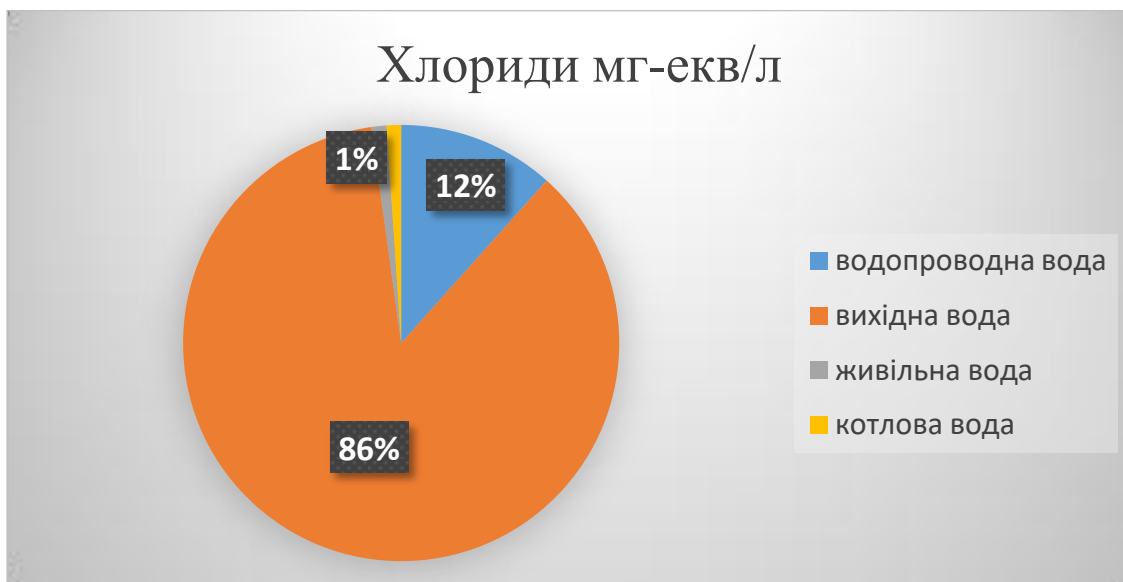


Рисунок 3.4 – Графік зміни хлоридів в воді

В результаті аналізу отримані дані, що наведені в табл. 3.4. показник вмісту хлоридів котлової води статистично становив: $C_{Cl^-} = 2,699 \pm 0,024$ мг-екв/л; $S(C_{Cl^-}) = 0,028$; $V_x = 0,001$ Максимальне значення становило $C_{Cl^-} = 2,74$, а мінімальне $C_{Cl^-} = 2,66$ мг-екв/л.

Порівнюючи з нормативними значеннями можна встановити, що середнє значення хлоридів перебувало в межах або нижче нормативних, що визначенні БНіП П-35-76 «Котельні установки» ДБН В.2.5-77-2014 «Котельні» до живильної води та EN 12952-12:2003

3.4 Визначення загального ферума та фосфатів впродовж технологічного процесу водопідготовки

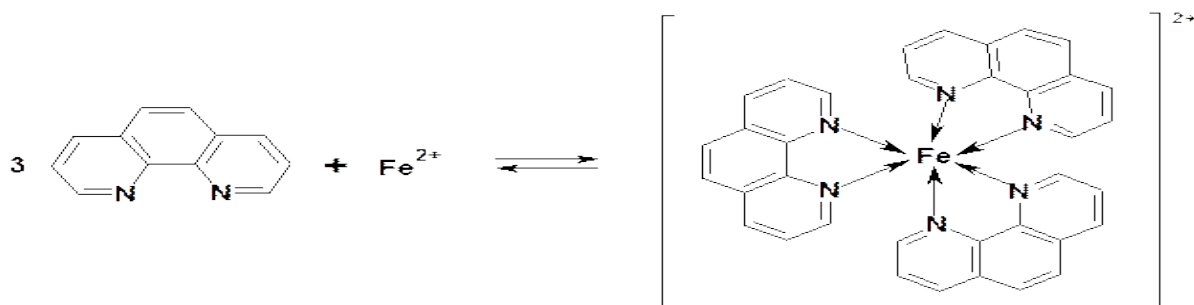
У 2009 р. на котельні була впроваджена технологія корекційної обробки живильної і котлової води реагентами на основі фосфатів. На внутрішніх поверхнях парових котлів і магістральних паропроводів відбувалося утворення відкладень залізооксидного характеру, обумовлених корозійними процесами,

що протікають в котельному обладнанні, що призводило до зниження ККД котлів, перевитрати палива і т.д.

Переваги даної програми реагентної обробки води: - високі технологічні показники (зменшення процесів накипоутворення і зниження швидкості корозії до нормативних значень); - низькі капітальні вкладення (в порівнянні з іншими програмами реагентної обробки); - простота і надійність обладнання в експлуатації.

Фотоколориметричний метод визначення вмісту загального ферума заснований на попередньому відновленні іонів ферума (III) до іонів ферума (II) солянокислим гідроксиламіном до комплексного з'єднання оранжево-червоного кольору при взаємодії іонів ферума (II) з о-фенантроліном. Діапазон вимірювань 0,005 – 5,00 мг/дм³.

О-фенантролін при рН 2-9 у присутності ЕДТА, який усуває заважаючий вплив інших металів, є практично специфічним реактивом для визначення феруму (II). Комплексоутворення відбувається за схемою:



Іони феруму (III) з о-фенантроліном утворюють безбарвну сполуку, яка не заважає фотометричному визначенню Fe (II). При визначенні загального вмісту феруму (II, III) весь ферум попередньо відновлюють гідроксиламіном або іншим відновником для переведення його у ступінь окиснення +2.

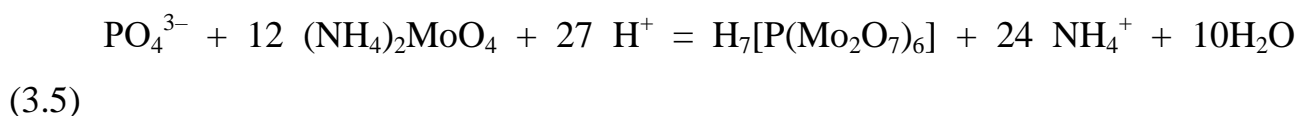
Результати вимірювань загального ферума впродовж календарного (технологічного) місяця (вересень 2019 р.) та статистичної обробки даних наведені в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Показники загального ферума впродовж календарного (технологічного) місяця (вересень 2019 р.)

Результати статистичної обробки	Ферум загальне, мг/дм ³			
	водопроводна вода	вихідна вода	живільна вода	котлова вода
Середнє значення	0,123	0,146	0,035	0,014
Середнє відхилення	0,015	0,015	0,002	0,002
Дисперсія V	0,000	0,000	0,000	0,0000037
Абсолютне статистичне відхилення S	0,017	0,017	0,002	0,0019
Відносне стандартне відхилення S_r	0,140	0,116	0,060	0,133
Максимальне значення	0,15	0,17	0,039	0,017

Після проведеної водопідготовки для парових котлів - показник загального ферума котлової води статистично становив: $\bar{x}X = 0,014 \pm 0,002$; $S(\bar{x}X) = 0,0019$; $Vx = 0,0000037$ Максимальне значення становило $\bar{x}X = 0,017$, а мінімальне $\bar{x}X = 0,012$

Для визначення, фосфатів широкого застосування набув метод шляхом візуального порівняння кольору вимірювального розчину з колориметричною шкалою з використанням Phosphate Test з молібдатом амонію $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$. Внаслідок взаємодії ортофосфатів з молібдатом амонію у кислому середовищі (рН 0,80–0,95) у присутності аскорбінової кислоти утворюється інтенсивно забарвлена у синій колір сполука :



синій колір

Результати вимірювань вмісту фосфатів впродовж календарного (технологічного) місяця (вересень 2019 р.) та статистичної обробки даних наведені в в табл. 3.6.

Таблиця 3.6 – Результати статистичної обробки вмісту фосфатів впродовж календарного (технологічного) місяця (вересень 2019 р.)

Результати статистичної обробки	Вміст фосфатів PO ₄ , мг/дм ³			
	водопроводна вода	вихідна вода	живильна вода	котлова вода
Середнє значення	1,503	11,377	49,035	40,497
Середнє відхилення	0,051	0,262	2,166	0,790
Дисперсія V	0,003	0,084	6,245	0,964
Абсолютне статистичне відхилення S	0,059	0,289	2,499	0,982
Відносне стандартне відхилення S_r	0,039	0,025	0,051	0,024
Максимальне значення	1,60	11,80	53,00	42,5

Після проведеної водопідготовки для парових котлів - показник вмісту фосфатів котлової води статистично становив: $\bar{x}X = 40.497 \pm 0.790$; $S(\bar{x}X) = 0.982$; $V_x = 0.964$. Максимальне значення становило $\bar{x}X = 42.5$, а мінімальне $\bar{x}X = 39.7$.

За даними табл. 3.5, 3.6 побудовано графіки зміни показників якості загального ферума та вмісту фосфатів у воді впродовж календарного (технологічного) місяця (вересень 2019 р.) (рис. 3.5).

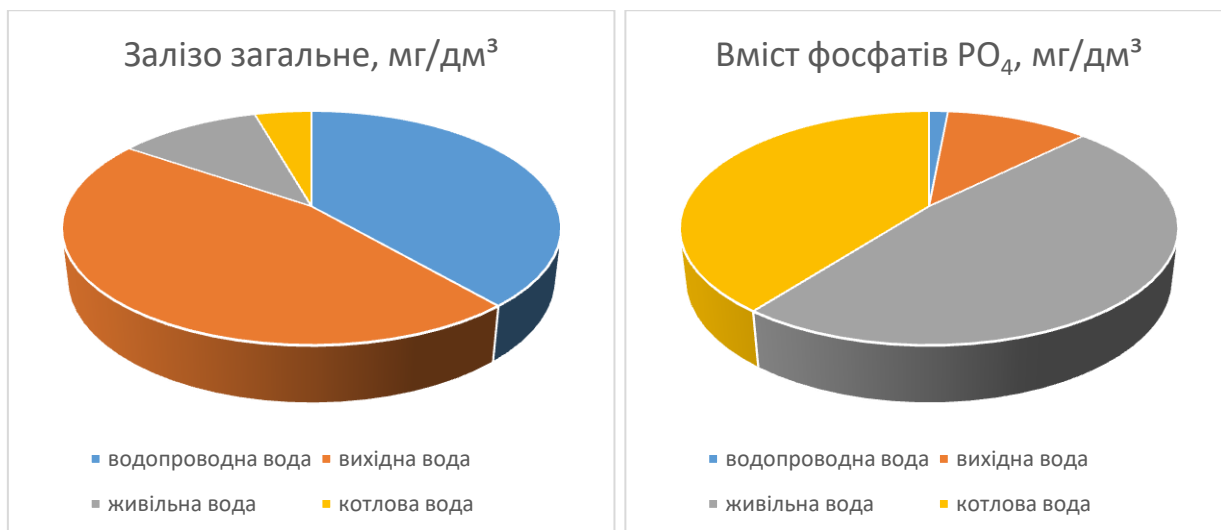


Рисунок 3.5 – Графік зміни показників води загального ферума та вмісту фосфатів

Порівнюючи отримані результати з нормативними значеннями можна зробити висновок, що середні значення показників якості котлової води впродовж календарного (технологічного) місяця (вересень 2019 року) перебувало в межах нормативних значень та представлено на рис.3.3 у вигляді кругових діаграмм.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Предметом дослідження в даній роботі є фізико-хімічні показники якості води, такі як рН, жорсткість, сухий залишок та хлориди у досліджуваній воді, взятої з різних джерел у м. Южне на підприємстві АТ «Одеського припортового заводу». В ході роботи використовувалися деякі органічні та неорганічні речовини.

Дослідження проводились в хімічній лабораторії Котельного Цеху.

Перед початком роботи мною були прослухані інструктажі з охорони праці № 115, № 158, № 195 та Інструкція з пожежної безпеки в лабораторіях.

Теоретичні положення охорони праці і безпеки життєдіяльності засвоєнні на попередніх курсах, практично застосовувалися в процесі дослідження матеріалу для даної роботи, так як обумовлюють поведінку у лабораторіях. Тому у цій главі будуть розглянуті шкідливі та загрозливі фактори життєдіяльності, з якими зіштовхується лабораторний дослідник і також міри запобігання їхнього шкідливого впливу.

Основним небезпечними та шкідливими факторами під час виконання даної роботи є: шум та вібрації витяжної шафи, скляний посуд, неорганічні сполуки, органічні речовини, робота з електроприладами.

Шум має шкідливий характер на весь організм людини, в першу чергу на центральну нервову та серцево-судинну системи. Довготривалий вплив шуму може призвести до погіршення слуху, а в окремих випадках – до повної втрати слуху. Шум являє собою усіякий небажаний для людини звук, заважаючи сприйманню корисних сигналів та неупорядковане поєднання звуків різної інтенсивності та частоти. Єдиним джерелом шуму в лабораторії є витяжна шафа, її шум не перевищує допустимі норми (приблизно 50-70 дБ) і не заважає при роботі [70-74].

З фізичної точки зору між шумом та вібрацією принципової різниці немає. Але вона є при сприйманні: вібрація сприймається вестибулярним

апаратом та органами дотику, а шум – органами слуху. Вібрація являє собою процес розповсюдження механічних коливань у твердому тілі. Вібрація має негативно-шкідливий вплив на організм людини. Джерелом вібрації в умовах що розглядаються в роботі є робота витяжної шафи. Вібрація, яка виникає при роботі витяжної шафи не перевищує допустимі норми (приблизно 15-65 Гц) і не заважає роботі [75].

Значна частина нещасних випадків в хімічних лабораторіях пов'язана з неправильним поводженням зі склом, з його поганою якістю, нехтуванням елементарними мірами безпеки при роботі з ним. Усі дії пов'язані з роботою зі склом повинні виконуватись дуже обережно, без зусилля. Усі лабораторні роботи виконуються у халаті. Робоче місце повинно бути чистим. Використаний посуд вимитим. Вимкнуті усі електричні прилади.

Загальні положення при роботі зі склом:

- використання тільки спеціального хімічного посуду;
- забороняється використовувати брудний посуд;
- посуд з нетермостійкого скла використовується для робіт, що не потребують нагрівання;
- термостійкий посуд використовуються для більш жорстких температур, але не допускаючи різкого нагрівання або охолодження [34].

В умовах, що розглядаються, можливими забруднювачами повітря можуть бути неорганічні кислоти, луги та органічні сполуки.

Для забезпечення складу повітря робочої зони згідно з ГОСТ 12.1.016-79 ССБТ проектом передбачено [76]:

- 1) Проведення робіт з даними речовинами витяжній шафі (згідно з ГОСТ 22360-86. Шафы демонстрационные и лабораторные вытяжные) [69];
- 2) Використання природної вентиляції (СНиП 2.04.05-91. Отопление, вентиляция и кондиционирование) [77].

Природне освітлення лабораторії повинно відповідати вимогам СНиП II-4-79 «Естественное в искусственное освещение» [71]. Коефіцієнт природного

освітлення (КПО), повинен складати не менше 1,5 %. Штучне освітлення повинно відповідати вимогам СНіП II-4-79 [71].

Основні неорганічні сполуки – це: кислоти, луги та солі. Усі речовини небезпечні, безпечна тільки чиста вода, тому слід обережно виконувати роботи пов'язані з використанням реактивів. Усі лабораторні роботи виконуються у халаті. Робоче місто повинно бути чистим. Використаний посуд вимитим. Вимкнуті усі електричні прилади.

Загальні положення безпечної роботи з неорганічними реактивами:

- агресивні речовини треба зберігати в спеціально призначених приміщеннях;
- концентровані сполуки слід обережно розливати під витяжною шафою;
- для одержання розчинів із концентрованих кислот необхідно лити кислоту у воду, а не навпаки, постійно перемішуючи;
- забороняється набирати реактиви ротом у піпетки;
- луги слід розчиняти повільно, додаючи до води не великі порції лугу при безперервному перемішуванні [78].

Органічні речовини більш небезпечні для роботи, тому при роботі з ними слід бути дуже обережним. Усі лабораторні роботи виконуються у халаті. Робоче місто повинно бути чистим. Використаний посуд вимитим. Вимкнуті усі електричні прилади.

Загальні положення безпечної роботи з органічними речовинами:

- роботи слід обов'язково виконувати під витяжною шафою;
- перед початком роботи з легкозаймистими речовинами слід вимкнути та прибрати усі електричні джерела;
- нагрівання і перегонка легкозаймистих реактивів проводиться тільки на водяній або паровій бані;
- забороняється виливати органічні реактиви у каналізацію [79].

Дія електричного струму на людину має різноманітний характер. Проходячи через організм людини, електричний струм викликає термічну, електролітичну, а також біологічну дію.

Загальні вимоги при роботі з електричними приладами:

- студентам дозволяється працювати на електричних приладах тільки при присутності викладача (керівника);
- забороняється користуватися несправними електричними приладами;
- у лабораторіях слід використовувати електронагрівальні прилади закритого типу [78-79].

При роботі з органічними реактивами та електричними приладами, є ризик виникнення пожежі. Пожежа – будь-який різновид загорання, який вийшов за границі корисної дії. Щоб уникнути пожежі треба бути обережним та слідкувати за своїми діями.

Загальні положення з пожежної безпеки:

- приміщення повинні підтримуватися в чистоті;
- заборонено використовувати інші електронагрівальні та побутові пристрої поза спеціально відведених і обладнаних приміщень;
- всі електроустановки повинні мати захист від струму короткого замикання;
- співробітники повинні знати пожежну безпеку хімічних речовин;
- забороняється користуватися відкритим вогнем та легкозаймистими речовинами;
- палити в приміщеннях заборонено [80].

В наш час дуже розвинені комп'ютерні технології. Майже кожна людина має свій власний комп'ютер.

Проте робота на комп'ютері шкідлива. Шкідливими факторами при роботі на комп'ютері є: навантаження на зір, опорно-рухомий апарат, а також емоційного та психологічного характеру. І часом несе негативні наслідки. До

роботи на комп'ютері допускаються особи, що пройшли інструктаж з техніки безпеки.

Загальні положення безпечної роботи на комп'ютері:

- вмикання приладу до електричної мережі здійснюється тільки через спеціальні розетки;
- покриття стола повинно бути матовим з коефіцієнтом відбиття 0,2-0,4;
- відстань від очей користувача до екрану повинна становити 50-70 см, кут зору 10-20°, але не більше 40°;
- для запобігання перенапруги організму слід обмежувати сумарний час роботи до 50 % в продовж зміни;
- виконання різних видів робіт вимагає різного підходу до встановлення тривалості перерв. Кількість перерв регулюється індивідуально.

При виконанні будь-яких робіт є ризик виникнення нещасних випадків. На великих виробництвах дуже часто трапляються нещасні випадки різного ступеня тяжкості. Неможливо передбачити де, коли і з ким він відбудеться. Але треба бути готовим, для цього треба знати правила та способи надання першої медичної допомоги [80].

Перша допомога у разі отруєнь аміаком.

Ознаки: подразнення слизових оболонок, сльозоточивість і запалення очей, сильний кашель, жар у горлі, з'являється нудота і приступи задухи.

Перша допомога: вживання рідини з аміаком – дати випити велику кількість води з додаванням у неї оцтової кислоти, викликати блювання, дати молока, яєчний білок; вдихання аміаку – вивести на свіже повітря, вдихати з ватки пари розведеної оцтової кислоти.

Перша допомога при отруєнні органічними рідинами.

Ознаки: бензол – головокружіння, головний біль, стан як при сп'янінні; толуол – кашель, почервоніння шкіри, слизистих оболонок; фенол – викликає місцеву анестезію, при потраплянні всередину організму викликає загальний важкий стан; формалін – при дії парів – різке подразнення слизових оболонок, кашель, чихання, біль у грудині, сльозоточивість.

Перша допомога: у разі потрапляння в організм через харчовий тракт отруйних рідин необхідно: викликати блювання та дати молока і яєчний білок.

Перша допомога у разі отруєнь кислотами та лугами.

Видалити речовини з шлунка: 2-3 разове промивання водою. З метою нейтралізації виконують промивання 1 % розчином лимонної або оцтової кислоти – при потраплянні лугу, або жженої магнезії – при потраплянні кислот. Промивання шлунку можна поєднувати з прийняттям активованого вугілля у вигляді кашки, розчином крохмалю, яєчного білка. Після промивання шлунку, для зменшення болю можна пити воду з льодом та на живіт прикласти пакет з льодом.

Перша допомога у разі отруєнь фторидом натрію.

Створити повний спокій, поїти молоком з яєчним білком або дати вапнякову воду.

Перша допомога при термічних опіках шкіри.

При тяжких опіках необхідно негайно відправити постраждалого до лікарні. При опіках першого ступеню: видалити обгорілі шматки одягу, уражене місце обробити етиловим спиртом, накласти суху стерильну пов'язку або чисту тканину та звернутися до дерматолога.

Перша допомога при хімічних опіках шкіри.

Уражену ділянку треба промити великою кількістю прохолодної води протягом 15-20 хв. Забороняється обробляти опечені місця ватним тампоном. Промивати розчином питної соди (2 % натрія гідрокарбонат) при потраплянні кислоти, або розчином оцтової або лимонної кислоти (1-2 % розчин) при потраплянні лугу. Знову промивають та накладають марлеву пов'язку з фурациліном.

Перша допомога при хімічних опіках очей.

При потраплянні до ока будь-якої хімічної рідини необхідно ретельно промивати його великою кількістю води протягом 20-30 хв.

При потраплянні кислоти – відразу промити чистою проточною водою, а потім накласти ватний тампон, змочений розчином натрію гідрокарбонату

(сода) з масовою часткою 3 %. При потраплянні лугу – відразу промити чистою проточною водою, а потім розчином борної кислоти з масовою часткою 2 %. Після заключного ополіскування очей чистою водою під повіки вводять 2-3 краплі альбуциду з масовою часткою розчиненої речовини 30 %.

Перша допомога при пораненні.

Торкатися рани не дозволяється. Руки повинні бути вимиті і оброблені спиртом або йодною настоякою. Оглянути рану, при наявності сторонніх тіл необхідно їх видалити. Якщо рана забруднена, то бруд видаляється тільки навколо рани. Рану продезінфікувати 3 % розчином перекису водню. Потім рану перев'язати і звернутися до лікарні або медпункту. При незначних порізах рану обробляють йодною настоякою і накладають марлеву пов'язку. При серйозному порізі і сильній кровотечі необхідно накладити джгут вище рани (обов'язково вказати час накладання джгута), покрити рану стерильною марлею і негайно викликати лікаря.

Перша допомога при ураженні електричним струмом [80, 81].

Надаючи допомогу, не можна торкатися голими руками до постраждалої людини. Насамперед, потрібно відключити установку, якої торкається постраждалий або вимкнути рубильник. При неможливості відключення всієї електроустановки, необхідно відокремити постраждалого від струмоведучих частин, використовують сухі предмети, які не проводять електричний струм, або перерубати провід, в цей час треба діяти однією рукою. Надаючи першу допомогу постраждалого укласти на спину на тверду поверхню й перевірити наявність подиху і пульсу. Якщо постраждалий у свідомості, необхідно забезпечити йому повний спокій та свіже повітря. При порушенні або припиненні дихання та серцевої діяльності слід виконувати штучне дихання та масаж серця до прибуття швидкої допомоги та передачі постраждалого до рук медиків [81]. Отже, знання правил техніки безпеки вивчених мною раніше, прочитаних у різних довідниках та поради дорослих, допомогло мені уникнути травмування під час виконання кваліфікаційної роботи.

ВИСНОВКИ

1. Проведено огляд літературних джерел з нормативних документів водопідготовки та лабораторного контролю хімічно очищеної води для парових котлів.
2. Опрацьовані методики лабораторного контролю показників якості води в лабораторії АТ «ОПЗ».
3. Встановлені показники якості вихідної проточної води: рН, питомої електропровідності, загальної жорсткості, вмісту хлоридів, фосфатів, ферума; вони відповідають значеннями ГДК згідно нормативів ДСТУ ISO 5667-5-2009 до води, БНіП П-35-76 «Котельні установки» та ДБН В.2.5-77-2014.
4. Визначені показники якості природної води після хімводопідготовки, які відповідають значеннями ГДК згідно нормативів якості хімоочищеної води після водопідготовки для парової котельні ДБН В.2.5-77-2014, БНіП П-35-76 «Котельні установки» та EN 12952-12:2003.
5. Досліджені показники якості живильної та котлової води. Застосування новітніх технологій обробки води та корекційної обробки живильної і котлової води реагентами дозволило знизити швидкість внутрішньої корозії, запобігти утворенню нових відкладень і корозійних пошкоджень в теплообмінному обладнанні, трубопроводах і баках живильної води, запобігти утворення накипу.

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

В подальшому можливе вдосконалення виконання дослідження фосфатів в котлових водах, а також впровадження елементного аналізу з використанням атомно-емісійного оптичного спектрометра з індуктивно-зв'язаною плазмою (ІСП-спектрометри) в лабораторному аналізі води для парових котлів з метою підвищення точності і експресності методик.

Отримані результати експериментальних досліджень кваліфікаційної роботи магістра (визначення рН, хлоридів, фосфатів, феруму, загальної жорсткості води) можуть бути використані в освітньому процесі:

1). Для здобувачів ступеня вищої освіти «бакалавра» - під час викладання практичних та лабораторних занять навчальних дисциплін: «Аналітична хімія», «Хімічний аналіз якості води», «Статистичні та хемометричні методи в хімії»;

2). Для здобувачів ступеня вищої освіти «магістра»: «Аналіз природних і стічних вод», «Хімія лікарських засобів», «Сучасні методи досліджень в хімії».

Результати дослідження показників якості котлової води можна використовувати на заняттях для вивчення навчальних дисциплін: «Аналітична хімія» та «Аналіз природних і стічних вод».

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Ивчатов А.Л., Малов В.И. Химия воды и микробиология : учебник. Москва : ИНФРА-М, 2010. 224 с.
2. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води: підручник. Київ : Вища школа, 2015. 671 с.
3. Мошель М.В., Шевченко О.О. Рациональное використання та охорона водних ресурсів: курс лекцій. Чернігів: ЧДІЕУ, 2017. 365 с.
4. Панасенко Т.В., Омелянчик Л.О. Хімічний аналіз якості води: методичні вказівки до самостійної роботи для студентів біологічного факультету напряму підготовки «Хімія». Запоріжжя: ЗНУ, 2011. 38 с.
5. Мураєва О.О. Конспект лекцій з дисципліни «Фізико-хімічні методи аналізу води» (для студентів 2 - 3 курсів денної та заочної форм навчання напряму підготовки 6.060103 – Гідротехніка (водні ресурси)). Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. 64 с.
6. Jarvis W.T. Water scarcity: Moving beyond indexes to innovative institutions. *Groundwater*. 2013. Vol. 51. P. 663-669.
7. Ткачов В.О. Водопідготовка в системах ТГП і В: конспект лекцій. Харків : ХНАМГ, 2012. 50 с.
8. Троянський О.І. Моніторинг якості води. Житомир: Волинь, 2004. 192 с.
9. Методичний посібник з визначення якості води. Київ. 2002. 6 с.
10. Троянський О.І. Вопросы мониторинга и оценки состояния окружающей среды. *Экосинформ* 2005. №7. С. 52-54.
11. Рудько Г.Л. Техногенні чинники формування хімічного складу річкових вод Одеської області. *Екологія довкілля та безпека життєдіяльності*. 2015. № 3. С. 40-47.

12. Ohlsson L. Water conflicts and social resource scarcity. *Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere*. 2000. Vol. 25. P. 213-220.
13. Бабов К.Д. Мониторинг качества минеральных природных столовых вод как важная гигиеническая проблема. *Екологія довкілля та безпеки життєдіяльності*. 2015. № 2. С. 52-58.
14. Безродная И.В. Вода для технологии. *Экология и жизнь*. 2016. № 11(60). С. 21-22.
15. Patrick R., Palavage. D. M. The Value of Species as Indicators of Water Quality. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*. 1994. Vol. 145. P. 55-92.
16. Jensen O., HuijuanW. Urban water security indicators: Development and pilot. *Environmental Science & Policy*. 2018. Vol. 83. P. 33-45.
17. Damkjaer S., Taylor R. The measurement of water scarcity: defining a meaningful indicator. *Ambio*. 2017. Vol. 15. P. 1-9.
18. Кизима Р.А. Основні фактори впливу міста на навколишнє середовище. *Рівне*. 2005. Розд. 7. С. 186.
19. McDonald R., Weber K., Padowski J., Flörke M., Schneider C., Green P., Gleeson T. Water on an urban planet: urbanization and the reach of urban water infrastructure. *Global Environ. Change*. 2014. Vol. 27. P. 96-105.
20. Регіональні екологічні проблеми України. Київ : КНЕУ, 2015. Т. 12. 568 с.
21. De Graaf I.E.M., van Beek L.P.H., Wada Y., Bierkens M.F.P. Dynamic attribution of global water demand to surface water and groundwater resources: Effects of abstractions and return flows on river discharges. *Advances in Water Resources*. 2014. Vol. 64. P. 21-33.
22. Juwana I., Muttill N. and Perera B.J.C. Indicator-based water sustainability assessment – A review. *Science of the Total Environment*. 2012. Vol. 438. P. 357-371.

23. Norman E., Dunn G., Bakker K., Allen D., Albuquerque R. Water security assessment: integrating governance and freshwater indicators. *Water Resour. Manage.* 2014. Vol. 27. P. 535-551.
24. Никитин С.В., Мубаракшин Р.Р. Гигиеническая оценка водоснабжения в сельском районе. *Гигиена и санитария.* 2016. № 4. С. 55-58.
25. Brauman K.A., Richter B.D., Postel S., Malsy M., Flörke. M. Water depletion: An improved metric for incorporating seasonal and dry-year water scarcity into water risk assessments. *Elementa Science of the Anthropocene.* 2016. Vol. 4. P. 1-12.
26. Шевряков М.В., Повстяной М.В., Рябініна Г.О. Практикум з аналітичної хімії. Кількісний аналіз: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Херсон : Олді-плюс, 2012. 208 с.
27. Хільчевський В.К. Водопостачання і водовідведення. Гідроекологічні аспекти. Київ : ВЦ «Київський університет», 1999. 319 с.
28. Омелянчик Л.О., Синяєва Н.П., Коваленко І.А. Метрологія і стандартизація: Метрологія: навчально-методичний посібник для самостійної роботи студентів біологічного факультету напряму підготовки «Хімія» денної та заочної форми навчання. Запоріжжя: ЗНУ, 2011. 80 с.
29. XI Всеукраїнська науково-практична конференція «Вода в харчовій промисловості»: Збірник тез доповідей XI Всеукраїнської науково-практичної конференції. 20 - 21 березня 2020 р., Одеса, ОНАХТ. Одеса: ОНАХТ, 2020. 125 с.
30. Водоподготовка: Справочник. /Под ред. д.т.н., действительного члена Академии промышленной экологии С.Е. Беликова. М.: Аква-Терм, 2017. 240 с.
31. Водопідготовка в промислових котельнях. Бойко В.О., Поржезінський Ю. Г. Київ, ЮНІДО, 2015. 52 с.
32. СП 89.13330.2016. Котельные установки. Актуализированная редакция СНиП II-35-76. М.: Стандартиформ, 2017. 106 с.
33. ДБН В.2.5.-77:2014. Котельні. К., Держбуд України, 2014. 53 с.

34. Allseeds. URL: <https://allseeds.com/uk> (дата звернення: 17.11.2020).
35. LWT2000 – Ваш источник чистой воды. URL: <http://www.lwt.com.ua/> (дата звернення: 17.11.2020).
36. Промышленная система обратного осмоса ECOSOFT MO-16. URL: <https://ecosoft.ua/promyshlennaya-sistema-obratnogo-osmosa-ecosoft-mo-16/> (дата звернення: 17.11.2020).
37. Фильтр умягчения воды ECOSOFT FU 3672CE2. URL: <https://ecosoft.ua/filtr-umyagcheniya-vody-ecosoft-fu-3672ce2/> (дата звернення: 17.11.2020).
38. АТ «Одеський припортовий завод». URL: <http://www.opz.odessa.net/> (дата звернення: 17.11.2020).
39. АТ «Одеський припортовий завод». Про завод. URL: <http://www.opz.odessa.net/about/> (дата звернення: 17.11.2020).
40. ДСТУ ISO 5667-1-2003. Якість води. Відбирання проб. Частина 1. Настанови щодо основних положень програм відбирання проб. Київ, Держстандарт України, 2003.
41. ДСТУ ISO 5667-2-2003. Якість води. Відбирання проб. Частина 2. Настанови щодо техніки відбирання проб. Київ, Держстандарт України, 2003.
42. ДСТУ ISO 5667-3-2001. Якість води. Відбирання проб, частина 3. Настанови щодо зберігання та поводження з пробами. Київ, Держстандарт України, 2002.
43. ДСТУ ISO 5667-4-2001. Якість води. Відбирання проб. Частина 4. Настанови щодо відбирання проб із озер, штучних і природних водойм. Київ, Держстандарт України, 2002.
44. ДСТУ ISO 5667-5-2009. Якість води. Відбирання проб. Частина 5. Настанови щодо відбирання проб питної води та води, яку використовують у харчовій промисловості. Київ, Держстандарт України, 2009.
45. ДСТУ ISO 5667-6-2009. Якість води. Відбирання проб. Частина 6. Настанови щодо відбирання проб води з річок і струмків. Київ, Держстандарт України, 2009.

46. ДСТУ ISO 5667-7-2001. Якість води. Відбирання проб. Частина 7. Настанови щодо відбирання проб у котельних. Київ, Держстандарт України, 2002.
47. ДСТУ ISO 5667-10-2005. Якість води. Відбирання проб. Частина 10. Настанови щодо відбирання проб стічних вод. Київ, Держстандарт України, 2005.
48. ДСТУ ISO 5667-14-2005. Якість води. Відбирання проб. Частина 14. Настанови щодо забезпечення якості відбирання та оброблення проб природних вод. Київ, Держстандарт України, 2005.
49. ДСТУ 2574:94.1. Методи приготування титрованих розчинів для кислотно-основного титрування. Київ, Держстандарт України, 1994.
50. ДСТУ 27384:2005. Вода. Норми похибки вимірювань показників складу і властивостей. Київ, Держстандарт України, 2005.
51. ДСТУ 4077-2001. Якість води. Визначення рН. Київ, Держстандарт України, 2002.
52. ДСТУ-Н РМГ 76:2008 Внутрішній контроль якості результатів кількісного аналізу. Київ, Держстандарт України, 2008.
53. ПНД Ф 14.12.:1-95. Методика выполнения измерений массовой концентрации аммиака и ионов аммония в питьевых, природных и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Несслера. Київ, Держстандарт України, 1995.
54. ГОСТ 8.557-91. ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений спектральных, интегральных и редуцированных коэффициентов направленного пропускания в диапазоне длин волн 0,2-50,0 мкм, диффузного и зеркального отражения в диапазоне длин волн 0,2-20,0 мкм. М.: Стандартинформ, 1991.
55. CSN EN 12952-12:2003. Water-tube boilers and auxiliary installations. Part 12. Requirements for boiler feedwater and boiler water quality.

56. ГОСТ 12.1.016-79 ССБТ. Воздух рабочей зоны. Требования к методикам измерения концентраций вредных веществ. Москва, Госстандарт СССР, 1979.

57. ГОСТ 22360-86. Шкафы демонстрационные и лабораторные вытяжные. Москва, Госстандарт СССР, 1986.

58. СНиП 2.04.05-91*. Отопление, вентиляция и кондиционирование/ Госстрой России. Москва: ГУП ЦПП, 1997. 72 с.

59. СНиП П-4-79. Естественное и искусственное освещение/Госстрой СССР. Москва: Стройиздат, 1980. 48 с.

60. РД 24.031.121-2012. Методические указания оснащение паровых стационарных котлов устройствами для отбора проб пара и воды. Санкт-Петербург, ОАО «НПО ЦКТИ», 2012. 36 с.

61. Методические указания по надзору за водно-химическим режимом паровых и водогрейных котлов (РД 10-165-97) / Колл.авт. – Москва : Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2009. 28 с.

62. Кострикин Ю.М., Мещерский Н.А., Коровина О.В. Водоподготовка и водный режим энергообъектов низкого и среднего давления. Справочник. Москва : Энергоатомиздат, 1990. 248 с.

63. Экоинструмент. InoLab Multi 9310 IDS. URL: https://www.ecoinstrument.ru/catalog/fiziko_khimicheskii_analiz/mnogoparametrovye_pribory/inolab_multi_9310/ (дата звернення: 17.11.2020).

64. Alkalinity Control. URL: <https://www.sa3.ru/sudovaya-khimiya-unitor/alkalinity-control.html> (дата звернення: 17.11.2020).

65. 111138 Supelco Phosphate Test. URL: https://www.merckmillipore.com/INTL/en/product/Phosphate-Test,MDA_CHEM_111138?ReferrerURL=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F (дата звернення: 17.11.2020).

66. ДСТУ ISO 9297:2007 Якість води. Визначення хлоридів. Титрування нітратом срібла із застосуванням хромату як індикатора (метод Мора). Київ, Держстандарт України, 2007.

67. Shimadzu Europa GmbH Analytical and Measuring Instruments. UV-1280. URL: <https://www.shimadzu.ru/uv-1280> (дата звернення: 17.11.2020).
68. ДСТУ 7274:2012 Хімічні реактиви. Реактиви, розчини для аналізу та матеріали допоміжні. Методи готування. Київ, Держстандарт України, 2012.
69. ДСТУ ГОСТ 27025:2009 Реактиви. Загальні вказівки з проведення випробувань. Київ, Держстандарт України, 2009.
70. Кобевник В.Ф. Охрана труда. Київ : Вища школа, 1990. 286 с.
71. Основи охорони праці: навчальний посібник для студентів вищих закладів освіти України / [ред. Б.М. Коржика]. Харків : ХДАМГ, 2012. 105 с.
72. Ткачук К.Н., Халімовський М.О., Запарний В. В. Охорона праці та промислова безпека: навчальний посібник. Київ : Основа, 2016. 448 с.
73. Селиванов М. П. Безопасность работ в химических лабораториях. Москва : МЕДГИЗ, 2004. 321с.
74. Керб Л.П. Основи охорони праці: навчальний посібник. Київ : КНЕУ, 2013. 215 с.
75. Костин Н.В. Техника безопасности работы в химических лабораториях. Москва : Московский университет, 2016. 347 с.
76. Москальова В.М. Основи охорони праці: підручник. Київ : ВД «Професіонал», 2015. 672 с.
77. Грибан В.Г., Негодченко О.В. Охорона праці: навчальний посібник. Київ : Центр учбової літератури, 2019. 280 с.
78. Захаров Л.Н. Техника безопасности в химических лабораториях : справочное издание. Ленинград: Химия, 1991. 336 с.
79. Болтков П.И. Техника лабораторных работ. Охрана труда. Москва : Мир, 2019. 720 с.
80. Макаров Г.В., Васин А.Я., Маринина Л.К., Софийский П.И. Охрана труда в химической промышленности. Москва: Химия, 1989. 496 с.
81. Зеркалов Д.В. Охорона праці в галузі. Загальні вимоги: навчальний посібник. Київ: Основа, 2011. 551 с.