

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

Хіміко-технологічний факультет

Кафедра кібернетики хіміко-технологічний процесів

«На правах рукопису»  
УДК 628+004.04/65

«До захисту допущено»  
В.о. завідувача кафедри  
\_\_\_\_\_ Т. В. Бойко  
(підпис) (ініціали, прізвище)

«\_\_» червня 2016 р.

**Магістерська дисертація**  
**на здобуття ступеня магістра**

зі спеціальності 8.05020202 – Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва

на тему: «Комп'ютерно-інтегрована система моніторингу та прогнозування якості водних об'єктів»

Виконала: студентка VI курсу, групи ХА-41м  
(шифр групи)

\_\_\_\_\_ Моцна Оксана Юріївна  
(прізвище, ім'я, по батькові)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Науковий керівник: \_\_\_\_\_ к.т.н., доц., Бондаренко С. Г.  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент: \_\_\_\_\_ к.т.н., доц., О. А. Котовенко  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2016 року

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут»**

Інститут (факультет) \_\_\_\_\_ хіміко-технологічний \_\_\_\_\_  
(повна назва)

Кафедра \_\_\_\_\_ кібернетики хіміко-технологічних процесів \_\_\_\_\_  
(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність 8.05020202 – Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва \_\_\_\_\_  
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
В.о. завідувача кафедри  
\_\_\_\_\_ Т.В.Бойко  
(підпис) (ініціали, прізвище)  
« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ  
на магістерську дисертацію студенту**

\_\_\_\_\_ Моцній Оксані Юріївні \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації: «Комп'ютерно-інтегрована система моніторингу та прогнозування якості водних об'єктів» \_\_\_\_\_,  
науковий керівник дисертації Бондаренко Сергій Григорович, к.т.н., доц., \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)
- затверджені наказом по університету від « 8 » квітня 2016 р. № 1314-с \_\_\_\_\_
2. Термін подання студентом дисертації 16 червня 2016 р \_\_\_\_\_.
3. Об'єкт дослідження – комп'ютерно-інтегрована система моніторингу та прогнозування якості водних об'єктів \_\_\_\_\_.
4. Предмет дослідження – комп'ютерно-інтегрована система моніторингу та прогнозування якості води системи водопостачання другого контуру атомної електростанції з реактором ВВЕР-1000 \_\_\_\_\_.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити: огляд відомих підходів та методів проектування інформаційних систем для створення системи обробки даних спостереження якості водних об'єктів; вибір структури та розробка універсальної комп'ютерно-інтегрованої системи для централізованого зберігання та надання можливості оперативного доступу і подальшого аналізу даних про стан джерел водопостачання; розробка структури бази даних для специфікування універсальної системи для роботи з водним об'єктом – система водопостачання другого контуру атомної електростанції з реактором ВВЕР-1000; створення алгоритмічного та програмного забезпечення для застосування запропонованої системи обробки даних спостереження якості водних об'єктів; розробка та апробація комп'ютерно-інтегрованої системи моніторингу та прогнозування якості водних об'єктів на прикладі атомної електростанції \_\_\_\_\_.
6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу: електронна презентація \_\_\_\_\_.

7. Орієнтовний перелік публікацій: стаття в науковому журналі та тези доповіді на науковій конференції.

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

9. Дата видачі завдання: « 3 » вересня 2014 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Розробка календарного плану	10.09.14	
2	Літературний огляд	20.02.15	
3	Вибір структури та розробка універсальної комп'ютерно-інтегрованої системи	13.04.15	
4	Розробка структури бази даних для системи водопостачання другого контуру атомної електростанції	28.10.15	
5	Підготовка наукової статті	10.02.16	
6	Створення алгоритмічного та програмного забезпечення для застосування запропонованої системи обробки даних спостереження якості водних об'єктів	30.03.16	
7	Підготовка наукової статті	11.04.16	
8	Підготовка тез доповіді	14.04.16	
9	Розробка та апробація комп'ютерно-інтегрованої системи моніторингу та прогнозування якості водних об'єктів на прикладі атомної електростанції	18.05.16	
10	Оформлення документації за виконаними дослідженнями	14.06.16	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Моцна О.Ю.

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

\_\_\_\_\_ (підпис)

Бондаренко С.Г.

(ініціали, прізвище)

## РЕФЕРАТ

атестаційної магістерської дисертації на тему  
**«Комп'ютерно-інтегрована система моніторингу та прогнозування  
якості водних об'єктів»**

Дисертаційна робота складається із вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел (25 найменувань) і 6 додатків. Основний зміст викладено на 122 сторінках друкованого тексту, містить 66 рисунків, 12 таблиць. Загальний обсяг дисертації 161 сторінок.

**Актуальність теми** пов'язана з потребою створення універсальної інформаційної системи, яка дає можливість централізованого зберігання даних, оперативного доступу до них, аналізу їх системою та формування рекомендаційної інформації для обслуговуючого персоналу.

**Мета і завдання дослідження.** Метою даної роботи є створення універсальної комп'ютерно-інтегрованої системи для централізованого зберігання, оперативного доступу та подальшого аналізу даних. Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні задачі:

1. Провести огляд відомих підходів та методів проектування інформаційних систем, які використовуються чи можуть бути використані для створення систем обробки даних спостереження якості водних об'єктів та проаналізувати основні проблеми, які виникають під час проектування таких систем з використанням сучасних інформаційних технологій.

2. Спроекувати та розробити універсальну комп'ютерно-інтегровану систему, яка дозволить виконувати централізоване зберігання та надаватиме можливість оперативного доступу і подальшого аналізу даних про стан джерел водопостачання і користування якою не вимагатимуть від оператора спеціальних знань в галузі програмування та сучасних інформаційних технологій.

3. Розробити узагальнену структуру бази даних для роботи з водним об'єктом і адаптувати її для обраного водного об'єкту – системи водопостачання другого контуру атомної електростанції з реактором ВВЕР-

1000.

4. Створити алгоритмічне та програмне забезпечення для застосування запропонованої системи обробки даних спостереження якості водних об'єктів.

5. Розробити та випробувати комп'ютерно-інтегровану систему моніторингу та прогнозування якості води в системі водопостачання другого контуру атомної електростанції з реактором ВВЕР-1000.

**Об'єктом дослідження** є процес проектування комп'ютерно-інтегрованої системи моніторингу та прогнозування якості водних об'єктів.

**Предмет дослідження:** комп'ютерно-інтегрована система моніторингу та прогнозування якості води системи водопостачання другого контуру атомної електростанції з реактором ВВЕР-1000.

**Методи дослідження.** Методи та алгоритми об'єктно-орієнтованого програмування на базі мови програмування Python в поєднанні фреймворком WebPy, методи теорії реляційних баз даних, методи збору, аналізу та передачі інформації.

**Наукова новизна результатів.** Розроблено нову комп'ютерно-інтегровану систему на базі хмарних технологій для моніторингу та прогнозування якості водних об'єктів, яка на відміну від існуючих, дозволяє централізовано зберігати дані, що надходять з різних джерел отримання даних про стан водного об'єкта, надає можливість оперативного віддаленого доступу та аналізу даних, а також дає змогу формувати звіти по даним, що зберігаються в базі системи. Розроблені алгоритми обробки даних в інформаційній системі.

Створена структура бази даних, що специфікує роботу універсальної комп'ютерно-інтегрованої системи для моніторингу та прогнозування якості водного об'єкта.

Розроблені алгоритми для аналізу якісних показників води в системі водопостачання другого контуру атомної електростанції з реактором ВВЕР-1000 з формуванням рекомендацій по нормалізації режиму функціонування

водного об'єкту.

**Практичне значення результатів.** Розроблена структура комп'ютерно-інтегрованої системи моніторингу та прогнозування якості водних об'єктів, реалізована база даних для моніторингу системи водопостачання другого контуру атомної електростанції з реактором ВВЕР-1000, сформована система рекомендацій обслуговуючому персоналу для нормалізації води в системі охолодження другого контуру атомної електростанції, виконана програмна реалізація інформаційної системи, розроблено WEB-інтерфейс оператора клієнтської станції мовою Python.

**Апробація результатів роботи.** Основні положення магістерської дисертації були висвітлені на наступних наукових конференціях:

1. V Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених та спеціалістів в області проектування підприємств гірничо-металургійного комплексу, енерго- та ресурсозбереження, захисту навколишнього середовища (23-24 березня 2016, м. Харків);

2. VI Міжнародна конференція студентів, аспірантів та молодих вчених з хімії та хімічної технології (20-22 квітня 2016, м. Київ);

3. V Міжнародна науково-практична конференція «Комп'ютерне моделювання в хімії і технологіях та системах сталого розвитку» (18-20 травня 2016, м. Київ).

**Публікації.** За матеріалами магістерської дисертації опубліковано 3 наукові праці, в тому числі дві наукові статті та одні тези доповідей на міжнародній конференції.

КІБЕРНЕТИКА, ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ,  
КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА, МОНІТОРИНГ,  
ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ, ВОДНІ РЕСУРСИ, ВОДНИЙ ОБ'ЄКТ, ХМАРНІ  
ОБЧИСЛЕННЯ, БАЗА ДАНИХ, КЛІЄНТ-СЕРВЕРНА АРХІТЕКТУРА.

## РЕФЕРАТ

### Аттестационной магистерской диссертации на тему **«Компьютерно-интегрированная система мониторинга и прогнозирования качества водных объектов»**

Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, заключения, списка использованной литературы (25 наименований) и 6 приложений. Основное содержание изложено на 122 страницах печатного текста, содержит 66 рисунков, 12 таблиц. Общий объем диссертации 161 страниц.

**Актуальность темы** связана с необходимостью создания универсальной информационной системы, которая дает возможность централизованного хранения данных, оперативного доступа к ним, анализа их системой и формирования рекомендательной информации для персонала.

**Цель и задачи исследования.** Целью данной работы является создание универсальной компьютерно-интегрированной системы для централизованного хранения, оперативного доступа и дальнейшего анализа данных. Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

1. Провести обзор подходов и методов проектирования информационных систем, которые могут быть использованы для создания систем обработки данных наблюдения качества водных объектов и проанализировать основные проблемы, возникающие при проектировании таких систем с использованием современных информационных технологий.

2. Спроектировать и разработать универсальную компьютерно-интегрированную систему, которая позволит выполнять централизованное хранение и предоставлять возможность оперативного доступа и анализа данных о состоянии источников водоснабжения и пользование которой не будет требовать от оператора специальных знаний в области программирования и современных информационных технологий.

3. Разработать структуру базы данных для работы с водным объектом и адаптировать ее для выбранного водного объекта – системы водоснабжения

второго контура атомной электростанции с реактором ВВЭР-1000.

4. Создать программное обеспечение для применения предложенной системы обработки данных наблюдения качества водных объектов.

5. Разработать и испытать компьютерно-интегрированную систему мониторинга и прогнозирования качества воды в системе водоснабжения второго контура атомной электростанции с реактором ВВЭР-1000.

**Объектом исследования** является процесс проектирования компьютерно-интегрированной системы мониторинга и прогнозирования качества водных объектов.

**Предмет исследования:** компьютерно-интегрированная система мониторинга и прогнозирования качества воды системы водоснабжения второго контура атомной электростанции с реактором ВВЭР-1000.

**Методы исследования.** Методы и алгоритмы объектно-ориентированного программирования на базе языка программирования Python в сочетании фреймворком WebPy, методы теории реляционных баз данных, методы сбора, анализа и передачи информации.

**Научная новизна результатов.** Разработана новая компьютерно-интегрированная система на базе облачных технологий для мониторинга и прогнозирования качества водных объектов, которая в отличие от существующих позволяет централизованно хранить данные из различных источников получения данных о состоянии водного объекта, предоставляет возможность удаленного доступа и анализа данных, а также позволяет формировать отчеты по данным, хранящимся в базе системы. Разработанные алгоритмы обработки данных информационной системе. Создана структура базы данных, специфицирующая работу универсальной компьютерно-интегрированной системы для мониторинга и прогнозирования качества водного объекта. Разработанные алгоритмы для анализа качественных показателей воды в системе водоснабжения второго контура атомной электростанции с реактором ВВЭР-1000 с формированием рекомендаций по нормализации режима функционирования водного объекта.



**Практическое значение результатов.** Разработана структура компьютерно-интегрированной системы мониторинга и прогнозирования качества водных объектов, реализована база данных для мониторинга системы водоснабжения второго контура атомной электростанции с реактором ВВЭР-1000, сформирована система рекомендаций обслуживающему персоналу для нормализации воды в системе охлаждения второго контура атомной электростанции, выполнена программная реализация информационной системы, разработан WEB-интерфейс оператора клиентской станции на языке Python.

**Апробация результатов работы.** Основные положения магистерской диссертации были освещены на следующих научных конференция

1. V Международная научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов в области проектирования предприятий горно-металлургического комплекса, энерго- и ресурсосбережения, защиты окружающей среды (23-24 марта 2016 г., Харьков)

2. VI Международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых по химии и химической технологии (20-22 апреля 2016 г., Киев)

3. V Международная научно-практическая конференция «Компьютерное моделирование в химии и технологиях и системах устойчивого развития» (18-20 мая 2016 г., Киев).

**Публикации.** По материалам магистерской диссертации опубликовано 3 научные работы, в том числе две научные статьи и один тезисы докладов на международной конференции.

КИБЕРНЕТИКА, ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССЫ, КОМПЬЮТЕРНО-ИНТЕГРИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ, МОНИТОРИНГ, ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА, ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ, ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ, ОБЛАЧНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ, БАЗА ДАННЫХ, КЛИЕНТ-СЕРВЕРНАЯ АРХИТЕКТУРА.

## **ABSTRACT**

attestation master's degree work

### **«Computer-integrated system of monitoring and prediction of water objects quality»**

This research work is a totaling 161 pages, contains 66 illustrations, 12 tables, 6 annexes and 25 sources for references.

Relevance of the work is associated with the need creating a universal information system that enables centralized storage, rapid access to information and analyzing of this information by system with composing of recommendation information for staff.

**The aim and tasks of the study.** The aim of this work is to create a universal computer-integrated system for centralized storage, real-time access and further analysis of the data. To achieve this goal it was necessary to solve the following problem:

1. Review methods and approaches for the design of information systems that can be used to create water bodies quality surveillance data processing systems and to analyze the main problems encountered in the design of such systems with use of modern information technologies.

2. Design and develop a universal computer-integrated system that will allow to carry out the centralized storage and provide the ability to access rapid and further analysis the state of water sources and use of which does not require the operator's expertise in the programming and modern information technologies.

3. Develop general database structure to work with the water object and adapt it to the selected water object – water system of the second circuit of nuclear power reactor VVER-1000.

4. Create algorithmic and software to use the proposed system of water quality data processing.

5. Develop and test computer-integrated system of monitoring and prediction of water objects quality in the water supply of the second circuit of nuclear power plant with VVER-1000 type reactor.

**The object of study** is the design process of computer-integrated system of monitoring and prediction of water objects quality.

**The aim of the study** is the design process of computer-integrated monitoring and forecasting of water quality of the water supply circuit of the second circuit of nuclear power plant with VVER-1000 type reactor.

**Research Methods.** Methods and algorithms of object-oriented programming based on Python programming language combined with WebPy frameworks, methods of relational database theory, methods of data collection, data analysis and transmission.

**Scientific novelty of results.** A new computer-integrated monitoring and forecasting of water quality system was designed. This system is based on clouds technologies and unlike the existing ones, can centrally store the water objects status data which coming from different data sources, provides an opportunity of remote access and analyze data and allows to generate reports from data stored in the database system. The algorithms in the information processing system is implemented.

The database structure that specifies the work of universal computer-integrated system for monitoring and predicting the quality of the water body was designed.

The algorithms for the analysis of qualitative indicators of water supply system of the secondary circuit of nuclear power plant with reactor VVER-1000 type and for the composing recommendations for the normalization mode of the water object was designed.

**Practical significance of the results.** The structure of the computer-integrated monitoring and forecasting of water quality system was designed, implemented a database for monitoring the water supply system of the second circuit of nuclear power plant with reactor VVER-1000 type, the system of generating recommendations for normalize the water in the cooling circuit of the second nuclear power plant was composed, the software implementation of an information system was made and WEB-interface of the client station was

designed on language Python.

**Approbation of research results.** The key provisions of master's degree work were highlighted on those scientific conferences:

1. The Fifth International scientific conference of young scientists and specialists in the design of mining and metallurgy, energy and resource conservation, environmental protection (the 23-24th of March 2016, Kharkiv);

2. The Fourth International Conference of students and young scientists in chemistry and chemical engineering (The 20-22nd of April 2016, Kyiv);

3. The Fifth International scientific-practical conference "Computer modeling in chemistry and technology systems and sustainable development" (The 18-20th of May, 2016, Kyiv).

**Publications.** Based on master dissertation materials 3 scientific works was published, including two scientific articles and one abstracts at international conferences.

CYBERNETICS, CHEMICAL-ENGINEERING PROCESSES, COMPUTER-INTEGRATED SYSTEMS, MONITORING, QUALITY, WATER RESOURCES, WATER, CLOUD COMPUTING, DATABASE, CLIENT-SERVER ARCHITECTURE.

## ЗМІСТ

Перелік умовних позначень.....	15
Вступ.....	16
1 Аналіз якості води як основоположний фактор в процесі моніторингу та прогнозування якості джерел водопостачання .....	21
1.1 Проблема вибору джерел водопостачання та її актуальність.....	21
1.2 Показники якості води та методи їх аналізу.....	24
1.3 Особливості обробки даних по якості джерел водопостачання .....	25
1.4 Аналіз існуючих комп'ютерно-інтегрованих систем для оцінки якості води .....	27
1.4.1 Система WEAP .....	28
1.4.2 Система SimEau.....	31
1.5 Хмарні сервіси та можливості їх використання для задач аналізу якості води.....	34
1.6 Особливості вибору бази даних для зберігання та обробки інформації з якості води.....	36
1.7 Обґрунтування вибору типу та архітектури інформаційної системи .....	40
1.8 Вибір типу сервера для забезпечення функціонування інформаційної системи .....	44
1.9 Постановка задачі магістерської дисертації .....	48
1.10 Висновки до розділу 1 .....	49
2 Розробка структури інформаційної системи.....	51
2.1 Вибір та проектування структури інформаційної системи та підсистем .....	51
2.2 Висновки до розділу 2.....	59
3 Система охолодження другого контуру атомної електростанції як об'єкт для апробації комп'ютерно-інтегрованої системи.....	60
3.1 Система водопостачання другого контуру атомної електростанції в якості водного об'єкту .....	60

3.2 Водно-хімічний режим другого контуру атомних електростанцій з реакторами типу ВВЕР-1000 .....	64
3.2.1 Технічні вимоги до якості робочого середовища другого контуру АЕС .....	65
3.2.2 Системи та методи забезпечення ВХР другого контуру .....	66
3.2.3 Хімічний контроль якості робочого середовища другого контуру .....	68
3.3 Висновки до розділу 3 .....	69
4 Реалізація системи моніторингу та прогнозування якості джерел водопостачання .....	71
4.1 Розробка структури інформаційної системи моніторингу та прогнозування якості водних ресурсів.....	71
4.2 Розробка структури бази даних, її специфікація .....	74
4.3 Налаштування серверної частини системи .....	81
4.3.1 Встановлення серверної частини баз даних PostgreSQL.....	82
4.3.3 Налаштування бази даних.....	85
4.3.4 Встановлення допоміжних бібліотек мови Python (web.py) .....	86
4.4 Розробка програмного інтерфейсу для роботи з системою .....	88
4.5 Висновок до розділу 4 .....	93
Висновки.....	95
Перелік посилань.....	97
Додатки.....	100
Додаток А .....	100
Додаток Б.....	101
Додаток В.....	102
Додаток Г .....	103
Додаток Д .....	104
Додаток Е.....	111

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

- АЕС – атомна електростанція;
- ГЦН - головний циркуляційний насос;
- ГЗЗ - головна запірна засувки;
- САОЗ - система аварійного охолодження активної зони;
- ПГ – парогенератор;
- СВО - установка спецводоочищення;
- К – конденсатор;
- КЕН-1 – конденсатний електронасос першого ступеня;
- КЕН-2 – конденсатний електронасос другого ступеня;
- БЗУ – блочна знесолююча установка;
- ПНТ – підігрівач низького тиску;
- Д – деаератор;
- ПВТ – підігрівач високого тиску;
- ВХР – водно-хімічний режим;
- МКР – мінімально-контрольований рівень потужності;
- АХК – система автоматизованого хімічного контролю;
- ЛХК – система лабораторного хімічного контролю.

## ВСТУП

Вода є одним з найважливіших компонентів біосфери, джерело всього живого. Вона впливає на всі життєві процеси, що відбуваються в організмі людини, з її допомогою здійснюється більшість реакцій обміну речовин, вона забезпечує безперервний процес відновлення і руйнування живих клітин.

Смачної води в природі багато, але ідеально чистої немає, оскільки вода – один з кращих розчинників. Зважені речовини, що містяться в природній воді, впливають на її смак. Крім того, вони служать сприятливим середовищем для розвитку хвороботворних бактерій. Прісна вода – безцінне багатство народу. Наша країна має значні запаси водних ресурсів, в основному річковий стік. Їх використовують для виробництва електроенергії, зрошення, рибництва, рекреації. Проте водних ресурсів на території розподілені вкрай нерівномірно.

Однак людина ставиться до цих багатств не по-господарськи: скидає в море різного роду відходи, в тому числі хімічні і радіоактивні речовини. Втручання людини у природні процеси вже привело в багатьох куточках світу до плачевних результатів. Всі вони скидають у річку свої стоки, що позначається на умовах життя в цьому регіоні. Тому Академія наук України спільно з іншими зацікавленими організаціями розробили комплексну програму, що передбачає значне поліпшення екологічної обстановки в даному регіоні. Якщо раніше людина брала від природи те, що хотіла і могла взяти, то тепер вона повинна брати тільки те, що вона може брати без збитку для себе.

Річки, озера, водосховища значною мірою забруднюються промисловими та господарськими відходами, нафтою при перевезенні її в судах. Стоки нафти, наявність яких пояснюється потребами побуту, містять значну кількість неорганічних і органічних сполук, які потрапивши у водойми можуть викликати небезпечні захворювання. "Постачальниками"



стічних вод, складних за вмістом, є об'єкти промисловості. Застосуванням нових технологічних процесів і сировини викликана поява мало поширених різновидів стічних вод. Насамперед синтетичні поверхнево-активні речовини, широко застосовувані у текстильній, нафтопереробній, хутровій, шкіряній та інших галузях. Стоки, насичені сірчаноокислими, хлористими і азотними солями, непридатні ні для пиття, ні для рибогосподарських потреб чи зрошування, ні для повторного промислового застосування.

Тому надважливим питанням на сьогоднішній день є не лише аналіз якості поточного стану води, а й прогнозування стану джерел водопостачання в перспективі.

На сьогоднішній день вода в різних обсягах входить до складу основних сировинних потоків майже кожного промислового виробництва, а практично для всіх виробництв вона використовується як допоміжний ресурс. При цьому слід відмітити, що використання води постійно зростає. Джерелами водопостачання для задоволення питних і побутових потреб населення та функціонування різноманітних підприємств, установ та організації слугують різні водні об'єкти. Вибір джерел водокористування ґрунтується на основі нормативів якості води і дозволів на водокористування [1, 2]. В залежності від специфіки потреб водовикористання, показники якості, за якими характеризують воду, можуть суттєво відрізнятись. Так, наприклад, вода, що повністю задовольняє вимогам для використання в системі охолодження атомних електростанцій, ні в якому разі не може бути використана в якості питної води. Відповідно до Водного кодексу України якість води є характеристика властивостей води, що визначає її придатність для конкретного виду водовикористання. Умови життя населення, стабільність роботи будь-якого виробництва забезпечується при підтримуванні показників якості води на належному рівні. Проте спостерігається суттєва деградація водних ресурсів країни. Вода, що подається для пиття і господарських потреб населення, повинна бути

бездоганною згідно суворих санітарних і епідеміологічних вимог. Для цього розроблено державний стандарт на питну воду, за якістю води встановлено суворий санітарний контроль. Отже, збір, зберігання та аналіз даних водних об'єктів є важливою задачею.

З метою раціонального використання водних ресурсів проводять їх облік та моніторинг. Головним завданням обліку є встановлення відомостей щодо кількості і якості вод, а також даних щодо водокористування, на основі яких здійснюють розподіл води між водокористувачами та розробляють заходи щодо раціонального використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів.

Як відмічає Всесвітня організація охорони здоров'я, сучасна вода може містити до 13 тисяч потенційно токсичних речовин і щороку до цієї кількості ще додається від 500 до 1000 нових шкідливих речовин. Постійний контроль такої кількості показників є завданням нереальним і дуже дорогим. Для оцінки якості води існують певні показники, які дають можливість встановити відповідність чи невідповідність води певного водного об'єкта вимогам, що висуваються тими чи іншими водокористувачами, та дотримання яких забезпечує здоров'я населення, ефективність заходів з охорони водойм від забруднення, а також сприяє нормальному функціонуванню промисловості [1, 2, 3]. Одним з інструментів, з допомогою яких досягається сталий режим роботи того чи іншого об'єкта, є вимірювання показників якості води. Оцінка якості води є досить трудомістким завданням, оскільки базується на порівнянні середніх концентрацій, які спостерігаються в пункті контролю якості вод з установленними нормами для кожного інгредієнта.

Моніторинг стану води та вмісту забруднювальних речовин у водних об'єктах здійснюють 6 суб'єктів моніторингу: МНС (Державна гідрометеорологічна служба), Мінприроди (Державна екологічна інспекція, Державна служба геології та надр), МОЗ (санітарно-епідеміологічна служба),

Мінагрополітики та продовольства, Мінжитлокомунгосп, Держводагенство України та їх органи на місцях [4, 5, 6].

За даними Національної доповіді про стан навколишнього природного середовища в Україні мережею спостережень охоплено понад 170 річок та водосховищ і більше як 20 озер – спостереження здійснюються на 3245 відомчих постах. Крім того, постійний контроль за якістю зворотних вод, що надходять у водні об'єкти, виконують комунальні та промислові підприємства, які здійснюють очищення стічних вод. Державна гідрометеорологічна служба здійснює спостереження за гідрохімічним станом вод на 374 створах у 240 пунктах спостережень на 151 водному об'єкті. На цій мережі отримують дані з періодичністю відбору проб 4–12 разів на рік за 46 показниками [4, 5, 6, 7].

Проведений аналіз вказує на величезні масиви інформації, які необхідно не тільки отримати, а й зберігати. Вирішення таких завдань поліпшується в разі створення і застосування інтегрованих інформаційних систем, які повинні взаємодіяти між собою.

Говорячи про ступінь вивченості проблеми, можна з упевненістю констатувати, що аналіз якості водних джерел вивчений і представлений в теоретичній і практичній літературі досить широко. Практично в кожній праці, присвяченій водокористуванню та водоочистці, велика увага приділяється аналізу якості води та умовам використання вод різного призначення. Повними і досконалими роботами даного напрямку є роботи «Физико-химические методы очистки воды. Управление водными ресурсами» під редакцією І. М. Астреліна та Х. Ратнавіри [7], «Водопостачання, водовідведення та якість води» А. К. Запольського [8], «Водопостачання та водовідведення. Гідроекологічні аспекти» В. К. Хільчевського [9], а також «Контроль качества воды» Л.С. Алексєєва [10]. В даних роботах наведено широкий спектр даних щодо методів визначення якісного та кількісного вмісту домішок та шкідливих забруднювачів у воді,

однак відсутній математичний апарат коротко- та довгострокового прогнозування впливу складу води на навколишнє середовище або зовнішніх чинників на показники якості води, що використовується.

Автоматизації процесу аналізу якості води, присвячена робота Стокгольмського інституту навколишнього середовища, що виконана в рамках проекту WEAP – Water Evaluation And Planning [11]. В цій роботі розглянуто широкий вибір сценаріїв водокористування та змін в навколишньому середовищі, але робота з запропонованою програмою передбачає наявність у користувача спеціальних знань для інтегрування даної системи з базами даних та іншим програмним забезпеченням, тобто потрібна досить глибока кастомізація системи для потреб конкретного користувача.

Ще одним прикладом автоматизованої системи для оцінки якості води є симулятор для процесів водопідготовки SimEau, що розроблений в рамках європейського проекту TECHNEAU [12]. Вирішенню подібних задач присвячена діяльність Українського водного товариства, що висвітлена на їх інформаційному порталі [5].

Однак не можна не відзначити, що питання використання дистанційних обчислювальних ресурсів для виконання обчислень та зберігання баз даних в цих працях практично не згадується. Наприклад, в роботі [7] використанням обчислювальних ресурсів для вирішення проблем водоочищення та водопостачання присвячена лише одна глава, що є вкрай недостатнім для вказаної вище проблеми.

# 1 АНАЛІЗ ЯКОСТІ ВОДИ ЯК ОСНОВОПОЛОЖНИЙ ФАКТОР В ПРОЦЕСІ МОНІТОРИНГУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЯКОСТІ ДЖЕРЕЛ ВОДОПОСТАЧАННЯ

## 1.1 Проблема вибору джерел водопостачання та її актуальність

На сьогоднішній день в Україні та у всьому світі гостро стоїть питання використання водних ресурсів. Наша країна має значні запаси водних ресурсів, в основному річковий стік, середньорічний обсяг якого становить 4714 км<sup>2</sup>, тобто 10,5% загального світового стоку річок. Їх використовують для виробництва електроенергії, зрошення, рибного господарства, рекреації.

Основною проблемою є те, що джерела водних ресурсів на території розподілені вкрай нерівномірно. До того ж якість води істотно відрізняється в різних регіонах, багато джерел неможливо використовувати без попередньої підготовки [5].

Ефективність охорони водних ресурсів великою мірою залежить від якості очистки стічних вод, а останнє, в свою чергу, — від технологічних способів обробки, проектних характеристик і додержання вимог експлуатації очисних споруд.

Залежно від ступеня і характеру забруднення промислових вод застосовують механічну, фізико-хімічну, біологічну або термічну очистку. Нині виникло немало об'єктів, обладнаних очисними установками, що забезпечують оборотне водопостачання. Потужність очисних споруд має можливість очищати до 95% стоків. Нові технологічні системи очистки запроваджені, наприклад, на Харківщині, де виробляють каустичну соду, хлор, пластмаси, засоби захисту рослин, миючі засоби тощо. Нові технології виконують не тільки санітарні, а й виробничі функції, готуючи воду до послідовного використання при різних процесах. В Слав'янську на

підприємстві "Хімпром" створено комплекс оборотного водопостачання, що дозволяє акумулювати, очищати і багаторазово використовувати більш як 4 млн. м<sup>3</sup> води. Комплекс призначений також для переробки вторинної сировини і одержання на цій основі хлористого кальцію, потрібного для бурових робіт [5].

Законом України "Про питну воду та питне водопостачання" (2002 р.) визначений зміст діяльності для забезпечення санітарної охорони у сфері питної води та питного водопостачання. Санітарній охороні у сфері питної води та питного водопостачання підлягають джерела та об'єкти централізованого питного водопостачання незалежно від їх типу, форми власності та підпорядкування з метою охорони та збереження природних властивостей води у місцях її забору, запобігання забрудненню, засміченню та передчасному виснаженню водних об'єктів, а також забезпечення безпеки виробництва, постачання і споживання питної води.

Україна є країною з досить значним промисловим та побутовим використанням водних ресурсів, в той самий час, який очищення стічних потоків є недостатнім по всій території України. На рисунку 1.1 показана карта-схема з даними про очищення стічних вод по областях України [7].

Як можна бачити з рисунку 1.1, значна кількість забруднення водою зумовлена недостатнім очищенням стічних вод, які викидаються в водойми. З огляду на це в Україні планомірно реалізуються заходи по охороні водних ресурсів від забруднення. Відповідні кошти витрачаються на створення умов, які сприяють чистоті річок, озер, водосховищ. Ці витрати формують лише соціально-економічний результат, оскільки спрямовані на виконання надзвичайно важливої функції: поліпшення якості води [7].

Отримання даних про якість води дає нам змогу відповісти на наступне питання: якість води в даному джерелі водопостачання задовольняє вимоги споживача і дане джерело придатне для подальшого застосування чи якість води незадовільна і потрібно змінити джерело водопостачання. Але

реальна картина заключається в тому, що багато промислових об'єктів водокористування, такі як атомні електростанції або об'єкти шкіряної промисловості, зазвичай споруджують орієнтуючись на якесь конкретне джерело водопостачання (зазвичай це річки місцевого водного басейну).

Рисунок 1.1 – Викиди господарсько-побутових та промислових стічних вод в водойми України станом на 2013 рік

В такому разі зміна джерела водопостачання є досить складною, або й взагалі неможливою. Слід зазначити, що якість води, що використовується в контурах електростанцій, є надзвичайно важливим показником безпечної роботи обладнання електростанцій. Тому дуже важливою є розробка системи, яка дає змогу не лише аналізувати поточний стан води в джерелі водопостачання, а й прогнозувати ключові характеристики водного запасу в перспективі. Можливість отримання прогнозу, що в найближчий час якість води стане незадовільною для подальшого використання, є суттєвим аргументом на користь розробки комп'ютеризованої системи моніторингу та прогнозування якості водних ресурсів. У такому випадку інженери разом з фахівцями в галузі екології на основу отриманого прогнозу можуть розробити підхід, з допомогою якого можна уникнути даного погіршення якості води чи компенсувати погіршення цієї ж води шляхом додаткового водоочищення.

Питання якості води ніколи не було простою риторикою. З кожним днем погіршується стан водного басейну не лише в Україні, а й у всьому світі. Застосуванням нових технологічних процесів і сировини викликана поява мало поширених різновидів стічних вод. Насамперед синтетичні поверхнево-активні речовини, широко застосовувані у текстильній, нафтопереробній, хутровій, шкіряній та інших галузях. Часто стічні води забруднені речовинами, які не підлягають природньому саморозкладанню.

При цьому такі стічні води стають непридатні для вторинного використання і потребують складного очищення.

Отже, актуальність створення системи моніторингу та прогнозування якості водних об'єктів є досить високою. Питання якості води стосується всіх аспектів життя людини, і отримання даних про поточний та майбутній стан джерел водопостачання є дуже важливим.

## **1.2 Показники якості води та методи їх аналізу**

Важливим етапом в процесі водоочищення та водопідготовки є аналіз складу водних потоків, а саме визначення якісного та кількісного вмісту домішок та шкідливих забруднювачів у воді.

Вибір джерел водокористування базується на аналізі складу водних потоків, а саме визначенні якісного та кількісного вмісту домішок та шкідливих забруднювачів у воді та відповідність отриманих результатів вимогам, що висуваються до води того чи іншого цільового призначення. До питної води висуваються досить суворі вимоги якості. Показники якості питної води розділяють на три групи [1]:

1. Показники епідемічної безпеки питної води (загалом 11 показників):

- мікробіологічні показники;
- паразитологічні показники.

2. Санітарно-хімічні показники безпечності та якості питної води (64 показника):

- органолептичні показники;
- фізико-хімічні показники (неорганічні компоненти, органічні компоненти);
- санітарно-токсикологічні показники (неорганічні компоненти, органічні компоненти, інтегральний показник).



3. Показники питомої сумарної альфа- і бета-активності питної води (8 показників):

- сумарна альфа-активність;
- сумарна бета-активність;
- сумарна активність суміші ізотопів U, Ra (226), Ra (228), Rn (222), Cs (137), Sr (90).

Повний перелік показників якості води вищезазначених груп вказано в Додатку А.

### **1.3 Особливості обробки даних по якості джерел водопостачання**

Як було сказано раніше, при виконанні аналізу якості води необхідно працювати з великими масивами даних. Така робота зумовлює деякі труднощі, які пов'язані з технічною стороною питання та з людським фактором, а саме потребою в знанні мови SQL на рівні досвідченого користувача. Розробка комп'ютерно-інтегрованої системи має насамперед спрямовуватись на усунення цих проблем. Розглянемо це питання більш докладно.

Для виконання якісного аналізу стану джерел водопостачання необхідно виконувати обробку значних масивів даних. Лише тільки зберігання інформації про показники якості певного джерела водопостачання потребує великих об'ємів фізичної пам'яті, не кажучи вже про виконання найпростіших операцій обробки цих даних. Все це зумовлює необхідність використання технічних засобів середньої та великої потужності, а саме комп'ютерної техніки з великим об'ємом постійної та оперативної пам'яті, високою тактовою частотою роботи процесора та ін.

Але зазвичай в умовах лабораторій дуже складно організувати обчислювальне середовище з такими параметрами, так як це досить дорого і потребує постійного обслуговування спеціалістами.

Вирішенням цієї проблеми є перенесення обчислювальних потужностей з лабораторії в спеціальний технічний центр, який являє собою потужний сервер зі значним обсягом жорсткого диску для зберігання та резервування даних, та з високими обчислювальними потужностями для виконання операцій з обробки інформації про стан джерел водопостачання. При цьому в лабораторії достатньо встановити комп'ютер, що здатний підтримувати стабільне Internet-з'єднання та працювати в якості клієнтської станції. Зазвичай такі комп'ютери значно дешевші, ніж сервер, а їх програмне середовище дає змогу підтримувати клієнтську станцію в належному для роботи стані без залучення спеціалістів в галузі комп'ютерної техніки.

Іншим не менш важливим завданням є обробка та отримання результатів за даними, що зберігаються в базі. Виконання цього завдання пов'язане з застосуванням SQL-запитів для отримання певних вибірок даних та конкретних їх значень.

Але часто спеціаліст з якості води не має достатніх знань для виконання складних запитів, а іноді і взагалі не знайомий з мовою SQL. В такому разі обчислювальне середовище повинно виконувати функцію інтерпретатора, який дає змогу створювати запити зрозумілим користувачу способом і перетворювати їх в запити мовою SQL. Це є дуже важливим завданням, так як просто зберігати інформацію без можливості подальшої її обробки нерационально з огляду на основну мету аналізу якості джерел водопостачання, а саме отримання висновків про придатність використання даного джерела водопостачання на основі отриманих показників стану води в даному джерелі.

Тому при проектуванні комп'ютерно-інтегрованої системи моніторингу та прогнозування якості водних ресурсів велику увагу слід приділити саме розробці інтерфейсу, який дає змогу користувачу без знань мови SQL опрацьовувати інформацію, наявну в базі даних. Це досягається

саме розробкою інтерпретатора користувацьких запитів на мову SQL.

Як згадувалось раніше, одним з результатів роботи з показниками якості води є висновок про придатність води для подальшого використання. Також до таких висновків належать прогнози стану води в перспективі та рекомендації щодо покращення якості води та можливість визначення джерела забруднення водних ресурсів. Досвід показує, що аналіз висновків є не менш складною задачею, ніж їх отримання.

Також відомо, що числова та текстова інформація сприймається гірше, ніж графічна. Тому при розробці обчислювальної системи моніторингу та прогнозування якості води закладено ідею отримання звітів з висновками у вигляді числової та текстової інформації, яка доповнюється порівняльними графіками, гістограмами та іншими графічними об'єктами для кращого сприйняття отриманих результатів. Таким чином складність висновків компенсується простотою їх представлення.

Отже, проектування комп'ютерно-інтегрованої системи моніторингу та прогнозування стану джерел водопостачання з урахуванням аналізу наведених вище труднощів, з якими стикаються при визначенні якості води, дає змогу створити надійний та зручний інструмент обробки даних. Тому розглянемо основні питання, що виникають при проектування інформаційних систем.

#### **1.4 Аналіз існуючих комп'ютерно-інтегрованих систем для оцінки якості води**

На сьогоднішній день вже існують досить потужні системи для автоматизації аналізу якості води. Розглянемо кілька таких систем під назвою WEAP та SimEau.

### 1.4.1 Система WEAP

Water Evaluation And Planning (WEAP) – Планування та оцінка водних ресурсів) являє собою комп'ютерну систему, орієнтовану на широке коло користувачів, і використовує інтегрований підхід до планування водних ресурсів. WEAP є комп'ютерною системою для інтегрованого планування водних ресурсів і надання допомоги кваліфікованим фахівцям. WEAP володіє виразним, гнучким і дружній до користувача середовищем управління водними ресурсами та аналізу результатів. Зростаюче число професіоналів знаходить WEAP корисним доповненням до їх набору моделей, баз даних, електронних таблиць та іншого програмного забезпечення комп'ютерів.

**Можливості системи WEAP.** Управління водними ресурсами привертає все більшу увагу громадськості. Розподіл обмежених водних ресурсів для сільськогосподарського, комунального користування поряд з питаннями довкілля тепер вимагає повного взаємного обліку наявності води, потреб у воді, якості води та інших екологічних характеристик води. Система планування та оцінки водних ресурсів, або WEAP, ставить своїм завданням об'єднати вищеперелічені аспекти в практичну, просту модель для інтегрованого планування водних ресурсів. WEAP розроблений в Stockholm Environment Institute's US Center [11]. Особливості системи WEAP:

- інтегрований підхід: застосовується унікальний підхід для здійснення інтегрованих заходів щодо управління водними ресурсами.
- залучення зацікавлених осіб: прозора, зрозуміла структура програмного забезпечення привертає різних користувачів своєю відкритістю.
- Водний Баланс: база даних забезпечує розрахунки водних балансів, підтримуючи баланс маси при розрахунку переміщення води від джерел до споживачів по зв'язках-дугам в архітектурі річкової мережі.
- імітаційні можливості: виробляються обчислення з урахуванням

вимог до води, надходжень води в річкову мережу, руху води, фільтрування води, меліоративних норм під конкретні культури, витрачання води і її накопичення, освіти забруднень, очищення, зміни якості води при різних гідрологічних сценаріях і політики в управлінні водою.

- різнобічність сценаріїв: враховується повний спектр можливостей в управлінні водою, береться в розрахунок багатоцільове використання води.

- дружній інтерфейс: графічний: інтерфейс з опцією "drag and drop", що імітує графічний інтерфейс водної системи, дозволяє легко створювати моделі, змінювати моделі і вихідні дані, отримувати результати у вигляді карт, графіків і таблиць.

- модель інтеграції: підтримує ряд моделей та інших програмних продуктів, таких як QUAL2K, MODFLOW, MODPATH, PEST, Excel і GAMS [11].

WEAP заснований на базових принципах водного балансу і може бути застосований до комунальних та сільськогосподарських систем, одиничним вододілам або до транскордонних річковим систем.

Більше того, WEAP може імітувати широкий спектр природних і штучно створених особливостей цих систем, а також дощової відтік, основний потік, накопичення і розвантаження запасів підземних вод від опадів; внутрісекторний аналіз вимог водоспоживачів; водозбереження; водний кодекс правил і задані пріоритети, режим регулювання водосховищ; генерацію електроенергії; рух забруднень і якість води; визначення стійкості і вимоги екологічних систем. Модуль фінансового аналізу дозволяє користувачеві проводити розрахунок співвідношення доходів до витрат шляхом порівняння різних проектів.

Система дозволяє оцінювати різні типи джерел (таких як річки, струмки, підземні води, озера і водосховища, опріснюючі станції), відведення води в очисні споруди; враховувати вимоги на воду, освіта забруднень і екологію водних об'єктів. Структура даних і рівень деталізації можуть бути

легко змінені під вимоги і наявність даних для кожного окремого випадку та аналізу [11].

Робота з WEAP в основному включає кілька кроків:

– попереднє визначення: проміжок часу, просторові межі, компоненти системи, конфігурація поставленої проблеми.

– поточні розрахунки: огляд реальних вимог на воду, кількість і якість забруднень, характеристика ресурсів і джерел для досліджуваної системи. Все це може бути розглянуто як калібрувальні установки до побудови додатка, що імітує поведінку розрахункового об'єкта.

– сценарії: установка декількох альтернативних варіантів майбутньої політики управління, цін і клімату. Вона може зачіпати, наприклад: умови водних факторів, водопостачання, гідрологію і забруднення.

– розрахунки: сценарії можуть бути створені з урахуванням водного достатності, цін і доходу. Вони можуть бути співвіднесені з вимогами навколишнього середовища і чутливістю до невизначеності у вхідних даних [11].

### **Приклади аналізу сценаріїв з допомогою WEAP**

Аналіз сценаріїв є головною особливістю WEAP. Сценарії використовуються для вивчення моделі з величезним діапазоном "що, якщо":

– що, якщо відбудеться зростання населення і зміняться економічні характеристики?

– що, якщо зміняться правила регулювання стоку водосховищами?

– що, якщо ґрунтові води будуть використовуватися в більшому обсязі?

– що, якщо будуть застосовані водозберігаючі технології?

– що, якщо вимоги до навколишнього середовища будуть посилюватися, стануть більш жорсткими?

– що, якщо будуть використані заходи щодо запобігання надходження поверхневих вод у підземні водні горизонти?

- що, якщо будуть застосовані програми багаторазового використання води?
- що, якщо будуть застосовані більш ефективні технології в іригації?
- що, якщо буде проведена зміна сільськогосподарських культур?
- що, якщо кліматичні зміни будуть впливати на надходження і споживання води?
- як забруднення в верхній частині ріки впливають на якість води в нижній течії?
- як зміна у землекористуванні буде впливати на річковий стік? [11]

### **Доступ до програми моделювання WEAP**

Стокгольмський Інститут Навколишнього Середовища – головна організація з розробки WEAP. Гідрологічним інженерним центром USArmy Corps of Engineers були профінансовані значні вдосконалення програми. Величезна кількість організацій, включаю UN, Світовий Банк, USAID, US EPA, IWMI, Water Research Foundation (раніше AwwaRF) і Глобальний фонд інфраструктури Японії, затримують розвиток проекту WEAP. Оскільки WEAP була застосована для оцінки водних ресурсів у десятках країн, то існує список активних користувачів з різних країн, які могли б бути корисні для здійснення консультацій.

Програма моделювання може бути завантажена з сайту [www.WEAP21.org](http://www.WEAP21.org). Для роботи з програмою потрібно пароль розширеного користування, який може бути отриманий безкоштовно громадянами окремих країн [11].

### **1.4.2 Система SimEau**

SimEau – це симулятор для процесів водопідготовки, розроблений в рамках європейського проекту TECHNEAU. Даний проект направлений на використання традиційного підходу для очищення і подачі питної води, який

в значній мірі залежить від досвіду оператора.

### **Можливості системи SimEau**

Основна мета програми моделювання SimEau – зробити водоочисні споруди більш незалежними від операторів з більшим упором на системи, засновані на базах знань (knowledge based systems) в якості технологічних моделей.

У ході проекту TECHNEAU було проаналізовано останні досягнення існуючих моделюючих систем з водопідготовки. У результаті аналізу встановлено, що програмні продукти: OTTER, розроблений WRc, Stimela розроблений TU-Delft / DHV, і Metrex, розроблений в університеті Duisburg / IWW, – є найбільш підходящими серед існуючих платформ і можуть бути взяті за основу для майбутнього розвитку та інтеграції.

У ході обговорення методології інтеграції деяких з кращих програм для створення нового симулятора, командою проекту TECHNEAU було прийнято рішення про розробку прототипу програмного забезпечення за допомогою WRc, якому відводиться провідна роль у розробці та створенні технічних описів користувальницького інтерфейсу і численних рішень, і TU-Delft, який буде працювати з технічних описам моделей процесів, що вбудовуються в прототип [12].

Ще одним важливим результатом проекту стало концептуальне опис архітектури нової платформи моделювання, огляд обраних процесів обробки та інших складових платформи. Запропоновано, щоб моделююча система була безкоштовною, простий у використанні і могла бути легко доповнена новими процесами та іншими складовими.

На основі існуючих можуть бути розроблені окремі (індивідуальні) моделі процесу для відповідних показників якості води. Надійність і широке застосування моделюючої системи забезпечується шляхом калібрування та перевірки достовірності моделей на сирій воді різної якості, а також за допомогою даних з різних очисних систем. Крім того, в рамках програми



TECHNEAU були розроблені нові моделі для вирішення питань з видалення NOM, біологічної очистки та мембранної фільтрації [12].

Основні можливості системи SimEau наступні:

- має бібліотеку найбільш поширених процесів.
- дозволяє розробляти технологічні схеми з використанням технології drag-and-drop.
- якість вихідної води може бути задано у вигляді файлу даних (Excel).
- експлуатаційні властивості можуть бути змінені для оцінки альтернативи в процесі моделювання.
- після моделювання користувач може вибрати будь-яку точку в технологічній схемі для аналізу якості води – як в графічному, так і в табличному вигляді.
- доступні кілька моделей для процесів обробки: основні моделі, а також моделі для складання балансів ємностей, процесів пом'якшення, озонування, коагуляції, фільтрування, біофільтрації, регулювання рН і т.д.
- моделі, розроблені користувачем, можуть бути легко додані в бібліотеку: передбачено код для додавання нових моделей [12].

### **Доступ до програми моделювання SimEau**

Програма SimEau була розроблена в рамках співпраці між науково-дослідним центром з водних ресурсів, Великобританією і Технічним університетом Делфта.

Моделююча програма є результатом проекту ЄС і знаходиться у вільному доступі у потенційних користувачів.

Для отримання доступу необхідно зв'язатися з згаданими вище організаціями або написати за адресою [post@waterh.org](mailto:post@waterh.org) [12].

## **1.5 Хмарні сервіси та можливості їх використання для задач аналізу якості води**

Хмарні обчислення – це модель надання зручного мережевого доступу в режимі «на вимогу» до колективно використовуваного набору налаштовуваних обчислювальних ресурсів (наприклад, мереж, серверів, сховищ даних, додатків та/або сервісів), які користувач може оперативнo задіяти під свої завдання і вивільняти при зведенні до мінімуму числа взаємодій з постачальником послуги або власних управлінських зусиль. Ця модель спрямована на підвищення доступності обчислювальних ресурсів і дає можливість виконувати розрахунки, що потребують потужних технічних ресурсів у віддаленому режимі.

Ринкова частка хмарних сервісів і платформ постійно зростає завдяки ряду переваг для звичайних користувачів і організацій. В останні роки все більше компаній, які займаються розробкою інформаційних систем обчислення, орієнтуються на подальший розвиток саме в сфері хмарних сервісів. Це надає можливість вибору найбільш оптимального рішення для конкретних цілей кінцевого користувача хмарних сервісів.

Тому застосування хмарних технологій дає можливість виконувати аналіз якості води в лабораторних умовах, коли обчислювальні можливості наявного в лабораторії обладнання обмежені [14].

Перевагами використання хмарних сервісів є наступні:

- при використанні хмарних обчислень, споживачі інформаційних технологій можуть істотно знизити капітальні витрати на побудову центрів обробки даних, закупівлю серверного та мережевого обладнання, апаратних і програмних рішень щодо забезпечення безперервності і працездатності так як ці витрати поглинаються провайдером хмарних послуг.

- можливість гнучкого налаштування обчислювального середовища відповідно до поставлених задач. Тривалий час побудови та введення в

експлуатацію великих об'єктів інфраструктури інформаційних технологій та висока їх початкова вартість обмежують можливість гнучко реагувати на потреби ринку, тоді як хмарні технології забезпечують можливість практично миттєво реагувати на збільшення попиту на обчислювальні потужності.

– раціональна оплата послуг, або як її називають «плата за використання». Зазвичай за одиницю виміру часу роботи приймається хвилина чи година користування ресурсами. При оцінці обсягів даних за одиницю виміру приймається мегабайт, що зберігається. У цьому випадку користувач оплачує рівно той обсяг ресурсів, який їм реально використовувався протягом певного часу.

– швидке надання послуг та доступ до ресурсів в будь-якому місці і в будь-який час.

Недоліки використання хмарних сервісів:

– проблема безпеки даних.  
– хмарні обчислення висувають високі вимоги до якості каналів зв'язку, які гарантують повсюдний якісний доступ в Інтернет.

– проблема створення неконтрольованих даних, коли інформація, залишена користувачем, буде зберігатися роками, або без його відома.

Не зважаючи на вказані недоліки, багато експертів вважають, що переваги і зручності переважають можливі ризики використання подібних сервісів.

Для використання хмарних сервісів в системі аналізу якості води можна піти двома шляхами: використати один з вже існуючих хмарних сервісів або створити власну модель хмарних обчислень.

Для прийняття рішення про використання існуючих хмарних сервісів приведено таблицю основних сервісів та вартість їх використання [14].

Таблиця 1.1 – Вартість використання основних хмарних сервісів

## **1.6 Особливості вибору бази даних для зберігання та обробки інформації з якості води**

Як відомо, база даних (БД) – це упорядкований набір логічно взаємопов'язаних даних, що використовується спільно, та призначений для задоволення інформаційних потреб користувачів. Це поняття невід'ємно розглядають з поняттям системи управління базами даних (СУБД). СУБД – це комплекс програмних і мовних засобів, необхідних для створення баз даних, підтримання їх в актуальному стані та організації пошуку в них необхідної інформації [15].

Головним завданням БД є гарантоване збереження значних обсягів інформації та надання доступу до неї користувачеві або ж прикладній програмі. Таким чином БД складається з двох частин: збереженої інформації та системи управління нею. З метою забезпечення ефективності доступу записи даних організовують як множину фактів (елемент даних).

Проблема вибору бази даних полягає в тому, що існує величезна кількість різновидів баз даних, які відрізняються за різноманітними критеріями. В [15] визначаються понад 50 видів БД. Основними є наступні класифікації:

Класифікація БД за моделлю даних [15]:

– ієрархічні – можуть бути представлені як дерево, що складається з об'єктів різних рівнів. Верхній рівень займає один об'єкт, другий – об'єкти другого рівня і т.д. Між об'єктами існують зв'язки, при цьому кожен об'єкт може включати в себе декілька об'єктів більш низького рівня. Такі об'єкти перебувають у відношенні предка (об'єкт більш близький до кореня) до нащадка (об'єкт більш низького рівня), при цьому можлива ситуація, коли об'єкт-предок не має нащадків або має їх декілька, тоді як у об'єкта-нащадка

обов'язково тільки один предок. Об'єкти, що мають загального предка, називаються близнюками.

– мережеві – подібні до ієрархічних, за винятком того, що в них є покажчики в обох напрямках, які з'єднують споріднену інформацію. До основних понять мережевої моделі бази даних відносяться: рівень, елемент (вузол), зв'язок. Вузол – це сукупність атрибутів даних, що описують деякий об'єкт. На схемі ієрархічного дерева вузли представляються вершинами графа. У мережній структурі кожен елемент може бути пов'язаний з будь-яким іншим елементом. Незважаючи на те, що ця модель вирішує деякі проблеми, пов'язані з ієрархічною моделлю, виконання простих запитів залишається досить складним процесом.

– реляційна модель орієнтована на організацію даних у вигляді двовимірних таблиць. Кожна реляційна таблиця являє собою двовимірний масив і має наступні властивості: кожен елемент таблиці – один елемент даних; всі осередки в стовпчику таблиці однорідні, тобто всі елементи в стовпчику мають однаковий тип (числовий, символний тощо); кожен стовпчик має унікальне ім'я; однакові рядки в таблиці відсутні; порядок проходження рядків і стовпчиків може бути довільним.

– об'єктна СУБД ідеально підходить для інтерпретації складних даних, на відміну від реляційних СУБД, де додавання нового типу даних досягається ціною втрати продуктивності або за рахунок різкого збільшення термінів і вартості розробки додатків. Об'єктна база, на відміну від реляційної, не вимагає модифікації ядра при додаванні нового типу даних. Новий клас і його екземпляри просто надходять у зовнішні структури бази даних. Система управління ними залишається без змін.

– об'єктно-орієнтована база даних (ООБД) – база даних, в якій дані оформлені у вигляді моделей об'єктів, що включають прикладні програми, які управляються зовнішніми подіями. Результатом поєднання можливостей (особливостей) баз даних і можливостей об'єктно-орієнтованих мов

програмування є об'єктно-орієнтовані системи управління базами даних (ООСУБД). ООСУБД дозволяють працювати з об'єктами баз даних також, як з об'єктами у програмуванні в об'єктно-орієнтованих мовах програмування. ООСУБД розширює мови програмування, прозора вводячи довготривалі дані, управління паралелізмом, відновлення даних, асоційовані запити й інші можливості. Об'єктно-орієнтовані бази даних звичайно рекомендовані для тих випадків, коли потрібна високопродуктивна обробка даних, які мають складну структуру.

– об'єктно-реляційні системи – це системи, що забезпечують об'єктну інфраструктуру і набір реляційних розширювачів. Вони поєднують переваги сучасних об'єктно-орієнтованих мов програмування з такими властивостями реляційних систем як множинні представлення даних і високорівневі непроцедурні мови запитів.

За технологією обробки даних бази даних поділяються на централізовані й розподілені [15]:

– централізована (зосереджена) база даних зберігається у пам'яті однієї обчислювальної системи. Якщо ця обчислювальна система є компонентом мережі ЕОМ, можливий розподілений доступ до такої бази. Такий спосіб використання баз даних часто застосовують у локальних мережах ПК.

– розподілена база даних складається з декількох, можливо пересічних або навіть дублюючих одна одну частин, які зберігаються в різних ЕОМ обчислювальної мережі. Робота з такою базою здійснюється за допомогою системи управління розподіленою базою даних (СУРБД).

Класифікація БД за вмістом [15]:

- географічні;
- історичні;
- наукові;
- мультимедійні.

За способом доступу до даних бази даних поділяються на бази даних з локальним доступом і бази даних з віддаленим (мережевим) доступом.

Системи централізованих баз даних з мережевим доступом припускають різні архітектури СУБД [15]:

– файл-сервер. Архітектура систем БД з мережевим доступом передбачає виділення однієї з машин мережі в якості центральної (сервер). На такій машині зберігається спільно використовувана централізована БД. Усі інші машини мережі виконують функції робочих станцій, за допомогою яких підтримується доступ користувальницької системи до централізованої бази даних. Файли бази даних відповідно до призначених для користувача запитів передаються на робочі станції, де в основному і проводиться обробка. При великій інтенсивності доступу до одних і тих же даних продуктивність інформаційної системи падає. Користувачі можуть створювати також на робочих станціях локальні БД, які використовуються ними монополярно.

– клієнт-сервер. У цій концепції мається на увазі, що крім зберігання централізованої бази даних центральна машина (сервер бази даних) повинна забезпечувати виконання основного обсягу обробки даних. Запит на дані, який видається клієнтом (робочою станцією), породжує пошук і вилучення даних на сервері. Витягнуті дані (але не файли) транспортуються по мережі від сервера до клієнта. Специфікою архітектури клієнт-сервер є використання мови запитів SQL [15].

Історично системи управління базами даних орієнтувалися на вирішення завдань, пов'язаних у першу чергу з транзакційною обробкою структурованої інформації. Безумовно, найкращим, перевіреним часом рішенням тут була і залишається реляційна модель СУБД. Однак в останні роки область застосування баз даних незмінно розширювалася. З одного боку, потрібно керувати більш широким набором форматів даних, переходячи до вирішення спільних проблем управління корпоративною інформацією. З іншого – саме СУБД беруть на себе основні функції

інтеграції даних і додатків корпоративних систем. Саме цим пояснюється активний інтерес до обговорення архітектурних принципів і можливостей реалізації баз даних різних моделей – постреляційних, об'єктно-реляційних, XML та ін.

При проектуванні структури бази даних потрібно виходити в першу чергу з потреби, яку повинна задовольняти конкретна база даних. Для такого проектування слід використовувати зазначену вище основну класифікацію баз даних та за необхідності інші класифікації, наведені в [15].

### **1.7 Обґрунтування вибору типу та архітектури інформаційної системи**

Інформаційною називається система, призначена для зберігання, пошуку і обробки інформації в сукупності з людськими та технічними ресурсами. Інформаційна система призначена для своєчасного забезпечення спеціалістів належною інформацією, тобто для задоволення конкретних інформаційних потреб в рамках певної предметної області, при цьому результатом функціонування інформаційних систем є інформаційна продукція – документи, інформаційні масиви, бази даних та інформаційні послуги [16].

На сьогодні головним технічним інструментом обробки інформації є персональний комп'ютер. Більшість сучасних інформаційних систем слугують для обробки і перетворення не інформації, а даних. Тому часто їх називають системами обробки даних.

В основу будь-якої інформаційної системи покладено три принципи:

- принцип інтеграції;
- принцип системності;
- принцип комплексності.

Принцип інтеграції полягає в тому, що оброблювані дані, одного разу



введені в систему, багаторазово використовуються для вирішення великої кількості завдань.

Принцип системності полягає в обробці даних в різних аспектах, щоб отримати інформацію, необхідну для прийняття рішень на всіх рівнях управління.

Принцип комплексності полягає в механізації і автоматизації процедур перетворення даних на всіх етапах функціонування інформаційної системи.

Поняття інформаційної системи інтерпретують по-різному. Досить широке розуміння інформаційної системи передбачає, що її невід'ємними компонентами є дані, технічне і програмне забезпечення, а також персонал і організаційні заходи.

Серед вчених в галузі інформатики, найбільш широке визначення інформаційної системи дає М. Р. Когаловський, на думку якого в поняття інформаційної системи крім даних, програм, апаратного забезпечення та людських ресурсів слід також включати комунікаційне обладнання, лінгвістичні засоби та інформаційні ресурси, які в сукупності утворюють систему, що забезпечує підтримку динамічної інформаційної моделі для задоволення інформаційних потреб користувачів.

Більш вузьке розуміння інформаційної системи обмежує її склад даними, програмами та апаратним забезпеченням. Інтеграція цих компонентів дозволяє автоматизувати процеси управління інформацією і цілеспрямованої діяльності кінцевих користувачів, спрямованої на отримання, модифікацію і зберігання інформації [17].

У діяльності організації інформаційна система розглядається як програмне забезпечення, що реалізує ділову стратегію організації. При цьому хорошою практикою є створення і розгортання єдиної корпоративної інформаційної системи, що задовольняє інформаційні потреби всіх співробітників, служб і підрозділів організації. Однак на практиці створення

такої всеосяжної інформаційної системи занадто складно або навіть неможливо, внаслідок чого на підприємстві зазвичай функціонують кілька різних систем, які вирішують окремі групи завдань: управління виробництвом, фінансово-господарська діяльність, електронний документообіг і т.д. Частина завдань буває «покрита» одночасно декількома інформаційними системами, частина завдань – зовсім не автоматизована. Така ситуація отримала назву «клаптикової автоматизації» і є досить типовою для багатьох підприємств [17].

При класифікації інформаційних систем традиційними є такі класифікаційні ознаки:

- класифікація інформаційних систем за архітектурою;
- за ступенем автоматизації;
- за характером обробки даних;
- за сферою застосування;
- за масштабністю.

Розглянемо більш докладніше кожен класифікаційну групу [17]:

1. За ступенем розподіленості (архітектурою) розрізняють:

- настільні (desktop), або локальні інформаційні системи, в яких всі компоненти (БД, СУБД, клієнтські програми) знаходяться на одному комп'ютері;
- розподілені (distributed) інформаційні системи, в яких компоненти розподілені по декількох комп'ютерів.

Розподілені інформаційні системи, в свою чергу, поділяють на:

- файл-серверні інформаційні системи (інформаційні системи з архітектурою «файл-сервер»): база даних знаходиться на файловому сервері, а СУБД і клієнтські програми знаходяться на робочих станціях;
- клієнт-серверні інформаційні системи (інформаційні системи з архітектурою «клієнт-сервер»): база даних і СУБД знаходяться на сервері, а на робочих станціях знаходяться тільки клієнтські програми.

У свою чергу, клієнт-серверні інформаційні системи поділяють на дволанкові і багатоланкові. У дволанкових інформаційних системах всього два типи «ланок»: сервер бази даних, на якому знаходяться БД і СУБД (back-end), і робочі станції, на яких знаходяться клієнтські програми (front-end). Клієнтські програми звертаються до СУБД безпосередньо. У багатоланкових інформаційних системах додаються проміжні «ланки»: сервери додатків (application servers). Призначені для користувача клієнтські програми не звертаються до СУБД безпосередньо, вони взаємодіють з проміжними ланками. Типовий приклад застосування триланкової архітектури – сучасні веб-додатки, що використовують бази даних. У таких додатках крім ланки СУБД і клієнтського ланки, що виконується в веб-браузері, є як мінімум одна проміжна ланка – веб-сервер з відповідним серверним програмним забезпеченням.

2. За ступенем автоматизації інформаційні системи діляться на:

- автоматизовані: інформаційні системи, в яких автоматизація може бути неповною (тобто потрібне постійне втручання персоналу);
- автоматичні: інформаційні системи, в яких автоматизація є повною, тобто втручання персоналу не потрібно або потрібно тільки епізодично.

«Ручні інформаційні системи» ( «без комп'ютера») існувати не можуть, оскільки існуючі визначення вказують на обов'язкову наявність в складі інформаційної системи апаратно-програмних засобів. Тому поняття «автоматизована інформаційна система», «комп'ютерна інформаційна система» і просто «інформаційна система» є синонімами [17].

3. За характером обробки даних інформаційні системи діляться на:

- інформаційно-довідкові, або інформаційно-пошукові інформаційні системи, в яких немає складних алгоритмів обробки даних, а метою системи є пошук і видача інформації в зручному вигляді;
- інформаційні системи обробки даних, або вирішальні інформаційні системи, в яких дані піддаються обробці по складним алгоритмам. До таких

систем в першу чергу відносять автоматизовані системи управління і системи підтримки прийняття рішень.

4. За сферою застосування. Оскільки інформаційні системи створюються для задоволення інформаційних потреб в рамках конкретної предметної області, то кожної предметної області (сфери застосування) відповідає свій тип інформаційні системи. Перераховувати всі ці типи не має сенсу, так як кількість предметних областей велика, але можна вказати в якості прикладу наступні типи інформаційних систем:

- економічна інформаційна система – інформаційна система, призначена для виконання функцій управління на підприємстві;
- медична інформаційна система – інформаційна система, призначена для використання в лікувальному або лікувально-профілактичному закладі;
- географічна інформаційна система – інформаційна система, що забезпечує збір, зберігання, обробку, доступ, відображення і поширення просторово-координованих даних (просторових даних).

5. За охопленням завдань (масштабності):

- персональна ІС призначена для вирішення певного кола завдань одну людину;
- групова ІС орієнтована на колективне використання інформації членами робочої групи або підрозділу;
- корпоративна ІС автоматизує всі бізнес-процеси цілого підприємства (організації) або їх значну частину [18]: досягаючи їх повної інформаційної узгодженості, безбитковості і прозорості. Такі системи іноді називають інформаційними системами підприємства і системами комплексної автоматизації підприємства.

## **1.8 Вибір типу сервера для забезпечення функціонування інформаційної системи**

Поняття «сервер» у комп'ютерній термінології застосовується як до окремого комп'ютера, так і до програмного забезпечення. Суттєвою ознакою в обох випадках є здатність машини чи програми переважну кількість часу працювати автономно, без втручання людини реагуючи на зовнішні події згідно встановленого програмного забезпечення.

Сервер (як комп'ютер) — це комп'ютер у локальній чи глобальній мережі, що забезпечує функціонування мережі, а також всі, або частину її функцій. Сервер (як програма) — програма, що надає деякі послуги іншим програмам (клієнтам).

Зв'язок між клієнтом і сервером зазвичай здійснюється за допомогою передачі повідомлень і використовує певний протокол для кодування запитів клієнта і відповідей сервера. Серверні програми можуть бути встановлені як на серверному, так і на персональному комп'ютері, вони забезпечують виконання певних служб (наприклад, сервер баз даних чи веб-сервер) [19].

Комп'ютер та програми, що встановлені на цьому комп'ютері, здатні розподіляти ресурси (інформаційні, обчислювальні) у відповідь на запити, надіслані у режимі on-line користувачами, і у такий спосіб надавати послуги іншим комп'ютерам мережі (клієнтам). У зв'язку з різноманітністю використовуваної інформації та типів її обробки існують різні види серверів. Основні види серверів та функції, які вони виконують, подано в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Види серверів та їх функціональне призначення

Продовження таблиці 1.2

Розглянемо більш докладно кожен вид серверів [19]:

– файл-сервер — вузол мережі, на якому зберігаються файли даних, доступні всім користувачам. Файл-сервер не бере участі у виконанні додатків. Файл (або його частина) передається на робочу станцію, а після оброблення дані копіюються на файл-сервер. Він може не лише виконувати

основні функції, а й бути засобом для спільного використання периферійних пристроїв. Мережі з файл-сервером мають два основні недоліки. По-перше, не забезпечується одночасний доступ користувачів, який передбачає зміну одних і тих же даних (файл, який редагує один користувач, блокується і стає недоступним для запису іншими). По-друге, за великої кількості запитів до файл-сервера продуктивність мережі знижується;

- сервер бази даних – виконує обслуговування і управління базою даних і відповідає за цілісність і збереження даних, а також забезпечує операції введення-виведення при доступі клієнта до інформації;

- поштовий сервер. Електронна пошта є важливою частиною сучасних комунікацій. Поштові сервери (такі, наприклад, як Microsoft Exchange Server і Sendmail) керують потоком електронних повідомлень, що пересилаються між користувачами комп'ютерних мереж. В більшості випадків поштові сервери схожі на файл-сервери, оскільки електронний лист, як правило, зберігається на сервері. Збереження електронних повідомлень деяким централізованим чином, як, наприклад, на поштовому сервері, дозволяє підвищити безпеку і поліпшити управління електронною кореспонденцією (наприклад, видалення застарілих електронних листів). Різновидом поштового сервера є сервер поштової розсилки, який використовується для створення, управління і обслуговування адресних списків розсилки. Сервери поштової розсилки (наприклад, Majordomo) зазвичай володіють великими можливостями і мають вищу продуктивність, ніж поштові сервери. Сервери поштової розсилки можуть використовуватися для розповсюдження електронних журналів, інформаційних бюлетенів, оновлень продуктів, документів технічної підтримки, розкладів учбових занять, рекламних проспектів, а також дискусійних форумів для клубів і груп, електронних нагадувань і т.д [19];

- факс-сервер. Комп'ютерні мережі рідко існують у вакуумі, і, як правило, існує декілька шляхів доступу в комп'ютерну мережу ззовні. Факси

і комутовані телефонні з'єднання (dial-up) є двома поширеними способами зовнішнього з'єднання з комп'ютерною мережею. Факс-сервер (наприклад, FaxMaker) управляє вихідним трафіком факсиміле, що входить, за допомогою однієї або декількох факс-модемних карт, дозволяючи користувачам комп'ютерної мережі відправляти і отримувати повідомлення факсиміле без використання власних пристроїв факсиміле;

- сервер друку – мережевий пристрій (комп'ютер), який дає змогу підключати кілька принтерів для створення єдиного вузла друку та сортування документів у разі великого документообігу;

- комунікаційні сервери керують передачею масивів даних і електронних повідомлень між комп'ютерною мережею і іншими комп'ютерними мережами, великими ЕОМ або віддаленими користувачами, які встановлюють з'єднання з цими серверами за допомогою модему і телефонної лінії. Наприклад, за допомогою комунікаційного сервера користувач комп'ютерної мережі може отримувати доступ в Інтернет [19].

Після аналізу вищезазначеної інформації можна зробити висновок, що для реалізації комп'ютеризованої системи моніторингу та прогнозування якості джерел водопостачання потрібно використати сервер бази даних. В більшості випадків, сервер бази даних є сервер, на якому встановлена система управління базою даних (СУБД, Database management system, DBMS) на основі мови SQL (Structured Query Language – мова структурованих запитів). Клієнтський комп'ютер посилає свій SQL-запит на сервер бази даних, який, у свою чергу, звертається в наявну базу даних для обробки цього запиту, а потім повертає результати обробки на клієнтський комп'ютер. У визначенні “сервер бази даних” термін “сервер” може відноситися як до самого комп'ютера, використовуваного як цей сервер, так і до програмного забезпечення СУБД, як, наприклад, пакет Microsoft SQL Server.

## 1.9 Постановка задачі магістерської дисертації

Проведений аналіз показав, що на сьогоднішній день організації, що займаються питаннями моніторингу якості водних ресурсів України, функціонують окремо одна від одної. Кожна організація має свою систему зберігання інформації; постійно витрачаються кошти на підтримку функціонування таких систем та розробку нових кожною організацією окремо.

При цьому доступ до даних однієї організації є обмеженим для інших, і отримання таких даних в оперативному режимі істотно ускладнюється. Штатні лабораторії часто не мають потужних інструментів аналізу даних і постійного зберігання та обробки даних, тому потрібно розробити універсальну систему з швидким доступом до інформації, що полегшить аналіз в незвичайних ситуаціях.

Проведений аналіз показав, що при розробці такої системи доцільно застосувати технологію хмарних сервісів. Тому метою даної роботи є створення універсальної комп'ютерно-інтегрованої системи для централізованого зберігання, оперативного доступу та подальшого аналізу даних.

Об'єктом дослідження є процес проектування комп'ютерно-інтегрованої системи моніторингу та прогнозування якості водних об'єктів.

Предметом дослідження комп'ютерно-інтегрована система моніторингу та прогнозування якості води системи водопостачання другого контуру атомної електростанції з реактором ВВЕР-1000.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні задачі:

1. Провести огляд відомих підходів та методів проектування інформаційних систем, які використовуються чи можуть бути використані для створення систем обробки даних спостереження якості водних об'єктів



та проаналізувати основні проблеми, які виникають під час проектування таких систем з використанням сучасних інформаційних технологій.

2. Спроекувати та розробити універсальну комп'ютерно-інтегровану систему, яка дозволить виконувати централізоване зберігання та надаватиме можливість оперативного доступу і подальшого аналізу даних про стан джерел водопостачання і користування якою не вимагатимуть від оператора спеціальних знань в галузі програмування та сучасних інформаційних технологій.

3. Розробити узагальнену структуру бази даних для роботи з водним об'єктом і адаптувати її для обраного водного об'єкту – системи водопостачання другого контуру атомної електростанції з реактором ВВЕР-1000.

4. Створити алгоритмічне та програмне забезпечення для застосування запропонованої системи обробки даних спостереження якості водних об'єктів.

5. Розробити та випробувати комп'ютерно-інтегровану систему моніторингу та прогнозування якості води в системі водопостачання другого контуру атомної електростанції з реактором ВВЕР-1000.

### **1.10 Висновки до розділу 1**

Проаналізовані показники, за якими визначається якість водних об'єктів.

Проведений аналіз існуючих інформаційних систем, що використовуються для моніторингу водних об'єктів показав, що на сьогоднішній день немає універсальної інформаційної системи, яка задовольнила б потребу централізованого зберігання, оперативного доступу та аналізу даних про якість водних об'єктів. Тому виникає необхідність створення такої інформаційної системи, котра б задовольняла вказаним

вимогам.

Обґрунтовано вибір структуру інформаційної системи, обрано тип серверу, що забезпечує роботу інформаційної системи відповідно до принципів хмарних технологій.

Показано, що найважливішою складовою для нормального функціонування є база даних, тому проаналізовано особливості побудови та обґрунтований вибір структури бази даних.

## 2 РОЗРОБКА СТРУКТУРИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

### 2.1 Вибір та проектування структури інформаційної системи та підсистем

Одним з основних властивостей інформаційних систем є подільність на підсистеми, яка має переваги з точки зору її розробки і експлуатації:

- спрощення розробки та модернізації інформаційної системи в результаті спеціалізації груп проектувальників по підсистемах;
- спрощення впровадження та постачання готових підсистем у відповідності з черговістю виконання робіт;
- спрощення експлуатації інформаційної системи внаслідок спеціалізації предметної області.

Як правило, виділяють функціональні та забезпечуючі підсистеми. Однак в якості третьої підсистеми часто виділяють також і організаційну підсистему. В її завдання входять [20]:

- визначення порядку розробки і впровадження інформаційної системи, її організаційної структури, складу працівників;
- регламентація процесу створення і експлуатації інформаційної системи та ін.

Для опису структури інформаційної системи використовується поняття функціональної підсистеми.

Функціональні підсистеми реалізують і підтримують моделі, методи і алгоритми отримання інформації. Склад функціональних підсистем дуже різноманітний і залежить від предметної області використання інформаційної системи, специфіки господарської діяльності об'єкта, управління.

Функціональні підсистеми інформаційної системи обслуговують певні види діяльності об'єкта моніторингу (в даному випадку системи водопостачання другого контуру атомної електростанції), характерні для

його структурних підрозділів та (або) функцій управління.

Інтеграція функціональних підсистем в єдину систему досягається за рахунок створення і забезпечуючих підсистем, таких як:

- інформаційна;
- технічна;
- програмна;
- математична;
- лінгвістична.

Розглянемо більш детально кожен з приведених вище підсистем та їх призначення в функціонуванні інформаційної системи в цілому [20]:

– інформаційне забезпечення – методи і засоби побудови інформаційної бази системи, що включає системи класифікації та кодування інформації, уніфіковані системи документів, схеми інформаційних потоків, принципи і методи створення баз даних;

– технічне забезпечення – комплекс технічних засобів, задіяних в технологічному процесі перетворення інформації в системі. В першу чергу це обчислювальні машини, периферійне устаткування, апаратура і канали передачі даних;

– програмне забезпечення включає в себе сукупність програм регулярного застосування, необхідних для вирішення функціональних завдань, і програм, що дозволяють найбільш ефективно використовувати обчислювальну техніку, забезпечуючи користувачам найбільш зручності в роботі;

– математичне забезпечення – сукупність математичних методів, моделей і алгоритмів обробки інформації, що використовуються в системі;

– лінгвістичне забезпечення – сукупність мовних засобів, що використовуються в системі з метою підвищення якості її розробки та полегшення спілкування людини з машиною [20].

Також окремо виділяють організаційні підсистеми, які по суті

відносяться також до забезпечує підсистемам, але спрямовані в першу чергу на забезпечення ефективної роботи персоналу, і тому вони можуть бути виділені окремо.

До організаційних підсистем інформаційної системи відносяться:

- кадрове забезпечення – склад фахівців, що беруть участь в створенні і роботі системи, штатний розклад і функціональні обов'язки. Кадрове забезпечення представлене програмістами, адміністраторами та операторами клієнтських станцій.

- ергономічне забезпечення – сукупність методів і засобів, що використовуються при розробці та функціонуванні інформаційної системи, що створюють оптимальні умови для діяльності персоналу, для якнайшвидшого освоєння системи; До ергономічного забезпечення відносимо стільці, столи, кондиціонери.

- правове забезпечення – сукупність правових норм, що регламентують створення та функціонування інформаційної системи, порядок отримання, перетворення і використання інформації;

- організаційне забезпечення – комплекс рішень, що регламентують процеси створення і функціонування як системи в цілому, так і її персоналу.

Схематично склад інформаційної системи зображено на рисунку 2.1.

Розглянемо принципи побудови функціональних підсистем та визначимо, за яким принципом доцільно формувати функціональні підсистеми для інформаційної системи моніторингу якості водних об'єктів [21].

Інформаційні системи можуть будуватися за різними принципами, а саме:

- предметним;
- функціональним;
- проблемним;
- змішаним (предметно-функціональним).

## Рисунок 2.1 – Розподіл інформаційної системи на підсистеми

Предметний принцип використання інформаційної системи в господарських процесах промислового підприємства визначає підсистеми управління виробничими і фінансовими ресурсами: матеріально-технічним постачанням; виробництвом готової продукції; збутом готової продукції; фінансами. В підсистемах розглядається рішення задач на всіх рівнях управління з забезпеченням інтеграції інформаційних потоків по вертикалі.

Для реалізації функцій управління виділяють функціональні підсистеми, які реалізуються на різних рівнях управління і об'єднані в наступні контури управління (маркетинг, виробництво, логістика, фінанси):

- прогнозування;
- нормування;
- планування (техніко-економічне обґрунтування та оперативне);
- облік;
- аналіз;
- регулювання.

Проблемний принцип формування підсистем відображає необхідність гнучкого і оперативного прийняття управлінських рішень за окремими проблемами в рамках системи прийняття рішень. Як бачимо, для створення інформаційної системи моніторингу якості водних об'єктів доцільно використати саме проблемний принцип формування підсистем.

Розглянемо функціональну структуру інформаційної системи. Функціональна структура інформаційної системи – це перелік функцій (завдань), які виконує інформаційна система, та відображення впорядкованості цих завдань. Під функцією інформаційної системи розуміється коло дій інформаційної системи, що спрямовані на досягнення приватної мети управління. Функцій, що реалізуються в інформаційною системою, розподіляються на інформаційні та керуючі функції [20]. На

рисунку 2.2 схематично зображено функціональну структуру інформаційної системи моніторингу якості водних об'єктів.

Рисунок 2.2 – Функціональна структура комп'ютерно-інтегрованої системи моніторингу та прогнозування якості водних об'єктів

До інформаційних функцій спроектованої інформаційної системи відносяться наступні:

- функції централізованого контролю: отримання вимірних значень параметрів (позиція 1 на рисунку 2.2);
- обчислювальні і логічні операції: вимірювання відхилень поточних значень параметрів від заданих значень (позиція 2 на рисунку 2.2), обмін інформацією з іншими системами (API, звіти) (позиція 3 на рисунку 2.2);
- керуючі функції: пошук і рекомендації щодо прийняття оперативних рішень (позиція 4 на рисунку 2.2).

Інформаційне забезпечення – це сукупність засобів і методів побудови інформаційної бази. Воно визначає способи і форми відображення стану об'єкта управління у вигляді даних всередині інформаційної системи, документів, графіків і сигналів поза інформаційною системою. Інформаційне забезпечення поділяють на зовнішнє і внутрішнє [21]. На рисунку 2.3 схематично зображено структуру інформаційного забезпечення.

Рисунок 2.3 – Структура інформаційного забезпечення інформаційної системи в загальному вигляді

Користуючись наведеною вище схемою, представимо інформаційну структуру комп'ютерно-інтегрованої системи для моніторингу та прогнозування якості водних об'єктів.

До внутрішнього інформаційного забезпечення відносяться:

- вхідні сигнали та дані – поточні значення показників якості водного режиму другого контуру атомної електростанції, що надходять від датчиків, та попередні значення показників якості, які зберігаються в базі даних;
- проміжні інформаційні масиви – вибірки, що формуються

оператором клієнтської станції для аналізу та оцінки стану даного водного об'єкту;

- вихідні сигнали і документи – звіти, які завантажуються оператором клієнтської станції на його персональний комп'ютер для подальшого опрацювання.

До зовнішнього інформаційного забезпечення спроектованої комп'ютерно-інтегрованої системи відносяться:

- нормативно-довідкова інформація – таблиця рекомендацій, до якої відбувається звертання системи в разі, коли поточні значення одного чи кількох показників якості не відповідають нормативним значенням цих показників;

- оперативна інформація – вибірка рекомендацій, що формується системою по конкретному випадку порушення штатного режиму функціонування системи водопостачання другого контуру атомної електростанції.

Тоді наведену на рисунку 2.3 схему можна специфікувати наступним чином (рисунок 2.4):

Рисунок 2.4 – Структура інформаційного забезпечення комп'ютерно-інтегрованої системи моніторингу та прогнозування якості водних об'єктів

Математичне забезпечення складається з алгоритмічного і програмного забезпечення. Алгоритмічне забезпечення являє собою сукупність алгоритмів, які використовуються в системі для вирішення завдань і обробки інформації. Програмне забезпечення складається [21]:

- із загального ПО (ОС, транслятори, тести і діагностика та ін., тобто все те, що забезпечує роботу апаратних пристроїв);

- спеціального ПО (прикладне ПО, що забезпечує автоматизацію процесів управління в заданій предметній області).

Схематично математичне забезпечення зображено на рисунку 2.5.



Рисунок 2.5 – Структура математичного забезпечення інформаційної системи  
в загальному вигляді

В якості загального програмного забезпечення даної інформаційної системи виступає операційна система серверу бази даних та запитів на базі системи Linux, інтерпретатор мови програмування Python та серверне програмне забезпечення бази даних PostgreSQL.

Спеціальне програмне забезпечення представлено програмним додатком, написаним мовою Python в поєднанні з фреймворком web.py.

Алгоритмічне забезпечення комп'ютерно-інтегрованої системи для моніторингу та прогнозування якості водних об'єктів являє собою алгоритм обробки даних, приведений на рисунку 2.6.

Рисунок 2.6 – Алгоритм обробки даних якості води комп'ютерно-інтегрованою системою моніторингу та прогнозування якості водних об'єктів

Технічне забезпечення інформаційної системи складається з пристроїв [21]:

- вимірювання – вимірювання показників якості водного об'єкту, а саме системи водопостачання другого контуру атомної електростанції, відбувається з допомогою датчиків, що встановлені в певних ділянках та точках відбору проб;

- перетворення – первинний сигнал перетворюється з допомогою вбудованих перетворювачів в сигнал, сумісний для передачі в мережу ModBus, RS-485, тощо;

- передачі – адаптовані сигнали передаються до серверу бази даних через мережу ModBus, RS-485, тощо;

- зберігання – сервер бази даних, що обладнаний сумісним мережевим адаптером для шини ModBus, RS-485, тощо, з певним інтервалом часу сканує всі значення, отримані від всіх датчиків, та зберігає ці значення у відповідній таблиці бази даних;

- обробки – сервер бази даних під'єднаний до серверу запитів, який в свою чергу під'єднаний до клієнтської мережі Ethernet підприємства. Сервер запитів слугує посередником між віддаленим сервером бази даних та клієнтськими станціями та призначений для формування запитів в зручному для оператора форматі та видачі звітів на їх основі;

- відображення – для відображення необхідних даних система підтримує роботу через web-інтерфейс.

Технічне забезпечення комп'ютерно-інтегрованої системи для моніторингу та прогнозування якості водних об'єктів схематично зображено на рисунку 2.7.

Рисунок 2.7 – Технічне забезпечення комп'ютерно-інтегрованої системи для моніторингу та прогнозування якості водних об'єктів

Технологічне забезпечення (Electronic Data Processing – EDP) інформаційної системи відповідає поділу інформаційної системи на підсистеми за технологічними етапами обробки різних видів інформації [21]:

Технологічне забезпечення розвинених інформаційних систем включає в себе наступні підсистеми:

- OLTP – оперативної обробки даних транзакційного типу, яка забезпечує високу швидкість перетворення великого числа транзакцій, орієнтованих на фіксовані алгоритми пошуку і обробки інформації БД;

- OLAP – оперативний аналіз даних для підтримки прийняття управлінського рішення [21].

Технології OLAP забезпечують:

- аналіз і моделювання даних в оперативному режимі;
- роботу з предметно-орієнтованими сховищами даних;
- реалізацію запитів довільного виду.

Можна зробити висновок, що спроектована інформаційна система

містить в собі підсистему обробки даних OLAP стандарту.

## 2.2 Висновки до розділу 2

Запропоновано структуру інформаційної системи для моніторингу та прогнозування якості водних об'єктів.

Показано, що для якісної роботи інформаційна система повинна включати в себе наступні підсистеми:

- інформаційну;
- технічну;
- програмну;
- математичну;
- лінгвістичну.

Було розглянуто складові інформаційного забезпечення комп'ютерно-інтегрованої системи та визначено, які інформаційні множини виступають в якості внутрішнього та зовнішнього інформаційного забезпечення, визначено вхідні та вихідні сигнали, тощо.

Були розроблені алгоритми вирішення завдань та обробки інформації системою, які були включені до складу математичного забезпечення.

Визначені складові технічного забезпечення системи та їх призначення. Виділено пристрої вимірювання, перетворення, передачі, зберігання, обробки та відображення інформації, приведена схема технічного забезпечення комп'ютерно-інтегрованої системи.

### **3 СИСТЕМА ОХОЛОДЖЕННЯ ДРУГОГО КОНТУРУ АТОМНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ЯК ОБ'ЄКТ ДЛЯ АПРОБАЦІЇ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ**

#### **3.1 Система водопостачання другого контуру атомної електростанції в якості водного об'єкту**

Апробація створеної системи відбувалась на основі реального функціонуючого водного об'єкту, в якості якого було обрано систему водопостачання другого контуру атомної електростанції.

Атомні станції – це об'єкти, гарантування стабільної роботи яких є надважливою задачею. Велику роль в безпечному функціонуванні атомних станцій відіграє якість води, що використовується як теплоносій першого контуру, вода басейну витримки палива, підживлювальна вода та ін. Показники якості води, яку використовують для роботи атомних станцій, повинні задовольняти вимогам, що вказані у роботі [13], який визначає норми якості теплоносія другого контуру, води басейну витримки палива і басейну перевантаження при нормальній експлуатації для наступних станів реакторної установки:

1. «Холодне зупинення».
2. «Гаряче зупинення».
3. «Напівгаряче зупинення».
4. «Мінімально контрольований рівень потужності».
5. «Робота на потужності».
6. «Зупинення для випробувань».
7. «Зупинення для ремонту».
8. «Перевантаження палива».

При цьому порушенням водно-хімічного режиму вважають [13]:

– відхилення нормованих показників якості теплоносія від діапазону

допустимих значень в межах першого і другого рівнів, не усунені протягом встановленого для кожного рівня часу;

- встановлені перевищення при роботі енергоблоку на потужності за сумарною тривалістю відхилень нормованих показників в межах першого рівня (більше тридцяти діб) і в межах другого рівня (більше п'яти діб) за паливну компанію;

- досягнення одним або декількома нормованими показниками якості теплоносія третього рівня;

- відхилення діагностичних показників від контрольних рівнів не усунені протягом встановленого часу.

Основними причинами і джерелами надходження забруднень в теплоносій першого контуру є [13]:

- чистий конденсат і ХОВ, використовувані для проведення водообміну, приготування розчинів, що містять бор і розчинів регенерації, відмивання іонообмінних матеріалів;

- розчини ємностей систем безпеки;

- продукти деструкції іонообмінних матеріалів;

- розчини регенерації і відмивні води іонообмінних установок при порушенні технології регенерації;

- розчини, що дезактивують, при порушенні технології дезактивації;

- домішки в реагентах, вживаних для корекції ВХР;

- продукти корозії конструкційних матеріалів устаткування і трубопроводів першого контуру;

- протікання масел через нещільність системи мастила;

- вода басейнів витримки і перевантаження палива.

Для кожного зі станів реакторної установки («Холодне зупинення», «Гаряче зупинення», «Робота на потужності» та ін.) висувають окремі вимоги до якості теплоносія. Повний перелік показників якості теплоносія вищезазначених станів вказано в Додатку Б.

Енергоблоки з реакторами ВВЕР-1000 мають прийнятний з погляду сучасних понять рівень безпеки. У конструкцію реакторних установок, конфігурацію й склад устаткування систем безпеки, паливний цикл, технології й системи обігу з радіоактивними відходами, експлуатаційні регламенти вносяться вдосконалення, які дозволяють атомним станціям задовольняти вимогам по безпеці та показникам економічності, що постійно підвищуються. Закладені в проекти АЕС із ВВЕР-1000 рішення, тривалий досвід їх безаварійної роботи, удосконалення конструкцій, дослідження з ядерного палива й теплофізиці процесів дозволили ухвалити рішення щодо можливості експлуатації даного типу енергоблоків на підвищеному до 104% рівні потужності [22].

Технологічна схема енергоблоку з реактором ВВЕР-1000 має два контури. Перший контур є радіоактивним. Він містить у собі реактор типу ВВЕР і циркуляційні петлі охолодження. Кожна петля містить головний циркуляційний насос (ГЦН), парогенератор і дві головні запірні засувки (ГЗЗ). До однієї із циркуляційних петель першого контуру приєднаний компенсатор тиску, за допомогою якого в контурі підтримується заданий тиск води, що є в реакторі одночасно й теплоносієм і сповільнювачем нейтронів.

Даний контур установки призначений для відводу тепла, що виділяється в реакторі, і передачі його в другий контур у парогенератор. Також до складу першого контуру входять: система підживлення й очищення контуру, система аварійного охолодження активної зони (САОЗ), організовані витоки й дренаж спецводоочищення.

Технічний контроль параметрів стану устаткування й трубопроводів, керування й захисту устаткування від пошкоджень при порушенні в роботі першого контуру, а також інших контурів і систем установки здійснюється системою контролю, керування й захисту [22].

Другий контур – нерадіоактивний. Він містить у собі парогенератори,

паропроводи, парові турбіни, сепаратори-пароперегрівники, живильні насоси й трубопроводи, деаератори й регенеративні підігрівники. Парогенератор є загальним устаткуванням для першого та другого контурів. У ньому теплова енергія, вироблена в реакторі, від першого контуру через теплообмінні трубки передається другому контуру.

Принципова технологічна схема другого контуру реактора ВВЕР-1000 представлена на рисунку 3.1. Гарячий теплоносій першого контуру поступає в парогенератор (ПГ), де віддає тепло воді другого контуру. Потім головним циркуляційним насосом подається назад в реактор. Одночасно частина теплоносія з першого контуру постійно подається на установку спецводоочищення (СВО). До складу СВО-1 входять механічні фільтри, до складу СВО-2 – іонообмінні. Далі теплоносій повертається в перший контур. У парогенераторі вода нагрівається за рахунок тепла води першого контуру і випаровується. Перетворена на пару вона подається на турбіну, яка перетворює механічну енергію на електричну. Потім пара з турбіни конденсується у конденсаторі (К) і конденсатним електронасосом першого ступеня (КЕН-1) подається на блочну знесолюючу установку (БЗУ), до складу якої входять іонообмінні фільтри змішаної дії. Конденсатний насос другого ступеня (КЕН-2) подає його на підігрівач низького тиску (ПНТ) [22].

У деаераторі другого контуру (Д) вода звільняється від домішок кисню і вуглекислого газу, нагрівається в підігрівачі високого тиску (ПВТ) і живильними насосами другого контуру подається до парогенератора. Частина води із парогенератора постійно проходить очищення на СВО-5 і вода, що очищається, поступає в конденсатор. Для поповнення робочого середовища організовано підживлення очищеною водою до 0,005 мкг/дм<sup>3</sup>. Разом із цим підживленням у воду другого контуру поступають домішки різних солей, у тому числі і такі, які можуть утворювати накип на стінках устаткування [22].

У системі охолодження конденсаторів турбін на АЕС

використовуються баштові градирні й водоймище-охолоджувач.

Обладнання АЕС працює за високих теплових навантажень, тому велика увага в цій галузі приділяється якості води – її схильності до утворення відкладань і корозійної активності. Тому забезпечення високої якості водних теплоносіїв АЕС є найважливішим завданням. Використання води належної якості спрощує також вирішення задач одержання чистої пари, мінімізації швидкостей корозії конструкційних матеріалів котлів, турбін та устаткування конденсатно-живильного тракту. Якість обробки води на АЕС тісно пов'язане з надійністю й економічністю їх роботи. Основні позначення та характеристики паровідборів наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Основні позначення та характеристики паровідборів  
Продовження таблиці 3.1

### **3.2 Водно-хімічний режим другого контуру атомних електростанцій з реакторами типу ВВЕР-1000**

Водно-хімічний режим (ВХР) другого контуру повинен забезпечувати: мінімальну кількість відкладень на теплообмінній поверхні ПГ, в проточній частині турбін і в конденсатно-живильному тракті; запобігання корозійним і корозійно-ерозійним пошкодженням конструкційних матеріалів ПГ, устаткування і трубопроводів другого контуру; мінімально досяжний об'єм скидань з концентрацією домішок, що містяться в них, що не перевищує гранично допустимі концентрації для водоймищ [23].

Для другого контуру енергоблоків ХАЕС передбачається підтримка ВХР із корекційною обробкою робочого середовища гідразин-гідратом, при необхідності, аміаком, морфоліном, гідроксидом літію.



Допускається застосування перспективних режимів, інших корегуючих хімічних реагентів за технічним рішенням і програмою, погодженою та затвердженою в установленому порядку [23].

### **3.2.1 Технічні вимоги до якості робочого середовища другого контуру АЕС**

Норми якості робочого середовища встановлюють гранично допустимий рівень забруднень, що впливають на надійність та економічність роботи устаткування другого контуру, а також вимоги до систем очистки робочого середовища при різних режимах експлуатації енергоблоку.

Норми якості робочого середовища встановлюються для наступних режимів [23]:

- проведення гідравлічних випробувань ПГ;
- пуск енергоблоку після зупину;
- експлуатація енергоблоку на мінімально-контрольованому рівні (МКР) потужності;
- експлуатація енергоблоку на енергетичних рівнях потужності не більше 35% номінальної потужності;
- експлуатація енергоблоку на енергетичних рівнях потужності більше 35% номінальної потужності;
- в період зниження потужності і розхолоджуванні енергоблоку.

Якість живильної води ПГ і продувної води "сольового" відсіку ПГ у період пусків енергоблоку після зупинки, при роботі енергоблоку на МКР і у перші 5 діб роботи при потужності повинно відповідати нормам, зазначеним у Додатку В (таблиця В.1) [23].

Якість води для заповнення ПГ і проведення гідравлічних випробувань ПГ, а також живильної води ПГ, продувної води "сольового" відсіку ПГ і конденсату турбіни в період зниження потужності та

розхолодження енергоблоку повинна відповідати нормам, приведеним у Додатку В (таблиця В.2).

При роботі енергоблоку на потужності менше або рівної 35% номінальної допускається в продувній воді ПГ протягом не більш як 30 діб, при дотриманні нормованої якості живильної води, зміна величини рН, збільшення масової концентрації хлорид-іонів, сульфат-іонів, натрію та питомої електропровідності за межі значень, що вказані у Додатку В (таблиця В.2).

Норми ВХР при експлуатації енергоблоку при потужності включають нормовані та діагностичні показники якості робочого середовища і передбачають три рівня дій у випадку відхилення нормованих показників якості (експлуатаційна межа), при досягненні яких енергоблок має бути зупинений [23].

Проектний ресурс безпечної експлуатації устаткування та трубопроводів другого контуру без зниження економічності забезпечується дотриманням нормованих показників якості робочих середовищ, а також не перевищенням встановлених рівнів дії та експлуатаційних меж.

Вимоги до якості робочого середовища при експлуатації енергоблоку при потужності в стаціонарному режимі наведені в додатку В (таблиця В.2).

### **3.2.2 Системи та методи забезпечення ВХР другого контуру**

Системи забезпечення ВХР повинні забезпечувати якість робочого середовища другого контуру згідно встановлених норм.

До систем забезпечення водно-хімічного режиму відносяться [23]:

- хімводоочистка;
- системи конденсації і деаерації;
- система очистки турбінного конденсату;
- система продувки та система очистки продувної води

парогенераторів;

- система дозування реагентів для корекційної обробки.

Система дозування реагентів для корекційної обробки призначена для підтримки в оптимальних межах корегуючих хімічних добавок і необхідних значень рН для конструкційних матеріалів з метою досягнення мінімальної швидкості корозії поверхонь трубопроводів та обладнання другого контуру і запобігає утворенню відкладень на трубках та інших елементах парогенераторів.

Введення корегуючих реагентів виконується за допомогою гідразино-аміачної установки, що забезпечує необхідну концентрацію гідразину  $\geq 40$  мкг/дм<sup>3</sup> в живильній воді при гідразиновому режимі, морфоліну – 2-10 мг/дм<sup>3</sup> при морфоліновому режимі [23].

Методи забезпечення ВХР включають:

- післямонтажні і передпускові відмивки устаткування;
- корекційна обробка робочого середовища;
- хімічні очистки парогенераторів;
- консервація устаткування на період зупину.

Для видалення із змонтованого устаткування механічних забруднень і продуктів корозії, що утворились на поверхні конструкційних матеріалів в період зберігання та підготовки до пуску проводяться повузлові післямонтажні промивки устаткування другого контуру. Парогенератор в схему промивки не включається. Післямонтажні промивки проводяться знесоленою водою.

При веденні морфолінового режиму в ході передпускової промивки вода другого контуру оброблюється морфоліном та гідрaziном. Масова концентрація морфоліну при цьому повинна підтримуватись в межах 5-10 мг/дм<sup>3</sup>, а гідразину – не більше 20 мкг/дм<sup>3</sup> [23].

З метою підтримки нормованого значення рН живильної води проводиться корекційна обробка робочого середовища шляхом дозування

гідразин-гідрату та, при необхідності, аміаку, гідроксиду літія [23].

Вибір корегуючих реагентів із числа дозволених проводиться для кожного енергоблоку із врахуванням складу конструкційних матеріалів другого контуру, корозійного стану устаткування, якості охолоджуючої води, іонного співвідношення домішок у теплоносії при безумовному дотриманні вимог щодо якості теплоносія.

Хімічні промивки ПГ проводяться з метою видалення відкладень та шламу із теплообмінних поверхонь трубного пучка, корпусу ПГ та із продувних ліній по розробленій на ХАЕС програмі, що погоджена в установленому порядку [23].

Перед зупином енергоблоку на термін більше 3-х діб протягом 24-48 годин проводиться консервація та пасивація устаткування шляхом: обробки робочого середовища гідразин-гідратом із підтримкою його концентрації у живильній воді не менше  $500 \text{ мкг/дм}^3$ , але не більше  $1000 \text{ мкг/дм}^3$  при гідразиновому режимі; обробки робочого середовища морфоліном та гідразин-гідратом із підтримкою у живильній воді масової концентрації морфоліну не менше  $5 \text{ мг/дм}^3$ , але не більше  $10 \text{ мг/дм}^3$  і масової концентрації гідразин-гідрату не нижче трикратної масової концентрації кисню – при морфоліновому режимі.

### **3.2.3 Хімічний контроль якості робочого середовища другого контуру**

Система хімічного контролю призначена для отримання оперативної інформації про стан ВХР другого контуру з метою підтримування установлених значень показників робочого середовища при експлуатації енергоблоків [24]. Система хімічного контролю включає:

- систему автоматизованого хімічного контролю (АХК);
- систему лабораторного хімічного контролю (ЛХК).

Система АХК призначена для безперервного збору даних про перебіг найбільш важливих водно-хімічних процесів в пароводяному тракті другого контуру з метою виявлення порушень ВХР та швидкого оперативного втручання у відповідні технологічні процеси. Система АХК та система автоматичного регулювання (САР) виконується на базі серійних засобів та приладів, системи уніфікованої підготовки проби (СУПП), включаючи систему реєстрації показань ВХР і сигналізації відхилень від нормованих значень [24]. Об'єм автоматичного хімічного контролю ВХР другого контуру ХАЕС другого блоку наведений у Додатку В (таблиця В.1).

Для організації ЛХК передбачена експрес-лабораторія, яка включає в себе аналітичну кімнату, щит хімічного контролю та кімнату підготовки і відбору проб. Змінний лаборант веде періодичний контроль нормованих та контрольованих показників ВХР другого контуру у відповідності до регламенту лабораторного хімічного контролю ВХР [24].

Хімічний цех у складі оперативної зміни здійснює виконання хімічних аналізів по контролю стану ВХР другого контуру, контроль за роботою БЗУ. За отриманими результатами проводять корекційну обробку води другого контуру. При відхиленні від норм ВХР забезпечує необхідний об'єм контролю щодо пошуку джерела порушень ВХР.

Характерні порушення ВХР другого контуру та методи їх усунення представлені у Додатку В (таблиця В.2).

### **3.3 Висновки до розділу 3**

Проаналізовано особливості системи охолодження другого контуру атомної електростанції з реактором типу ВВЕР-1000 для застосування її в якості водного об'єкту в запропонованій системі моніторингу та прогнозування якості водних об'єктів.

Розглянуто водно-хімічний режим другого контуру та технічні вимоги

до якості робочого середовища другого контуру електростанції с реактором типу ВВЕР-1000. На основі цих вимог була сформована рекомендаційна інформація, яка використана в подальшому для коректного прийняття управлінських рішень щодо нормалізації водно-хімічного режиму системи водопостачання другого контуру атомної електростанції.

## **4 РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЯКОСТІ ДЖЕРЕЛ ВОДОПОСТАЧАННЯ**

### **4.1 Розробка структури інформаційної системи моніторингу та прогнозування якості водних ресурсів**

Проведемо характеристику розробленої комп'ютерно-інтегрованої системи для моніторингу та прогнозування якості води, користуючись розглянутими в розділі 1 класифікаційними ознаками:

1. За ступенем розподіленості (архітектурою) розроблена комп'ютерно-інтегрована система є розподіленою, так як компоненти даної інформаційної системи розподілені по декількох комп'ютерах. Ця система має клієнт-серверну архітектуру, тому що база даних і СУБД знаходяться на віддаленому сервері, а на робочих станціях знаходяться лише клієнтські додатки. Система є багатоланковою, тому що існують сервери додатків, звертаються до СУБД, а саме веб-сервер з програмним забезпеченням.

2. За ступенем автоматизації система є автоматичною: після її налаштування для коректної роботи втручання персоналу відбувається лише частково, а саме при потребі виконати додатковий імпорт інформації в базу даних.

3. За характером обробки даних розроблена система є перехідною ланкою між інформаційно-довідковою та інформаційною системою обробки даних, тому що вона призначена не лише для пошук і видачі інформації в зручному вигляді, але й для обробки даних і генеруванні рекомендаційної інформації для обслуговуючого персоналу.

4. За сферою застосування розроблена комп'ютерно-інтегрована система є інформаційною системою для екологічного моніторингу.

5. За масштабністю інформаційна система є груповою, так як вона орієнтована на її використання спеціалістами робочої групи конкретної

ділянки підприємства, а саме системи водопостачання другого контуру атомної електростанції.

Модель обчислювального середовища побудована згідно клієнт-серверної архітектури. На рисунку 4.1 схематично зображена система, побудована на основі клієнт-серверної архітектури.

Рисунок 4.1 – Схема мережі з клієнт-серверною архітектурою

Цей тип архітектури має ряд переваг при використанні, а саме дозволяє організовувати мережі з великою кількістю робочих станцій, забезпечує централізоване управління обліковими записами користувачів, безпекою та доступом, спрощує мережне адміністрування, надає ефективний доступ до мережних ресурсів. При використанні саме клієнт-серверної архітектури користувачеві потрібен один пароль для входу в мережу і для отримання доступу до всіх ресурсів, на які поширюються права користувача.

Спроектowana модель хмарних обчислень описується наступним алгоритмом. Дані від датчиків об'єкту керування через шину інформаційно-обчислювальної системи (ModBus, RS-485, тощо) поступають на сервер та записуються в БД (рисунок 4.2). В дослідній лабораторії знаходиться комп'ютер, що має доступ до серверу (через локальну мережу або VPN). Основна програмна вимога до клієнтського комп'ютера – наявність WEB-переглядача. Для отримання результатів на основі даних сервера користувач з допомогою WEB-клієнта подає запити на сервер. Програмне середовище серверу (Python+Web.py) звертається до БД для виконання обробки та отримання результатів по запиту. Результат повертається на клієнтську станцію та відображається на WEB-клієнті.

Рисунок 4.2 – Структура інформаційно-обчислювальної системи

Отриманий результат можна завантажити на клієнтський комп'ютер у вигляді звіту, що являє собою файл в форматі .XLS або .CSV.



Програмне забезпечення клієнтської станції, а саме користувацький інтерфейс, реалізовано мовою програмування Python в поєднанні з високорівневим відкритим Python-фреймворком Web.Py для розробки веб-систем. База даних реалізована на основі об'єктно-реляційної системи керування базами даних PostgreSQL. Використання вищезазначених технічних засобів дає можливість задовольнити всі потреби в реалізації обчислювального середовища та підтримки його функціонування в подальшому.

Для реалізації даної моделі необхідні технічні ресурси, що відповідають наступним вимогам:

Клієнтська станція:

- процесор: P4 2,5 МГц;
- оперативна пам'ять: 1 Гб;
- жорсткий диск: 20 Гб;
- операційна система: Windows XP.

Мережа:

- швидкість вхідного каналу – від 512 Кбіт/с;
- швидкість вихідного каналу – від 512 Кбіт/с.

Віддалений сервер:

- процесор (сімейство): Intel Core i5 або Intel Xeon E3;
- процесор (характеристики): 4-ядерний, 2 ГГц;
- оперативна пам'ять: 4 ГБ;
- жорсткий диск: 512 ГБ;
- мережа 1 (для зв'язку з контролерами): від 100 Мбіт;
- мережа 2 (для зв'язку з клієнтськими станціями): від 100 Мбіт;
- операційна система: Linux Ubuntu;
- програмне середовище: Python+Web.py;
- СУБД: PostgreSQL.

Об'єкт керування:

– інтерфейс передачі даних: ModBus або RS-485.

Звіти:

– формат файлу: .XLS або .CSV.

Проаналізувавши подану вище специфікацію, можна зробити висновок, що потужність, яка необхідна для зберігання та обробки даних, перенесена на віддалений сервер, що дає змогу в якості клієнтської станції використовувати недорогі персональні комп'ютери малої потужності.

Відповідність технічних ресурсів описаним вимогам забезпечують стабільну роботу прикладної частини системи, а в сукупності з надійним програмним забезпеченням – всієї обчислювальної системи в цілому. Заявлена швидкість вхідного та вихідного каналу мережі дасть можливість швидкого та безперебійного з'єднання між клієнтськими станціями та віддаленим сервером, а вказані обсяги оперативної пам'яті сервера необхідні для опрацювання запитів з багатьох клієнтських станцій одночасно. Значний обсяг дискового простору серверу також потрібний для зберігання та резервування бази даних.

#### **4.2 Розробка структури бази даних, її специфікація**

Для того, щоб розробити коректну структуру бази даних, потрібно визначитись з вимогами, які повинні бути задоволені спроектованою базою даних. Виходячи з завдання, яке повинна виконувати комп'ютерно-інтегрована система моніторингу та прогнозування якості джерел водних ресурсів, до бази даних, що буде входити в цю систему, можна висунути наступні вимоги:

1. База даних повинна знаходитись на одній потужній обчислювальній машині, яка крім зберігання даних повинна забезпечувати виконання основного обсягу обробки даних.

2. До даних основної обчислювальної машини має бути можливість доступу іншими комп'ютерами, обчислювальна потужність яких не повинна мати великого значення для роботи системи в цілому.

3. База даних, що проектується, повинна містити тільки інформацію з науковою цінністю. Інформація, яка не несе наукової цінності, не повинна бути включена до бази даних.

4. Інформація, що зберігається в базі даних, повинна являти собою однотипні унікальні записи, при цьому порядок читання рядків і стовпчиків має бути довільним.

Основна ідея полягає в тому, щоб розміщувати сервери на потужних машинах, а до додатків, що використовують мовні компоненти СУБД, забезпечити доступ з менш потужних машин-клієнтів за допомогою зовнішніх інтерфейсів. Виходячи з вищезазначених вимог, можна зробити висновок, що база даних, яка проектується, повинна характеризуватись наступним чином:

1. За технологією обробки даних база даних повинна бути централізованою.

2. За характером доступу до даних – база даних з віддаленим (мережевим) доступом.

3. За вмістом – наукова база даних.

4. За моделлю даних – реляційна база даних.

Знаючи всі характеристики бази даних, запропоновано наступну структуру. База даних складається з трьох таблиць:

– таблиця для зберігання показників епідемічної безпеки питної води WaterQuality\_Group1;

– таблиця для зберігання санітарно-хімічних показників безпечності та якості питної води WaterQuality\_Group2;

– таблиця для зберігання показників питомої сумарної альфа- і бета-активності питної води WaterQuality\_Group3.

Кожна з цих таблиць має ключове поле – «DATE\_TIME», дані в якому представлені в форматі «ДД.ММ.РРРР ГГ:ХХ:СС». Решта полів таблиць відповідають параметрам якості води, до яких висуваються вимоги згідно [1]. Структура запропонованої бази даних представлена на рисунку 4.3.

Рисунок 4.3 – Структура бази даних для питної води

Призначення полів запропонованої структури наступні:

Для таблиці «WaterQuality\_Group1»:

- DATE\_TIME – поле для збереження значення часу в форматі «ДД.ММ.РРРР ГГ:ХХ:СС». Призначене для запису часу отримання результатів проби води;

- SubGroup1\_Name – значення назви підгрупи показників групи епідемічної безпеки питної води, до якої входить показник, що вказаний в записі бази;

- Parameter1\_Name – значення назви показника групи епідемічної безпеки питної води, до якої входить даний показник, що вказаний в записі бази;

- Parameter1\_Units – значення одиниць виміру показника групи епідемічної безпеки питної води, до якої входить даний показник, що вказаний в записі бази;

- Parameter1\_Value – значення вимірної величина показника групи епідемічної безпеки питної води, до якої входить даний показник, що вказаний в записі бази;

- Parameter1\_NValue – значення нормальної величини показника групи епідемічної безпеки питної води, до якої входить даний показник, що вказаний в записі бази. Дане значення є постійним для конкретних показників та зумовлене вимогами [1].

Для таблиці «WaterQuality\_Group2»:

- DATE\_TIME – аналогічне полю в таблиці «WaterQuality\_Group1»;

– Parameter1\_Result – значення логічного результату: «NORMAL» – якщо [Parameter1\_Value] < [Parameter1\_NValue]; «WARNING» – якщо [Parameter1\_Value] > [Parameter1\_NValue];

– SubGroup2\_Name – значення назви підгрупи показників групи санітарно-хімічних показників безпечності та якості питної води, до якої входить показник, що вказаний в записі бази;

– Parameter2\_Name – значення назви показника групи епідемічної безпеки питної води, до якої входить даний показник, що вказаний в записі бази;

– Parameter2\_Units – значення одиниць виміру показника групи епідемічної безпеки питної води, до якої входить даний показник, що вказаний в записі бази;

– Parameter2\_Value – значення вимірної величина показника групи епідемічної безпеки питної води, до якої входить даний показник, що вказаний в записі бази;

– Parameter2\_NValue – значення нормальної величини показника групи епідемічної безпеки питної води, до якої входить даний показник, що вказаний в записі бази. Дане значення є постійним для конкретних показників та зумовлене вимогами [1];

– Parameter2\_Result – значення логічного результату: «NORMAL» – якщо [Parameter2\_Value] < [Parameter2\_NValue]; «WARNING» – якщо [Parameter2\_Value] > [Parameter2\_NValue].

Для таблиці «WaterQuality\_Group3»:

– DATE\_TIME – аналогічне полю в таблиці «WaterQuality\_Group1» та «WaterQuality\_Group2»;

– SubGroup3\_Name – значення назви підгрупи показників питомої сумарної альфа- і бета-активності питної води, до якої входить показник, що вказаний в записі бази;

– Parameter3\_Name – значення назви показника групи епідемічної

безпеки питної води, до якої входить даний показник, що вказаний в записі бази;

- Parameter3\_Units – значення одиниць виміру показника групи епідемічної безпеки питної води, до якої входить даний показник, що вказаний в записі бази;

- Parameter3\_Value – значення вимірної величина показника групи епідемічної безпеки питної води, до якої входить даний показник, що вказаний в записі бази;

- Parameter3\_NValue – значення нормальної величини показника групи епідемічної безпеки питної води, до якої входить даний показник, що вказаний в записі бази. Дане значення є постійним для конкретних показників та зумовлене вимогами [1];

- Parameter3\_Result – значення логічного результату: «NORMAL» – якщо  $[Parameter3\_Value] < [Parameter3\_NValue]$ ; «WARNING» – якщо  $[Parameter3\_Value] > [Parameter3\_NValue]$ .

Таким чином, використовуючи описану базу даних, можна зберігати значення всіх показників, що отримані в певний момент часу.

Повна інформація про перелічені показники, а саме: група, їх найменування, одиниці виміру, призначення води та нормативні значення, були занесені до розробленої бази даних. Результати аналізу щодо відповідності якості того чи іншого об'єкту названим вище показникам заносяться у відповідний розділ бази даних.

Якщо ж говорити про моніторинг та прогнозування стану джерел водопостачання атомної станції, то згідно [13] база даних матиме подібну структуру, але буде істотно відрізнятися від запропонованої вище.

База даних про стан джерел водопостачання атомної станції складається з восьми таблиць, кожна з яких містить дані про якість води, що використовується для конкретного режиму роботи енергоблоку, та таблиці рекомендацій щодо дій персоналу при порушенні нормального водного

режиму.

Кожна таблиця містить інформацію про роботу атомної станції в одному з восьми режимів, а саме:

– таблиця для зберігання показників якості теплоносія першого контуру при роботі енергоблоку на потужності WaterQuality\_Mode1;

– таблиця для зберігання показників якості теплоносія першого контуру при роботі реакторної установки в режимі «Зупинення для випробувань» WaterQuality\_Mode2;

– таблиця для зберігання показників якості теплоносія першого контуру при роботі реакторної установки в режимі «Холодне зупинення» WaterQuality\_Mode3;

– таблиця для зберігання показників якості теплоносія першого контуру при роботі реакторної установки в режимі «Зупинення для ремонту» WaterQuality\_Mode4;

– таблиця для зберігання показників якості теплоносія першого контуру при роботі реакторної установки в режимі «Перевантаження палива» WaterQuality\_Mode5;

– таблиця для зберігання показників якості теплоносія першого контуру при роботі реакторної установки в режимі «Гаряче зупинення» WaterQuality\_Mode6;

– таблиця для зберігання показників якості теплоносія першого контуру при роботі реакторної установки в режимі «Напівгаряче зупинення» WaterQuality\_Mode7;

– таблиця для зберігання показників якості теплоносія першого контуру при роботі реакторної установки в режимі «Мінімально контрольований рівень потужності» WaterQuality\_Mode8.

Кожна з цих таблиць має ключове поле – «DATE\_TIME», дані в якому мають формат «ДД.ММ.РРРР ГГ:ХХ:СС». Решта полів таблиць відповідають параметрам якості води, до яких висуваються вимоги згідно [13].

На прикладі таблиці WaterQuality\_Model1 розглянемо поля, з яких складаються таблиці WaterQuality\_Model1-8:

- DATE\_TIME – поле для занесення інформації про дату та час в форматі ДД.ММ.РРРР ГГ.ХХ.СС;
- Parameter1\_Name – поле для занесення назви показника, інформація про який занесена в поле;
- Parameter1\_CheckPoint1 – інформація про ділянку відбору проби води для визначення показника;
- Parameter1\_CheckPoint2 – інформація про точку відбору проби води для визначення показника;
- Parameter1\_Code – код показника в базі даних;
- Parameter1\_Units – одиниці вимірювання показника;
- Parameter1\_NValue – нормальне значення показника для даного режиму роботи атомної електростанції;
- Parameter1\_Value – поточне значення показника;
- Parameter1\_Result – висновок за даним показником, рекомендації щодо нормалізації в разі відхилення від норми.

Таблиця Recommendations являє собою список даних про порушення нормального якісного водного режиму електростанції та рекомендації щодо дій персоналу з нормалізації водного режиму. Дані цієї таблиці не змінюються при отриманні інформації від контрольно-вимірювальних пристроїв другого контуру атомної електростанції, отже інформація є статичною.

В свою чергу таблиця Recommendations має наступну структуру полів:

- Parameter\_Code – код показника в базі даних;
- Parameter\_Value – граничні значення показника для застосування рекомендації;
- Parameter\_Problem\_source – найімовірніші причини відхилення показника від норми, можливі наслідки при подальшому відхиленні;



– `Parameter_Recommendation` – рекомендації щодо дій персоналу в разі даного відхилення показника від нормального значення.

Технічні умови, на основі яких були розроблені рекомендації, приведені в додатку Г.

Структура запропонованої бази даних представлена на рисунку 4.4.

Рисунок 4.4 – Структура бази даних для атомної станції

Звертання до таблиці `Recomendations` відбувається від таблиці `WaterQuality_Model` тоді, коли поточне значення показника `Parameter1_Value` не відповідає нормальному значенню даного показника `Parameter1_NValue`. В такому разі за кодом показника `Parameter1_Code` таблиці `WaterQuality_Model` відбувається вибірка записів таблиці `Recomendations` і порівнюються значення `Parameter1_Value` та `Parameter_Value`. Рекомендації обираються з міркувань задоволення показником `Parameter1_Value` умов, зазначених в `Parameter_Value`.

Використовуючи описану базу даних, можна зберігати значення всіх показників, що отримані в певний момент часу та робити прогнози на аналізу даних, що зберігаються за певний період часу за допомогою системи сценаріїв. Таким чином розроблена реляційна база дозволить суттєво підвищити оперативність обробки результатів аналізу якості води і використати результати аналізу для визначення основних джерел забруднення та прогнозувати їх вплив на навколишнє середовище.

### **4.3 Налаштування серверної частини системи**

Для забезпечення роботи системи потрібно виконати налаштування серверів, а саме встановлення та налаштування програмного забезпечення. Ця робота охоплює в собі наступні етапи:

– встановлення інтерпретатора мови Python;

- встановлення серверної частини бази даних PostgreSQL;
- налаштування бази даних;
- встановлення допоміжних бібліотек мови Python.

Для установки підготовлено пакет diploma, в якому містяться необхідні дані для виконання установки програмного забезпечення на комп'ютер з операційною системою Windows 7 x86\_32bit.

**Примітка:** для успішної установки всіх компонентів збережіть архів з розташуванням, шлях до якого не містить кирилицю.

Розглянемо послідовно кожен з цих етапів.

### **4.3.1 Встановлення серверної частини баз даних PostgreSQL**

Для встановлення інтерпретатора мови Python потрібно завантажити версію інсталлятора на офіційному ресурсі Python.org інтерпретатор мови Python. Запустити на виконання завантажений додаток та обрати спосіб установки програмного забезпечення «Install for all users», як показано на рисунку 4.5.

Рисунок 4.5 – Вибір способу установки інтерпретатора мови Python

Після переходу до наступного вікна налаштувань вказуємо шлях, куди буде відбуватись установка програмного забезпечення (рисунок 4.6).

Рисунок 4.6 – Вказання шляху встановлення інтерпретатора мови Python

Далі обираємо компоненти для встановлення. За замовчуванням встановлюються всі компоненти (рисунок 4.7).

Рисунок 4.7 – Вибір компонентів для установки інтерпретатора мови Python

Після натискання кнопки «Next» запускається процес копіювання виконуючих файлів та установка програмного забезпечення (рисунок 4.8)

Рисунок 4.8 – Процес установки інтерпретатора мови Python

Після завершення установки програма-інсталятор виводить інформаційне вікно, яке можна проігнорувати (рисунок 4.9).

Рисунок 4.9 – Завершення установки інтерпретатора мови Python

Для того щоб система була спроможна запускати інтерпретатор з командного рядка, необхідно додати шлях встановлення інтерпретатору до системної змінної **path**. Для цього потрібно відкрити панель керування Windows та перейти в розділ «Все элементы панели управления \ Система \ Дополнительные параметры системы». У вікні «Свойства системы» обрати вкладку «Дополнительно» та натиснути кнопку «Переменные среды» (рисунок 4.10).

Рисунок 4.10 – Завершення установки інтерпретатора мови Python

Відкривається вікно для введення змінних системи. В блоці «Системные переменные» обираємо змінну **path** та виконаємо в ній зміни – для цього активуємо її рядок і натискаємо кнопку «Изменить» (рисунок 4.11).

Рисунок 4.11 – Вибір системної змінної Path для внесення правок

Відкривається вікно для введення змінних системи. В полі «Значение переменной» дописуємо шлях інсталювання інтерпретатора мови Python та зберігаємо зміни (рисунок 4.12).

Рисунок 4.12 – Внесення інформації про розташування інтерпретатора мови Python до системної змінної Path

Для перевірки коректного інсталювання інтерпретатор мови Python потрібно командний рядок з допомогою комбінації клавіш WIN+R та виконати команду CMD (рисунок 4.13).

Рисунок 4.13 – Запуск командного рядка

У вікні консолі виконати команду `python -version` та очікувати успішного виведення номеру версії інтерпретатора. Виведення версії

інтерпретатора говорить про те, що програмне забезпечення успішно встановлене (рисунок 4.14).

Рисунок 4.14 – Перевірка версії інтерпретатора

Після успішного встановлення інтерпретатора необхідно запустити службовий процес PostgreSQL для доступу до бази даних.

#### 4.3.2 Встановлення серверної частини бази даних PostgreSQL

Для коректної установки серверної частини бази даних PostgreSQL потрібно завантажити інсталятор відповідно до версії операційної системи персонального комп'ютера на офіційному ресурсі <http://www.enterprisedb.com/products-services-training/pgbindownload>. В пакеті для установки `diploma` потрібно обрати папку **pgsql** (рисунок 4.15).

Рисунок 4.15 – Папка `pgsql` з інсталятором серверної частини бази даних PostgreSQL

В папці обрати файл **pg** та відкрити його на редагування в текстовому редакторі.

Рисунок 4.16 – Файл `pg` в папці `pgsql`

В коді файлу видалити команду **rem** коментування рядка ініціалізації нової бази даних (рисунок 4.17).

Рисунок 4.17 – Редагування коду файлу `pg`

Зберегти файл та запустити його. Після запуску з'являється що вікно з виведенням інформації про початкову ініціалізацію бази даних.

Рисунок 4.18 – Інформація про ініціалізацію

Наведене вище вікно залишати відкритим – процес працює в фоновому режимі при відкритому вікні. Далі потрібно знову відкрити файл

pg і закоментувати рядок, який був змінений (рисунок 4.17).

### 4.3.3 Налаштування бази даних

Встановлені на сервері процеси БД, повинні бути готовими для використання, тому необхідно створити базу даних та таблиці, що міститимуть робочі дані (дані, що надійшли від датчиків; дані по характеру кожного параметру, тощо). Для цього в пакеті інсталяції диплома відкрити папку pgsql та запустити ярлик pgAdmin3 (рисунок 4.19).

Рисунок 4.19 – Ярлик для запуску СУБД

Відкривається головне вікно pgAdminIII. В початковому стані список профілів налаштування серверів бази даних буде порожнім (рисунок 4.20).

Рисунок 4.20 – Головне вікно pgAdminIII

Для створення нового підключення до серверу баз даних необхідно обрати команду **File\Add Server** (рисунок 4.21).

Рисунок 4.21 – Створення нового підключення до серверу баз даних

Далі потрібно заповнити поля Name та Host. В загальному випадку поле Host містить реальну адресу серверу баз даних. Так як ми налаштовуємо локальний сервер бази даних, вводимо 127.0.0.1 (рисунок 4.22).

Рисунок 4.22 – Налаштування нового підключення до серверу баз даних

Далі потрібно розкрити структуру створеної пустої бази даних та активувати розділ Tables. При цьому стане доступною кнопка SQL (рисунок 4.23 та 4.24)

Рисунок 4.23 – Дерево структури локального серверу

Рисунок 4.24 – Кнопка для налаштування таблиць бази даних

Після натискання кнопки SQL відкривається вікно Query. Налаштуйте вікно, що з'явилося, до вигляду, як показано на рисунку 4.25 для зручності користування.

Рисунок 4.25 – Вікно Query після налаштування інтерфейсу

Далі у вікні query потрібно виконати команду File\Open і по черзі запуснути кожен набір sql команд в будь-якій послідовності (рисунки 4.26 – 4.28):

Рисунок 4.26 – Команда Open

Рисунок 4.27 – Набір SQL команд, які потрібно завантажити

Рисунок 4.28 – Вибір одного з наборів SQL команд для завантаження

Для запуску SQL-скрипта необхідно натиснути кнопку Execute query або функціональну клавішу F5 (рисунок 4.29).

Рисунок 4.29 – Кнопка Execute query для запуску SQL-скрипта

Результат запуску скрипта logs\_tables наведений на рисунках 4.30.

Рисунок 4.30 – Результат виконання скрипта logs\_tables

Після запуску всіх трьох скриптів необхідно оновити структуру бази даних (рисунок 4.31).

Рисунок 4.31 – Кнопка оновлення структури бази даних

Після оновлення у вікні pgAdminIII з'явиться створена структура бази даних (рисунок 4.32).

Рисунок 4.32 – Відображення структури бази даних

#### **4.3.4 Встановлення допоміжних бібліотек мови Python (web.py)**

Для написання спеціалізованої програми, що дозволяє виконувати попередньо налаштовані запити в базу даних, та одночасно, отримувати їх у

адаптованому графічному вигляді, необхідно скористатись бібліотекою мови Python – web.py. Для встановлення даної бібліотеки необхідно викликати вікно командного рядку та задати на виконання команду **pip install web** (рисунок 4.33)

Рисунок 4.33 – Відображення структури бази даних

Так як не встановлені бібліотеки, в командному вікні буде повідомлення, що потрібно їх встановити. Вводимо команду для інсталювання бібліотек: C:\Python27\Scripts\easy\_install.exe web.py

Результат виконання приведено на рисунку 4.34.

Рисунок 4.34 – Результат виконання команди на інсталювання бібліотек

Далі вводимо команду зі шляхом до програми Python:

C:\Python27\Scripts\pip.exe install pycorp2

Результат виконання наведено на рисунку 4.35:

Рисунок 4.35 – Результат виконання команди pip.exe install pycorp2

Після встановлення бібліотек повторюємо запуск скрипта stats.py. Результат виконання даної команди наведено на рисунку 4.36.

Рисунок 4.36 – Результат виконання команди stats.py

Для роботи клієнтської станції потрібно набрати в адресному рядку браузера <http://127.0.0.1:8080/>. Таким чином буде запущено інтерфейс оператора клієнтської станції (рисунок 4.37).

Рисунок 4.37 – Інтерфейс оператора клієнтської станції

Для наступних запусків програми потрібно почергово запуснути файл pg та stats (знаходиться в папці stats\_monitor) (рисунок 4.38).

Рисунок 4.38 – Файл stats для запуску програми

Отже, виконавши наведені вище етапи по налаштуванню серверної

частини системи, ми отримуємо готове середовище для занесення інформації в базу даних, а саме створені таблиці поточних значень та таблицю рекомендаційної інформації.

#### 4.4 Розробка програмного інтерфейсу для роботи з системою

Програмний інтерфейс для роботи клієнтської станції було реалізовано мовою програмування Python в поєднанні з високорівневим відкритим Python-фреймворком Web.py для розробки веб-систем. Розробка інтерфейсу ґрунтується на потребі користувача мати можливість управління всіма характеристиками відображення інформації. Лістинг програмного коду наведено в додатку Д.

Все робоче вікно можна поділити на три функціональні області:

1. область фільтру;
2. область виведення рекомендаційної інформації;
3. область виведення вибірки за фільтром.

Розглянемо більш детально кожен з цих функціональних ділянок та етапи їх введення до складу інтерфейсу. Фільтр є множиною керуючих елементів, які формуються в групі залежно від їх призначення, а саме:

- вибір режиму роботи енергоблоку;
- встановлення періоду часу для виведення даних;
- вказання показників якості, за якими виводити дані;
- вказання ділянки та точки відбору проби для виведення даних;
- кнопки керування фільтром.

Перш за все, оператор повинен мати змогу виконувати вибір режиму роботи енергоблоку.

Всього налічується вісім режимів роботи енергоблоку: холодне зупинення, гаряче зупинення, напівгаряче зупинення, мінімально-контрольований режим потужності, робота на потужності, зупинення для



випробувань, зупинення для ремонту та режим перевантаження палива.

Блок вибору режиму роботи являє собою сукупність елементів керування типу CheckBox, кожен з яких відповідає одному з восьми режимів роботи енергоблоку.

Вибір одного з режимів з допомогою даного блоку вказує, до якої з таблиць бази даних WaterQuality\_Mode звертатись при формуванні вибірки. При цьому одночасно можна активувати лише один режим роботи.

Блок вибору режиму роботи енергоблоку зображено на рисунку 4.39.

Рисунок 4.39 – Блок вибору режиму роботи енергоблоку

Для встановлення періоду часу виведення даних призначені поля з елементом Calendar, введення дати в які відбувається в форматі «ММ/ДД/РРРР ГГ:ХХ:СС». Поля для встановлення парні і призначені для введення початкового та кінцевого моменту для виведення вибірки.

Блок введення періоду часу виведення даних показано на рисунку 4.40.

Рисунок 4.40 – Блок введення періоду часу виведення даних

Вибірка даних з якості водного режиму роботи другого контуру атомної електростанції формується за великою кількістю якісних показників, вимірювання яких відбувається на багатьох ділянках відбору та точках відбору на цих ділянках. Наприклад, для режиму роботи енергоблоку на потужності загальна вибірка формується за 96 якісними показниками. Для вказання показників якості, за якими виводити дані, до фільтру включено блок елементів керування типу CheckBox, кожен з яких відповідає певному якісному показнику. За замовчуванням вибірка виводиться за всіма показниками якості, а при активації одного чи кількох чек-боксів, вибірка буде формуватись лише за обраними показниками якості. Оператор клієнтської станції має змогу одночасно активувати кілька чек-боксів. Блок

для вибору показників якості зображено на рисунку 4.41.

Рисунок 4.41 – Блок для вибору показників якості для формування вибірки

Блоки для вказання ділянки та точки відбору проби є аналогічними блоку вказання показників якості та зображені на рисунку 4.42.

Рисунок 4.42 – Блоки для вибору ділянки та точки відбору проби для формування вибірки

В блоці фільтру присутні елементи керування типу CommandButton, мають наступне призначення:

- «Reset filter» – скинути налаштування фільтрів та використати фільтр за замовчуванням;
- «Filter» – застосувати налаштований фільтр;
- «Export» – завантажити поточну виборку у вигляді файлу-звіту в форматі CSV;
- «Выберите файл» – кнопка для вказання файлу імпорту даних в базу даних;
- «Upload» – кнопка для імпортування обраного файлу імпорту.

Блок кнопок керування фільтром зображено на рисунку 4.43.

Рисунок 4.43 – Блок кнопок керування фільтром

Область виведення рекомендаційної інформації являє собою текстовий блок, інформація в якому змінюється в залежності від вибірки, яку формує користувач.

Якщо вибірка містить відомості про показники якості, значення яких не відповідають нормальним для роботи енергоблоку у відповідному режимі, то в текстовій області виводиться набір рекомендацій щодо дій персоналу, спрямованих на нормалізацію робочого режиму.

Приклад виведення рекомендаційної інформації зображено на

рисунок 4.44.

#### Рисунок 4.44 – Блок кнопок керування фільтром

Область виведення вибірки за використаним фільтром представлена у вигляді таблиці. При цьому кількість стовпців таблиці залежить від конфігурації блоків фільтру вибору показників якості, ділянки та точки відбору проби, а кількість рядків таблиці залежить від величини періоду часу для відображення даних по якості показників водного режим роботи системи охолодження другого контуру атомної електростанції.

Приклад відображення вибірки та рекомендаційної інформації згідно застосованого фільтру приведено на рисунку 4.45.

#### Рисунок 4.45 – Відображення вибірки та рекомендаційної інформації згідно застосованого фільтру

Загальний вигляд робочого вікна клієнтської станції наведено на рисунку 4.46.

#### Рисунок 4.46 – Загальний вигляд робочого вікна клієнтської станції

Також програмний додаток комп'ютерно-інтегрованої системи для моніторингу та прогнозування якості водних об'єктів має інтерфейс програмування додатку. Додаток має наступний Application Program Interface (API):

path:

<http://192.168.31.111:8080/submit>

query:

do=Filter

ts\_from= start date

ts\_to=end date

quality\_0=xH

quality\_1=N2H4

quality\_2=SO4

quality\_3=O2

quality\_4=Na

quality\_5=Cl

quality\_6=Fe

quality\_7=F

quality\_8=P

quality\_9=T

quality\_10=Cu

quality\_11=SiO2

quality\_12=pH

outside\_values=true

check\_point\_0=КОНДЕНСАТ\_на\_вході\_в\_ПНД-1

check\_point\_1=нечНЕТ.постійн.прод.\_ПГ

check\_point\_2=ВОДА\_В\_ДЕАЕРАТОРІ\_ПІДЖИВЛЕННЯ

check\_point\_3=КОНДЕНСАТ\_за\_групою\_ПНД-4

check\_point\_4=КОНДЕНСАТ\_перед\_ДЕАЕРАТОРОМ

check\_point\_5=УППІ\_ПНД-4

check\_point\_6=ЖИВИЛЬНА\_ВОДА\_ПГ

check\_point\_7=ЖИВИЛЬНА\_ВОДА\_ЗА\_ПВД

check\_point\_8=ПРОДУВОЧНА\_ВОДА\_СОЛЬОВОГО\_ВІСІКУ\_ПГ

check\_point\_9=ПАР\_УППІ\_ПРОДУВКИ\_ПГ

check\_point\_10=ЖИВИЛЬНА\_ВОДА\_перед\_ПВД

check\_point\_11=ПАР\_ЗА\_ПГ

check\_point\_12=за\_КЕН-1СТ.

check\_point\_13=КОНДЕНСАТ\_за\_ДЕАЕРАТОРОМ

check\_point\_14=ПАР\_ПЕРІОДИЧНОЇ\_ПРОДУВКИ\_ПГ\_ЧНЕТ.

check\_point\_15=КОНДЕНСАТ\_ЗА\_КЕН

check\_point\_16=ВОДА\_ПОСТІЙНОЇ\_ЧЕТН.ПРОДУВКИ\_ПГ

check\_point\_17=3А\_ПВД

check\_point\_abbr\_0=НИТКА\_"А"

check\_point\_abbr\_1=Д1

check\_point\_abbr\_2=ПВД-7Б

check\_point\_abbr\_3=ПГ-4

check\_point\_abbr\_4=КЕН-1

check\_point\_abbr\_5=НИТКА\_"Б"

check\_point\_abbr\_6=ПГ-1

check\_point\_abbr\_7=ПВД-Б

check\_point\_abbr\_8=КЕН-2\_СТ

check\_point\_abbr\_9=КЕН-2

check\_point\_abbr\_10=ПВД-А

check\_point\_abbr\_11=ПВД-7А

check\_point\_abbr\_12=ПГ-2

check\_point\_abbr\_13=ПГ-3

check\_point\_abbr\_14=N2

check\_point\_abbr\_15=N1

check\_point\_abbr\_16=Д2

Інструкцію оператора клієнтської станції наведено в Додатку Е.

#### **4.5 Висновок до розділу 4**

На основі проведеного аналізу розроблена структура інформаційної системи.

Запропоновано специфікацію технічного та мережевого обладнання, яке задовольняє потреби комп'ютерно-інтегрованої системи.

Спроектована структура бази даних водного об'єкта – системи охолодження другого контуру атомної електростанції з реактором типу

ВВЕР-1000, в яку занесені дані по водно-хімічному режиму Південно-Української атомної електростанції.

Реалізовано ідею використання моделі хмарних сервісів при розробці інформаційної системи. Наведено інструкцію з налаштування серверів для забезпечення функціонування інформаційної системи.

Створено користувацький WEB-інтерфейс оператора клієнтської станції. Інтерфейс для роботи клієнтської станції було реалізовано мовою програмування Python в поєднанні з високорівневим відкритим Python-фреймворком Web.py для розробки WEB-систем.

## ВИСНОВКИ

1. Обґрунтовано структуру інформаційної системи для реалізації моніторингу та прогнозування якості водних об'єктів з використанням хмарних технологій, визначено тип серверу та структуру бази даних, що відповідають вимогам до функціонування інформаційної системи.

2. Проведено аналіз показників якості води, що відповідають нормальному режиму експлуатації системи охолодження другого контуру атомної електростанції з реактором типу ВВЕР-1000 та виділено показники для формування рекомендацій з нормалізації водно-хімічного режиму для обслуговуючого персоналу.

3. Розроблено алгоритм вирішення завдань та обробки інформації системою, сформовано сукупність загального та спеціального програмного забезпечення для обслуговування інформаційної системи.

4. Визначено складові технічного забезпечення системи та їх призначення. Виділено пристрої вимірювання, перетворення, передачі, зберігання, обробки та відображення інформації, приведена схема технічного забезпечення комп'ютерно-інтегрованої системи.

5. Проведено аналіз системи охолодження другого контуру атомної електростанції з реактором типу ВВЕР-1000 з точки зору її використання в якості водного об'єкту для випробування роботи створюваної комп'ютерно-інтегрованої системи.

6. Запропоновано структуру бази даних, що специфікує комп'ютерно-інтегровану систему моніторингу та прогнозування якості водних об'єктів для роботи з атомними електростанціями з реактором типу ВВЕР-1000. Структура бази даних дозволяє зберігати та аналізувати дані з метою виявлення даних, що не відповідають нормальним умовам експлуатації об'єкту. Розроблена база даних може бути взята за основу при розробці баз даних інших водних об'єктів з урахуванням їх специфіки.

7. Створено користувацький WEB-інтерфейсу оператора клієнтської

станції. Інтерфейс для роботи клієнтської станції було реалізовано мовою програмування Python в поєднанні з високорівневим відкритим Python-фреймворком Web.py для розробки WEB-систем.



## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ДСанПіН 2.2.4-171-10 – ДСанПіН 2.2.4-400-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною [Текст] . – Чинний від 2010-07-01. – К. :Держспоживстандарт України, 2010. – 43 с.
2. Хільчевський, В. К. Основи гідрохімії [Текст] : Підручник / В. К. Хільчевський, В. І. Осадчий, С. М. Курило. – К. : Ніка-Центр, 2012. – 312 с.
3. Хільчевський, В. К. Хімічний аналіз вод [Текст] / В. К. Хільчевський. – К.: ВПЦ «Київський університет», 2004. – 62 с.
4. Мокін, В. Б. Інформаційна технологія проектування систем обробки да-них спостережень якості вод [Текст] : Монографія / В. Б. Мокін, А. Р. Ящолт, М. П. Боцула. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 203 с.
5. Інформаційний портал Українського водного товариства [Електронний ресурс] / Water.NET. Українське водне товариство. – Режим доступу : \WWW/ URL: <http://waternet.ua/uk/> – 19.06.2016 г. – Назва з екрану.
6. Державна система моніторингу довкілля [Електронний ресурс] / Міністерство екології та природних ресурсів України. Інформаційно-аналітичний центр Державної системи моніторингу довкілля. – Режим доступу: \WWW/ URL: <http://www.ecobank.org.ua/> – 19.06.2016 г. – Назва з екрану.
7. Физико-химические методы очистки воды. Управление водными ресурсами [Текст] : учебное пособие / И. М. Астрелин, Е. Герасимов, А. Гироль и др. ; под общ. ред. И. Астрелина и Х. Ратнавиры. – Проект «WaterHarmony», 2015. – 614 с.
8. Запольський, А. К. Водопостачання, водовідведення та якість води [Текст] / А.К. Запольський. – К. : Вища шк., 2005. – 671 с.
9. Хільчевський, В. К. Водопостачання та водовідведення. Гідроекологічні аспекти [Текст] / В.К. Хільчевський. – К. : ВЦ «Київський університет», 1999. – 319 с.
10. Алексеев, Л.С. Контроль качества воды [Текст] / Л. С. Алексеев. –

М. : ИНФРА-М, 2009. – 159 с.

11. Water Evaluation And Planning [Электронный ресурс] / Оценка водных ресурсов и планирование. – Режим доступа : \WWW/ URL: <http://www.weap21.org/WEAP/> – 19.06.2016 г. – Назва з екрану.

12. Technology Enabled Universal Access to Safe Water [Электронный ресурс] / Інформаційний портал проекту TECHNEAU. – Режим доступа : \WWW/ URL: <https://www.techneau.org/> – 19.06.2016 г. – Назва з екрану.

13. СОУ-Н ЯЕК Х.ХХХ:2008. Нормативний документ Мінпаливенерго України. Теплоносій другого контуру ядерних реакторів типу ВВЕР-440. Технічні вимоги. Способи забезпечення якості [Текст] . – Чинний від 2010-07-01. – К. : Міністерство палива та енергетики України. Державне підприємство Національна атомна енергогенеруюча компанія «Енергоатом», 2008. – 35 с.

14. Обзор 10 облачных хранилищ данных [Электронный ресурс] / ТОП-Обзор. Актуальные статьи, обзоры, новости. – Режим доступа : \WWW/ URL: <http://www.topobzor.com/obzor-10-oblachnyx-xranilishh-dannyx/> – 19.06.2016 г. – Назва з екрану.

15. Когаловский, М. Р. Энциклопедия технологий баз данных [Текст] / М. Р. Когаловский. – М. : Финансы и статистика, 2002. – 800 с.

16. Когаловский, М. Р. Перспективные технологии информационных систем [Текст] / М. Р. Когаловский. – М.: ДМК Пресс; Компания АйТи, 2003. – 288 с.

17. Маглинец, Ю. А. Анализ требований к автоматизированным информационным системам [Текст] / Ю. А. Маглинец. – М.: Интернет-Университет Информационных Технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. – 200 с.

18. Глоссарий по информационному обществу [Текст] : учеб, пособие / М. А. Бунчук, О. Н. Вершинская, Р. У. Елизарова и др. ; под общ. ред. Ю. Е. Хохлова. – М.: Институт развития информационного общества, 2009. – 160 с.

19. Максимов, Н. В. Компьютерные сети [Текст] : учебное пособие. / Н. В. Максимов, И. И. Попов. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2004. – 336 с.
20. Гайдамакин, Н. А. Автоматизированные информационные системы, базы и банки данных. Вводный курс [Текст] / Н. А. Гайдамакин. – М.: Гелиос АРЕ, 2002. – 368 с.
21. Громов, Г.Р. Очерки информационной технологии [Текст] / Г. Р. Громов. – М.: ИнфоАрт, 1992. – 331 с.
22. Маргулова, Т. Х. Атомные электрические станции [Текст] / Т. Х. Маргулова. – М.: «Высшая школа», 1978. – 360 с.
23. Белоконева, А.Ф. ВХР тепловых электростанций [Текст] / А.Ф. Белоконева. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 348 с.
24. Мартынова, О.И. Водно-химические режимы АЭС, системы их поддержания и контроля [Текст] : учеб. / О.И. Мартынова, А.С. Копылов. – М. : Энергоатомиздат, 1983. – 96 с.
25. Васкевич, Д.И. Стратегии клиент/сервер: руководство по выживанию для специалистов по реорганизации бизнеса [Текст] / Д.И. Васкевич. – К.: Диалектика, 1996. – 384 с.

## ДОДАТКИ

### Додаток А

Таблиця А.1 – Показники епідемічної безпеки питної води

Таблиця А.2 – Санітарно-хімічні показники безпечності та якості питної води

Продовження таблиці А.2

Продовження таблиці А.2

Продовження таблиці А.2

Продовження таблиці А.2

Таблиця А.3 – Показники питомої сумарної альфа- і бета-активності питної води

## **Додаток Б**

Таблиця Б.1 – Якість теплоносія другого контуру при роботі енергоблоку на потужності

Продовження таблиці Б.1

Таблиця Б.2 – Якість теплоносія другого контуру при роботі реакторної установки в станах «Зупинення для випробувань», «Холодне зупинення», «Зупинення для ремонту», води басейну перевантаження в станах «Зупинення для перевантаження», «Перевантаження палива» і води басейну витримки палива у всіх станах реакторної установки

Продовження таблиці Б.2

Таблиця Б.3 – Якість теплоносія другого контуру в станах реакторної установки «Гаряче зупинення», «Напівгаряче зупинення» і «Мінімально контрольований рівень потужності»

Продовження таблиці Б.3

## **Додаток В**

Таблиця В.1 – Об'єм автоматичного контролю ВХР другого контуру

Продовження таблиці В.1

Таблиця В.2 – Характерні порушення ВХР другого контуру та методи їх усунення

Продовження таблиці В.2

Продовження таблиці В.2

Продовження таблиці В.2

## Додаток Г

Таблиця Г.1 – Можливі порушення водно-хімічного режиму другого контуру атомної електростанції з реактором типу ВВЕР-1000 та методи їх усунення

Продовження таблиці Г.1

Продовження таблиці Г.1

Продовження таблиці Г.1

Продовження таблиці Г.1

Продовження таблиці Г.1

Продовження таблиці Г.1

## Додаток Д

Лістинг програмного коду WEB-інтерфейса оператора клієнтської станції

### Файл stats.py

```
# coding=utf-8
from StringIO import StringIO
import web
import model
import csv
import os
urls = (
    '/', 'Index',
    '/submit', 'submit',
    '/upload', 'upload'
)
min_date = model.min_date()[0]['min'].strftime('%Y-%m-%dT%H:%M:%S')
max_date = model.max_date()[0]['max'].strftime('%Y-%m-%dT%H:%M:%S')
def update_dates():
    global min_date, max_date
    min_date = model.min_date()[0]['min'].strftime('%Y-%m-%dT%H:%M:%S')
    max_date = model.max_date()[0]['max'].strftime('%Y-%m-%dT%H:%M:%S')
def list_of_args(arg_prefix, args_count, vars):
    args_list = []
    for arg_item in [arg_prefix + '_' + str(arg) for arg in range(args_count)]:
        var = None
        exec ("try: var = vars.\"" + arg_item + "\"\nexcept: pass\"" )
        if var:
            args_list.append(var)
    return args_list
BASE_DIR = os.path.dirname(__file__)
### Templates
render = web.template.render(BASE_DIR + '/templates', base='base', globals={'str': str})
class submit:
    @staticmethod
    def GET():
        vars = web.input()
        if vars.do == "Reset all":
            return Index.GET()
        if vars.do == "Filter":
```



```

outside_values = False
outside_values_checkbox = False
try:
if vars.outside_values == "true":
outside_values = True
outside_values_checkbox = True
print outside_values
except: None
history = model.get_filtered(vars.ts_from,
vars.ts_to,
qualities=list_of_args('quality',
int(model.quality_count().list()[0]['count']), vars),
check_points=list_of_args('check_point',
int(model.check_points_count().list()[0]['count']),
vars),
check_points_abbrs=list_of_args('check_point_abbr', int(
model.check_points_abbrs_count().list()[0]['count']), vars),
outside_values = outside_values
).list()
if history:
lst = [item for item in history[0]]
headers = model.get_headers(lst).list()
else: headers = []
min_date = vars.ts_from
max_date = vars.ts_to
quality = model.quality()
quality_checkboxes = list_of_args('quality', int(model.quality_count().list()[0]['count']),
vars)
check_points = model.check_points()
check_points_checkboxes = list_of_args('check_point',
int(model.check_points_count().list()[0]['count']),
vars)
check_point_abbrs = model.check_points_abbrs()
check_points_abbrs_checkboxes = list_of_args('check_point_abbr',
int(model.check_points_abbrs_count().list()[0]['count']), vars)
if headers:
recomendations = model.recomendations([str(x['code']) for x in headers]).list()
if len(recomendations) == 0:
recomendations = [{'case': ['Поточні значення', 'норма', '-', 'За даною вибіркою немає
рекомендацій']}]
else:
recomendations = [{'case': ['Поточні значення', 'відсутні', '-', '-']}]

```

```

update_dates()
return render.index(headers, history, min_date, max_date, quality, quality_checkboxes,
check_points, check_points_checkboxes, check_point_abbrs,
check_points_abbrs_checkboxes,
recomendations, outside_values_checkbox)
if vars.do == "Export":
outside_values = False
try:
if vars.outside_values == "true":
outside_values = True
print outside_values
except: None
history = model.get_filtered(vars.ts_from,
vars.ts_to,
qualities=list_of_args('quality',
int(model.quality_count().list()[0]['count']), vars),
check_points=list_of_args('check_point',
int(model.check_points_count().list()[0]['count']),
vars),
check_points_abbrs=list_of_args('check_point_abbr', int(
model.check_points_abbrs_count().list()[0]['count']), vars),
outside_values=outside_values
).list()
csv_file = StringIO()
csv_writer = csv.writer(csv_file, delimiter=';', dialect=csv.excel)
# csv_writer.writerow(headers)
looper = 0
for record in history:
if looper == 0:
looper += 1
header = ['occured']
header.extend([x for x in record if x != 'occured'])
header2 = ['yyyy-mm-dd HH:MM:SS']
# csv_writer.writerow(model.check_points_short([x for x in record if x != 'occured']))
for code in header:
for item in model.check_points_short([x for x in record if x != 'occured']):
if code == item['code']:
header2.append(item['check_point_short'].encode("cp1251"))
csv_writer.writerow(header2)
print header2
csv_writer.writerow(header)
row = []

```

```

row.append(record.occured)
row.extend([record[x] for x in record if x != 'occured'])
csv_writer.writerow(row)
web.header('Content-Type', 'text/csv')
web.header('Content-disposition', 'attachment; filename=export.csv')
return csv_file.getvalue()
if vars.do == "Download_template":
web.header('Content-Type', 'text/csv')
web.header('Content-disposition', 'attachment; filename=template.csv')
return open("template.csv", mode="r")
class Index:
    @staticmethod
    def GET():
        """ Show page """
        history = model.get_history().list()
        headers = model.get_headers().list()
        quality = model.quality()
        check_points = model.check_points()
        check_point_abbrs = model.check_points_abbrs()
        quality_checkboxes = []
        check_points_checkboxes = []
        check_points_abbrs_checkboxes = []
        recomendations = model.recomendations([str(x['code']) for x in headers]).list()
        update_dates()
        return render.index(headers, history, min_date, max_date, quality, quality_checkboxes,
        check_points,
        check_points_checkboxes, check_point_abbrs, check_points_abbrs_checkboxes,
        recomendations,
        outside_values_checkbox=False)
class upload:
    def GET(self):
        return """<html><head></head><body>
Помилка імпорту даних. Оберіть коректний файл або перевірте структуру
поточного файлу.
<br>
Для продовження роботи поверніться на попередню сторінку за допомогою
навігаційної кнопки браузера.
</body></html>"""
    def POST(self):
        try:
            x = web.input(myfile={ })
            # web.debug(x['myfile'].filename) # This is the filename

```

```

# web.debug(x['myfile'].value) # This is the file contents
# web.debug(x['myfile'].file.read()) # Or use a file(-like) object
# for line in x['myfile'].file.readlines():
# print line.split(',')
lines = list(csv.reader(x['myfile'].file.readlines(), delimiter=';'))
headers = lines[1]
result_list = []
for line in lines[2:]:
result_list.append(dict(zip(headers, line)))
model.import_all(result_list)
# print len(x['myfile'].file.readlines())
except: raise web.seeother('/upload')
raise web.seeother('/')
app = web.application(urls, globals())
if __name__ == '__main__':
app.run()

```

### Файл model.py

```

import web
db = web.database(dbn='postgres', db='postgres', user='postgres', pw='')
def get_history():
return db.select('logs', what="*", order='occured')
def get_headers(lst=None):
if lst:
d = db.query(
"select code, params.check_point_short as short from (SELECT column_name as code
FROM information_schema.columns WHERE table_name = 'logs' and column_name in
$lst) as t1 join params using (code)",
vars={'lst': lst}
)
else:
d = db.query(
"select code, params.check_point_short as short from (SELECT column_name as code
FROM information_schema.columns WHERE table_name = 'logs') as t1 join params
using (code)",
vars={'lst': lst}
)
return d
def get_filtered(ts_from, ts_to, qualities=None, check_points=None,
check_points_abbrs=None, outside_values=None):
where_list = []

```

```

if qualities and len(qualities) > 0: where_list.append("name in $quality_list")
if check_points and len(check_points) > 0: where_list.append("check_point in
$check_points_list")
if check_points_abbrs and len(check_points_abbrs) > 0: where_list.append(
"check_point_abbr in $check_points_abbrs_list")
if len(where_list) == 0:
return db.select('logs', what='*',
where="ocured between $ts_from and $ts_to", vars={'ts_from': ts_from, 'ts_to': ts_to},
order='ocured')
else:
where_clause = str(' and '.join(where_list))
headers_to_select_dcts = db.select('params', what='code',
where=where_clause,
vars={'quality_list': qualities, 'check_points_list': check_points,
'check_points_abbrs_list': check_points_abbrs}).list()
headers_to_select_list = [str(item['code']) for item in headers_to_select_dcts]
headers_to_select_list.append('ocured')
headers_to_select = ','.join(headers_to_select_list)
minmax_filter = ""
if outside_values:
min_filter = []
for item in list(set(min_headers()) & set(headers_to_select_list)):
min_filter.append(item + " < (select min(min) from recomendations where code = " +
item + ")")
# if len(min_filter) > 0:
# min_filter = ' or '.join(min_filter)
max_filter = []
for item in list(set(max_headers()) & set(headers_to_select_list)):
max_filter.append(item + " > (select max(max) from recomendations where code = " +
item + ")")
# if len(max_filter) > 0:
# max_filter = ' or '.join(max_filter)
if len(min_filter + max_filter) > 0:
minmax_filter = " and (" + " or ".join(min_filter + max_filter) + ")"
else:
minmax_filter = ""
return db.select('logs',
what=headers_to_select,
where="ocured between $ts_from and $ts_to" + minmax_filter,
vars={'ts_from': ts_from, 'ts_to': ts_to},
order='ocured'
)

```

```

def quality():
    return db.query('select distinct name from params')
def quality_count():
    return db.query('select count(distinct name) from params')
def check_points():
    return db.query('select distinct check_point from params')
def check_points_count():
    return db.query('select count(distinct check_point) from params')
def check_points_abbrs():
    return db.query('select distinct check_point_abbr from params where check_point_abbr
is not null')
def check_points_short(headers):
    vars={"headers": headers}).list()
def check_points_abbrs_count():
    return db.query('select count(distinct check_point_abbr) from params where
check_point_abbr is not null')
def min_date():
    return db.select('logs', what="min(occured) - interval '1 minute' as min")
def max_date():
    return db.select('logs', what="max(occured) + interval '1 minute' as max")
def import_all(values):
    return db.multiple_insert('logs', values=values)
def recomendations(headers):
    with_clause = 'with t2 as (' + \
'select distinct * from ' + \
'(select ' + \
'unnest(string_to_array(translate(unnest(array_agg(rec))::text,\'()\',\'()\',\'()\'))::real as
"value" ' + \
'from (select ' + str(", ".join(headers)) + ' from logs order by occured desc) rec) t1' + \
' natural join recomendations natural join params' + \
') '
    return db.query(
    with_clause + 'select case when value < min or value > max then
array[check_point_short, value::text, reason, recomendation] else null end from t2 where
value < min or value > max',
    vars={'headers': headers})
def min_headers():
    return db.query('select array_agg(distinct(code)) from recomendations where min is not
null').list()[0]['array_agg']
def max_headers():
    return db.query('select array_agg(distinct(code)) from recomendations where max is not
null').list()[0]['array_agg']

```

## Додаток Е

Інструкція користувача для оператора клієнтської станції

Інтерфейс клієнтської станції дає оператору можливість виконувати наступні дії:

- вибір режиму роботи енергоблоку для відображення даних;
- встановлення періоду часу для відображення даних;
- налаштування вибірки даних;
- експортування файлів звіту за вибіркою;
- скачування шаблону файлу імпорту;
- імпортування даних в базу даних.

Для вибору режиму роботи енергоблоку потрібно активувати один з восьми чек-боксів, що відповідають восьми режимам роботи енергоблоку. Блок вибору режиму роботи являє собою сукупність елементів керування типу CheckBox, кожен з яких відповідає одному з восьми режимів роботи енергоблоку. Вибір одного з режимів з допомогою даного блоку вказує, до якої з таблиць бази даних WaterQuality\_Mode звертатись при формуванні вибірки. При цьому одночасно можна активувати лише один режим роботи. На рисунку Е.1 зображено приклад вибору режиму «Робота на потужності». Рисунок Е.1 – Вибір відображення даних для режиму «Робота на потужності»

Для встановлення періоду часу виведення даних призначені поля з елементом Calendar, введення дати в які відбувається в форматі «ММ/ДД/РРРР ГГ:ХХ:СС». Поля для встановлення парні і призначені для введення початкового та кінцевого моменту для виведення вибірки.

Для встановлення дати потрібно виділити значення місяця, дня або року і скористатись стрілками вгору-вниз, що є керуючими елементами поля. Також вибір дати може відбуватись з допомогою календаря, який відображається при натисканні стрілки вниз, що знаходиться правій частині поля. При цьому відкривається календар, де можна обрати конкретну дату.

Зміна періоду часу виведення даних впливає на кількість записів, що входять до вибірки: чим менший період часу, тим менше записів виводиться вибіркою.

Блок введення періоду часу виведення даних показано на рисунку Е.2.

Рисунок Е.2 – Блок введення періоду часу виведення даних

У оператора клієнтської станції є можливість переглянути вибірку всіх записів про показники, значення яких не відповідає нормативним. Для цього потрібно активувати чек-бокс «Показники поза нормою». При цьому у вибірку увійдуть лише ті показники, поточні значення яких не відповідають нормативним значенням. Чек-бокс «Показники поза нормою» зображено на рисунку Е.3.

Рисунок Е.3 – чек-бокс «Показники поза нормою»

Для формування вибірки по даним якості води потрібно скористатись фільтрами для вибору показника якості. За замовчуванням вибірка виводиться за всіма показниками якості. Для виведення інформації за конкретними показниками, потрібно активувати один чи кілька чек-боксів відповідних показників якості та натиснути кнопку «Фільтрувати». Зміна конфігурації фільтру «Показник якості» впливає на кількість стовпців, що входять до вибірки: у вибірку будуть входити лише стовпці з даними за тими показниками якості, для яких активовані чек-бокси. Приклади користувацьких конфігурацій фільтру наведено на рисунку Е.4.

Рисунок Е.4 – Приклади користувацьких конфігурацій фільтру  
«Показники якості»

Для вказання ділянки відбору потрібно скористатись блоком фільтру «Ділянка відбору проби», який являє собою масив чек-боксів, що відповідають певним ділянкам системи водопостачання другого контуру, на яких відбувається відбір проб. За замовчуванням вибірка виводиться для всіх



ділянок відбору проб. Для вибору однієї чи кількох ділянок відбору проб потрібно активувати відповідні чек-бокси, які представлені в фільтрі «Ділянка відбору проби». Для виведення інформації за певними ділянками відбору проб, потрібно активувати один чи кілька чек-боксів відповідних ділянок та натиснути кнопку «Фільтрувати». Зміна конфігурації фільтру «Ділянка відбору проби» впливає на кількість стовпців, що входять до вибірки: у вибірку будуть входити лише стовпці з даними за тими ділянками відбору, для яких активовані чек-бокси. Приклади користувацьких конфігурацій фільтру приведено на рисунку Е.5.

Рисунок Е.5 – Приклади користувацьких конфігурацій фільтру  
«Ділянка відбору проби»

Для вказання точки відбору потрібно скористатись блоком фільтру «Точка відбору проби», який являє собою масив чек-боксів, що відповідають певним точкам на ділянках системи водопостачання другого контуру, на яких відбувається відбір проб. За замовчуванням вибірка виводиться для всіх точок відбору проб.

Для вибору однієї чи кількох точок відбору проб потрібно активувати відповідні чек-бокси, які представлені в фільтрі «Точка відбору проби». Для виведення інформації за певними точками відбору проб, потрібно активувати один чи кілька чек-боксів відповідних точок та натиснути кнопку «Фільтрувати».

Зміна конфігурації фільтру «Точка відбору проби» впливає на кількість стовпців, що входять до вибірки: у вибірку будуть входити лише стовпці з даними за тими точками відбору, для яких активовані чек-бокси. Приклади користувацьких конфігурацій фільтру приведено на рисунку Е.6.

Рисунок Е.6 – Приклади користувацьких конфігурацій фільтру  
«Точка відбору проби»

Для застосування користувацької конфігурації фільтру потрібно

натиснути кнопку «Фільтрувати».

При цьому в блоці виведення даних буде відображатись вибірка, що відповідає умовам вказаного фільтру.

Якщо ж в базі даних немає записів, що відповідають умовам фільтру, то таблиця даних буде виводитись пустою. Кнопка «Filter» наведена на рисунку Е.7.

Рисунок Е.7 – Кнопка для застосування користувацького фільтру

Для завантаження даних вибірки на комп'ютер оператора клієнтської станції, потрібно натиснути кнопку «Експорт звіту».

При натисканні кнопки «Export» система створює файл в форматі .CSV та пропонує зберегти його локально на жорсткому диску комп'ютера. Кнопка експорту зображена на рисунку Е.8.

Рисунок Е.8 – Кнопка для експорту даних вибірки у звіт

Для скидання фільтру до значень за замовчуванням потрібно натиснути кнопку «Reset all». При цьому конфігурація всіх блоків фільтру буде відновлена до початкового стану для виведення всього масиву даних за певним режимом роботи енергоблоку.

Для виведення вибірки за даною конфігурацією фільтру потрібно натиснути кнопку «Filter». Кнопка «Reset all» наведена на рисунку Е.9.

Рисунок Е.9 – Кнопка для відновлення конфігурації фільтру за замовчуванням

У оператора клієнтської станції є можливість імпорту даних в базу даних з допомогою файлу. Імпорт можна виконати лише з допомогою файлу фіксованої структури. Для того, щоб завантажити шаблон з правильною структурою файлу імпорту, потрібно натиснути кнопку «Download Template».

При цьому буде запропоновано зберегти шаблон файлу локально на жорсткий диск комп'ютера клієнтської станції. Кнопка «Download Template»

зображена на рисунку Е.10.

Рисунок Е.10 – Кнопка для завантаження шаблону файлу з коректною структурою для імпорту даних

Для імпортування масиву даних в базу даних потрібно спочатку вказати шлях до файлу імпорту, скориставшись кнопкою «Choose File». Після того, як файл буде вказано, потрібно натиснути кнопку «Upload». При цьому дані файлу будуть занесені в базу даних з поточним значенням дати та часу. Кнопки «Choose File» та «Upload» показані на рисунку Е.11.

Рисунок Е.11 – Кнопки для імпортування даних в базу з допомогою файла імпорта