

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Навчально-науковий інститут «Українська інженерно-педагогічна
академія»
Кафедра (автоматизації, метрології та енергоефективних технологій)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

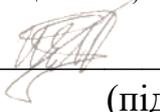
магістра

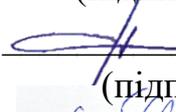
на тему

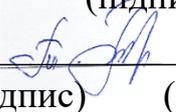
«Професійна підготовка фахівців дослідної
лабораторії до застосування моделюючої системи зневоднення та
знесолювання нафти»
(тема кваліфікаційної роботи)

Виконав: студент 2 курсу, групи ДЕА-ПОНС24мг
спеціальності: 015 Професійна освіта (Видобуток, переробка та
транспортування корисних копалин)

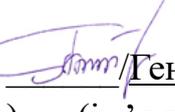
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

 / Євгеній ІОФФЕ
(підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник  / Наталія АНТОНЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

Рецензент  / Тетяна БОНДАРЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

«До захисту допущено»

В.о. завідувача кафедри  / Геннадій КАНЮК
(підпис) (ім'я та прізвище)

Нормоконтроль  / Євген КЛЮЧКА
(підпис) (ім'я та прізвище)

Секретар ЕК  / Євген КЛЮЧКА
(підпис) (ім'я та прізвище)

Харків – 2025 рік

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ. В.Н.
КАРАЗІНА**

Навчально-науковий інститут «Українська інженерно-педагогічна
академія»

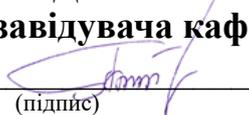
Кафедра автоматизації, метрології та енергоефективних технологій

Спеціальність 015.35 Професійна освіта (Видобуток, переробка та
транспортування корисних копалин)

Освітньо-професійна програма «Професійна освіта (Нафтогазова
справа)»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри


(підпис)

д.т.н., проф. Геннадій КАНЮК

«__» _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу (дипломну роботу/дипломний проєкт)
другого (магістерського) рівня вищої освіти

здобувачу (ці) вищої освіти Євгенію ІОФФЕ
(ім'я, прізвище)

1. Тема «Професійна підготовка фахівців дослідної лабораторії до застосування моделюючої системи зневоднення та знесолювання нафти» затверджена наказом по університету № 4801-5/3664 від 06.10.2025 р.

2. Термін здачі закінченої роботи «10» грудня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи/проєкту: Закони України, Постанови Верховної Ради, Постанови Кабінету Міністрів, теоретичні та практичні розробки вітчизняних та зарубіжних авторів за темою роботи, періодичні видання, статистичні дані, галузева нормативна документація, технологічна документація. Розробка дидактичного проєкту факультативного заняття з теми «Застосування моделюючої системи зневоднення та знесолювання нафти», що вивчається у процесі підвищення кваліфікації фахівців дослідної лабораторії»

4. Зміст роботи/проєкту (перелік питань, що їх належить розробити): Аналітичний огляд літератури. Актуальність професійної підготовки фахівців дослідної лабораторії до застосування моделюючої системи зневоднення та знесолювання нафти. Аналіз та оцінювання сучасних розрахункових модулів для моделювання процесів зневоднення та знесолення водонафтових емульсій. Вимоги до кадрового забезпечення об'єкту галузі. Розробка дидактичного проєкту викладання теми «застосування моделюючої системи зневоднення та

знесолювання нафти», що вивчається у процесі підвищення кваліфікації фахівців дослідної лабораторії.

5.Перелік графічного матеріалу (презентаційний матеріал):
Презентація, виконана в програмі Microsoft PowerPoint

6. Консультант:

Розділ	Консультант	Підпис, дата		Оцінка (бали)
		Завдання видав	Завдання прийняв	
1	д.пед.н., проф. Брюханова Н.О.			

7. Дата видачі завдання «01» вересня 2025 р.

Керівник роботи


(підпис)

Наталія АНТОНЕНКО

(ім'я, прізвище)

Завдання прийняв до виконання


(підпис)

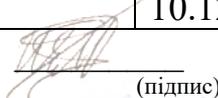
Євгеній ІОФФЕ

(ім'я, прізвище)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН-ГРАФІК
виконання кваліфікаційної роботи
(дипломної роботи/дипломного проєкту)

№ з/п	Назва етапів роботи та питань, які мають бути розроблені відповідно до завдання	Термін виконання	Позначки керівника про виконання завдань
1	Актуальність професійної підготовки фахівців дослідної лабораторії до застосування моделюючої системи зневоднення та знесолювання нафти	01.09.2025 – 15.09.2025	
2	Аналіз та оцінювання сучасних розрахункових модулів для моделювання процесів зневоднення та знесолення водонафтових емульсій	16.09.2025 – 05.11.2025	
3	Вимоги до кадрового забезпечення об'єкту галузі	06.11.2025 – 15.11.2025	
4	Розробка дидактичного проєкту викладання теми «Застосування моделюючої системи зневоднення та знесолювання нафти», що вивчається у процесі підвищення кваліфікації фахівців дослідної лабораторії	16.11.2025 – 29.11.2025	
5	Оформлення пояснювальної записки та презентації	До 10.12.2025	

Здобувач (ка) вищої освіти

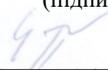

(підпис)

Євгеній ІОФФЕ

(ім'я, прізвище)

Нормоконтроль

(підпис)



Євген КЛЮЧКА

(ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

до магістерської роботи на тему
«Професійна підготовка фахівців дослідної лабораторії до застосування моделюючої системи зневоднення та знесолювання нафти»

Євгеній ІОФФЕ

Магістерська робота складається з 90 сторінка, 4 рисунків, 13 таблиць, список літератури містить 27 джерел.

ДИДАКТИЧНИЙ ПРОЄКТ, ПІДВИЩЕННЯ КВАЛІФІКАЦІЇ,
ПРОФЕСІЙНА ПІДГОТОВКА, ДОСЛІДНА ЛАБОРАТОРІЯ,
ВОДОНАФТОВА ЕМУЛЬСІЯ, СИСТЕМА ЗНЕВОДНЕННЯ, СИСТЕМА
ЗНЕСОЛЕННЯ, ТРИФАЗНИЙ СЕПАРАТОР

Об'єкт дослідження – процес професійної підготовки інженерно-технічного персоналу дослідних лабораторій нафтовидобувних підприємств, який спрямований на ефективне застосування технологій зневоднення та знесолювання нафти з використанням моделюючих систем.

Предмет дослідження – професійна підготовка фахівців лабораторій до експлуатації моделюючих систем, аналіз їх впливу на якість досліджень, відпрацювання технологічних режимів і прогнозування результатів обробки нафти.

У роботі обґрунтовано значущість якісної професійної підготовки фахівців дослідних лабораторій до ефективного використання моделюючої системи процесів зневоднення та знесолювання нафти. Проведено ґрунтовний аналіз і системне оцінювання сучасних розрахункових модулів, що застосовуються для моделювання поведінки водонафтових емульсій у процесах їх зневоднення та знесолення. Крім того, сформовано та науково аргументовано комплекс вимог до кадрового забезпечення інженерно-технічного персоналу лабораторій нафтовидобувних підприємств, що забезпечує підвищення достовірності досліджень і ефективності технологічного контролю.

Розроблено дидактичний проєкт викладання теми «Застосування моделюючої системи зневоднення та знесолювання нафти», що охоплює зміст, структуру та методичні підходи до її опанування у межах програм підвищення кваліфікації фахівців дослідних лабораторій. У проєкті обґрунтовано педагогічні умови ефективного навчання, визначено цілі, очікувані результати та оптимальні форми організації навчальної діяльності для засвоєння сучасних методів моделювання технологічних процесів.

ABSTRACT

of the master's thesis on the topic

‘Professional training of research laboratory specialists in the application of a modelling system for oil dehydration and desalination’

Yevgeniy IOFFE

The master's thesis consists of 90 pages, 4 figures, 13 tables, and a list of references containing 27 sources.

DIDACTIC PROJECT, ADVANCED TRAINING, PROFESSIONAL TRAINING, RESEARCH LABORATORY, WATER-OIL EMULSION, DEWATERING SYSTEM, DESALINATION SYSTEM, THREE-PHASE SEPARATOR

The object of research is the process of professional training of engineering and technical personnel of research laboratories of oil production enterprises, which is aimed at the effective application of oil dewatering and desalting technologies using modelling systems.

The subject of the study is the professional training of laboratory specialists in the operation of modelling systems, analysis of their impact on the quality of research, development of technological modes and forecasting of oil processing results.

The work substantiates the importance of high-quality professional training of research laboratory specialists for the effective use of the modelling system for oil dehydration and desalting processes. A thorough analysis and systematic evaluation of modern calculation modules used to model the behaviour of water-oil emulsions in the processes of their dehydration and desalting has been carried out. In addition, a set of requirements for the staffing of engineering and technical personnel in the laboratories of oil production enterprises has been formulated and scientifically substantiated, which ensures increased reliability of research and effectiveness of technological control.

A didactic project for teaching the topic ‘Application of a modelling system for oil dehydration and desalination’ has been developed, covering the content, structure and methodological approaches to its mastery within the framework of advanced training programmes for research laboratory specialists. The project substantiates the pedagogical conditions for effective learning, defines the goals, expected results and optimal forms of organisation of educational activities for the assimilation of modern methods of modelling technological processes.

ВСТУП

Сучасна нафтова промисловість характеризується постійним зростанням складності технологічних процесів та вимог до якості переробки сировини. Одним із критично важливих етапів підготовки нафти до транспортування та переробки є ефективне зневоднення та знесолювання, яке безпосередньо впливає на технічний стан обладнання, економічну ефективність виробництва та безпеку промислових об'єктів. Застосування моделюючих систем у лабораторних умовах дозволяє відпрацьовувати оптимальні технологічні режими, прогнозувати ефективність процесів і знижувати ризики виробничих відмов на етапах експлуатації промислових установок.

Актуальність підготовки фахівців лабораторій обумовлена необхідністю забезпечення високого рівня професійної компетентності персоналу, який виконує експериментальні та моделюючі роботи. Працівники лабораторій повинні не лише володіти глибокими знаннями у сфері фізико-хімічних властивостей нафти, механізмів дегідратації та десоляції, але й уміти застосовувати сучасні моделюючі системи, обробляти та аналізувати результати експериментів, а також прогнозувати вплив технологічних рішень на реальні виробничі процеси.

Сьогодні нафтопереробні та видобувні підприємства стикаються з необхідністю підвищення якості технологічної підготовки сировини при мінімізації витрат і ризиків. Відповідно, підготовка фахівців лабораторій, здатних ефективно працювати з моделюючими системами, стає ключовим фактором підвищення продуктивності, безпеки та економічної ефективності підприємств. Інтеграція практичних навичок і сучасних цифрових інструментів у процес навчання дозволяє формувати висококваліфікований персонал, здатний швидко приймати обґрунтовані рішення, адаптуючись до складних умов виробництва.

Таким чином, актуальність дослідження визначається зростаючою потребою у формуванні системної та практично орієнтованої підготовки фахівців лабораторій, які володіють необхідними компетентностями для ефективного застосування моделюючих систем зневоднення та знесолювання нафти. Реалізація такого підходу дозволяє підвищити точність лабораторних експериментів, оптимізувати технологічні процеси на підприємствах і знизити ризики аварій та виробничих втрат.

Об'єкт дослідження – процес професійної підготовки інженерно-технічного персоналу дослідних лабораторій нафтовидобувних підприємств, який спрямований на ефективне застосування технологій зневоднення та знесолювання нафти з використанням моделюючих систем.

Предмет дослідження – професійна підготовка фахівців лабораторій до експлуатації моделюючих систем, аналіз їх впливу на якість досліджень, відпрацювання технологічних режимів і прогнозування результатів обробки нафти.

Мета дослідження – теоретично обґрунтувати та розробити систему професійної підготовки персоналу дослідних лабораторій, яка забезпечить формування компетентностей, необхідних для точного застосування моделюючих систем зневоднення та знесолювання нафти, а також прийняття обґрунтованих технологічних рішень на основі лабораторних експериментів і моделювання.

Гіпотеза дослідження – професійна підготовка фахівців лабораторії забезпечуватиме ефективне застосування моделюючих систем та високу якість результатів експериментів, якщо:

- навчальний зміст включатиме вивчення фізико-хімічних властивостей нафти, механізмів дегідратації та десоляції, конструкції та принципів роботи моделюючих установок;

- буде забезпечено інтеграцію знань з хімії, гідродинаміки, технології переробки нафти, промислової безпеки та нормативного регулювання;

– використовуватимуться практико-орієнтовані методи навчання, включаючи роботу з моделюючими системами, аналіз результатів лабораторних експериментів і симуляцій;

– застосовуватимуться цифрові інструменти обробки даних та прогнозування ефективності технологічних режимів.

Завдання дослідження:

1. Проаналізувати особливості професійної діяльності фахівців лабораторій, які застосовують моделюючі системи для зневоднення та знесолювання нафти.

2. Визначити компетентнісні вимоги до персоналу для якісного проведення лабораторних експериментів і технологічного моделювання.

3. Розробити зміст, структуру та методи професійної підготовки фахівців лабораторій із застосуванням моделюючих систем.

4. Створити програму підвищення кваліфікації з урахуванням технологічних, аналітичних, цифрових та нормативних аспектів лабораторної роботи.

Методи дослідження: аналіз нормативних та методичних документів з лабораторного контролю та обробки нафти, огляд сучасних технологій зневоднення та десоляції, порівняльний аналіз навчальних програм підготовки лабораторного персоналу у нафтовій галузі, експертне опитування фахівців, моделювання лабораторних експериментів, педагогічне проектування дидактичної системи підготовки, узагальнення практичного досвіду лабораторій.

Наукова новизна дослідження полягає у тому, що:

– вперше запропоновано комплексну систему професійної підготовки фахівців лабораторій для ефективного застосування моделюючих систем зневоднення та знесолювання нафти;

– розроблено дидактичну модель навчання, яка поєднує технічні, аналітичні, цифрові та нормативні компетентності.

Практична значущість дослідження полягає у можливості впровадження розробленої системи підготовки у програми підвищення кваліфікації лабораторного персоналу, що дозволяє підвищити точність експериментальних даних, зменшити ризики помилок у технологічних рішеннях та оптимізувати процеси зневоднення і знесолювання нафти.

Структура магістерської роботи: робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків і списку використаних джерел.

РОЗДІЛ 1

АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ ДОСЛІДНОЇ ЛАБОРАТОРІЇ ДО ЗАСТОСУВАННЯ МОДЕЛЮЮЧОЇ СИСТЕМИ ЗНЕВОДНЕННЯ ТА ЗНЕСОЛЮВАННЯ НАФТИ

1.1. Значення професійної підготовки персоналу у сучасних лабораторних дослідженнях

Професійна підготовка персоналу лабораторій є визначальним чинником ефективності та точності проведення науково-дослідних та технологічних робіт у нафтопереробній та видобувній галузях. У сучасних умовах зростає складність процесів зневоднення та знесолювання нафти, що зумовлює підвищені вимоги до компетентності фахівців. Кваліфіковані співробітники лабораторій забезпечують стабільність і достовірність результатів експериментів, що безпосередньо впливає на якість кінцевої продукції та економічну ефективність підприємства. Високий рівень професійної підготовки дозволяє не лише проводити точні вимірювання, а й оптимізувати параметри технологічних процесів, передбачати можливі відхилення та ризики, а також формувати рекомендації для виробничих підрозділів.

Компетентності, необхідні для роботи з моделюючими системами зневоднення та знесолювання нафти, охоплюють глибокі фізико-хімічні знання, розуміння механізмів взаємодії компонентів нафти та реагентів, володіння технологічними прийомами та методами аналітичного контролю. Важливою складовою є також розвиток аналітичного мислення, здатності оцінювати результати експериментів та приймати оперативні рішення при виявленні технологічних відхилень. Особливу роль відіграє інтеграція теоретичних знань із практичними навичками, що формує комплексну компетентність фахівця та дозволяє ефективно працювати з сучасними моделюючими системами.

Використання практико-орієнтованого навчання, лабораторних стендів, цифрових симуляторів і програмних моделей процесів зневоднення та знесолювання нафти суттєво підвищує професійний рівень персоналу. Такі інструменти дозволяють моделювати різні виробничі ситуації, прогнозувати поведінку систем у реальному часі, а також відпрацьовувати складні технологічні операції у безпечному середовищі. Впровадження цих методів у систему підвищення кваліфікації фахівців сприяє формуванню цілісного уявлення про технологічні процеси та розвиткові практичних навичок, необхідних для забезпечення надійності та продуктивності лабораторних досліджень.

1.2. Актуальні проблеми і виклики сучасного нафтопереробного виробництва

Сучасне нафтопереробне виробництво характеризується високим рівнем технологічної складності та динамічними змінами умов функціонування підприємств. Зростання складності технологічних процесів зумовлено необхідністю обробки різноманітних видів нафти з різними фізико-хімічними характеристиками, підвищеними вимогами до якості готової продукції та дедалі жорсткішими екологічними стандартами. У таких умовах ефективність роботи підприємства безпосередньо залежить від компетентності персоналу лабораторій, здатності оперативно реагувати на відхилення параметрів процесу та приймати рішення для запобігання аварійним ситуаціям.

Підготовка нафти до транспортування і переробки включає ряд складних технологічних операцій, таких як зневоднення, знесолювання, сорбційна очистка та стабілізація продукту. Кожна з цих операцій потребує точного контролю параметрів процесу, знання фізико-хімічних властивостей нафти та взаємодії компонентів із реагентами. Навіть незначні відхилення від оптимальних умов можуть призводити до утворення емульсій, підвищеного

вмісту води чи солей у нафті, що, у свою чергу, знижує ефективність подальшої переробки і негативно впливає на якість готової продукції.

У сучасних умовах виробництва значно зросли вимоги до безпеки технологічних процесів. Лабораторний персонал повинен не лише точно виконувати експериментальні та контрольні операції, а й дотримуватися норм промислової безпеки, правил поводження з хімічними реагентами, системами підвищеного тиску та обладнанням, що працює при високих температурах. Відповідність стандартам безпеки є обов'язковою для запобігання аваріям, вибухам та іншим небезпечним ситуаціям, що можуть призвести до матеріальних втрат, шкоди навколишньому середовищу та загрози життю персоналу.

Екологічні вимоги до нафтопереробного виробництва постійно посилюються. Викиди шкідливих речовин у навколишнє середовище, неконтрольоване утворення відходів та погана якість відпрацьованої продукції можуть спричиняти серйозні екологічні наслідки. Персонал лабораторій відіграє ключову роль у забезпеченні екологічної безпеки, контролюючи вміст шкідливих компонентів у нафті та реагентах, проводячи точний аналіз проміжних та кінцевих продуктів. Застосування сучасних цифрових технологій та моделюючих систем дозволяє прогнозувати екологічні ризики та своєчасно коригувати технологічні режими для зменшення негативного впливу на довкілля.

Особливо актуальним є питання мінімізації аварійних ситуацій та втрат продукції. Навіть незначні технічні або технологічні відхилення можуть призводити до значних економічних втрат, порушень графіків постачання та зниження рентабельності підприємства. Для їхнього запобігання необхідний високий рівень професійної підготовки персоналу лабораторій, який включає не лише знання теоретичних основ фізико-хімічних процесів, а й практичні навички роботи з моделюючими системами, контролю та прогнозування параметрів процесів. Компетентний персонал здатний виявляти відхилення на

ранніх стадіях, швидко аналізувати причини і пропонувати ефективні методи корекції технологічного режиму.

Ще однією проблемою сучасного виробництва є інтеграція лабораторних досліджень із виробничими процесами. Лабораторний персонал повинен взаємодіяти з інженерами та технологами, забезпечуючи точну передачу даних, рекомендацій і прогнозів щодо параметрів нафти. Це вимагає не лише високого рівня професійної підготовки, а й комунікативних навичок, здатності працювати в команді та використовувати сучасні цифрові інструменти для збору, обробки та аналізу даних. Інтеграція лабораторних та виробничих процесів дозволяє скоротити час реагування на зміни у характеристиках нафти, знизити втрати продукції та підвищити стабільність технологічних операцій.

Зростання складності технологічних процесів підготовки нафти також ставить високі вимоги до методології навчання та підвищення кваліфікації фахівців лабораторій. Класичні форми навчання у вигляді лекцій або демонстрацій вже не забезпечують достатнього рівня компетентності. Необхідно впроваджувати практико-орієнтовані методи навчання, цифрові симулятори, моделюючі системи та кейс-методи, які дозволяють персоналу набувати досвід у безпечному середовищі та відпрацьовувати алгоритми дій у складних виробничих ситуаціях. Такий підхід забезпечує формування комплексних компетентностей, що включають технічні, аналітичні та організаційні навички, а також уміння приймати обґрунтовані рішення під час роботи з моделюючими системами зневоднення та знесолювання нафти.

В умовах зростаючих вимог до якості нафти та ефективності виробництва особливо важливим стає використання цифрових інструментів прогнозування і контролю технологічних параметрів. Ці інструменти дозволяють лабораторному персоналу оцінювати вплив змін у фізико-хімічних властивостях нафти на ефективність процесів, передбачати можливі відхилення та планувати коригувальні дії. Підготовка персоналу до роботи з

такими цифровими інструментами є критичною для підвищення безпеки, зниження аварійності та підвищення продуктивності виробництва.

Таким чином, сучасне нафтопереробне виробництво стикається з комплексом проблем, пов'язаних із зростанням технологічної складності, підвищенням вимог до безпеки та екологічності, а також необхідністю мінімізації втрат продукції. Успішне вирішення цих проблем неможливе без високого рівня професійної підготовки персоналу лабораторій, інтеграції практичних та цифрових методів навчання, а також розвитку компетентностей, що дозволяють забезпечити точність, надійність і ефективність процесів зневоднення та знесолювання нафти.

1.3. Науково-практична значущість підготовки фахівців лабораторії

Підготовка висококваліфікованих фахівців лабораторій, які займаються зневодненням та знесолюванням нафти, є одним із ключових факторів забезпечення ефективності нафтопереробного виробництва. Високий рівень професійної підготовки персоналу безпосередньо впливає на якість обробки сировини, точність контролю технологічних параметрів та здатність попереджувати негативні наслідки при відхиленні процесу від нормативних значень. У сучасних умовах підвищення вимог до якості нафти та екологічної безпеки промислових операцій роль лабораторного персоналу набуває особливої значущості.

Ефективне зневоднення та знесолювання нафти є критичними етапами підготовки сировини для транспортування та переробки. Недотримання оптимальних умов цих процесів може призводити до появи емульсій, високого вмісту солей та води, що негативно впливає на обладнання, зменшує вихід кінцевих продуктів і підвищує ризики аварій. Тому кваліфіковані фахівці лабораторій повинні мати ґрунтовні знання фізико-хімічних властивостей нафти, хімії розчинників та реагентів, процесів сорбції та стабілізації. Практичні навички роботи з моделюючими системами та сучасними

цифровими інструментами дозволяють фахівцям точно оцінювати стан технологічних потоків та оперативно коригувати параметри процесу.

Науково-практична значущість професійної підготовки персоналу проявляється у прямому впливі на ефективність виробництва. Кваліфіковані кадри забезпечують стабільність технологічних операцій, зменшують кількість відходів та втрат сировини, підвищують вихід якісного продукту. Крім того, професійно підготовлений персонал здатний передбачати відхилення процесів, виявляти потенційно аварійні ситуації та приймати обґрунтовані рішення щодо їх усунення. Така підготовка включає комплекс знань і компетенцій у сфері фізико-хімічного аналізу, гідродинаміки, технології обробки нафти та систем автоматичного контролю, що робить роботу лабораторії інтегрованою з виробничими процесами підприємства.

Особливу значущість має інтеграція навчальних програм із реальними виробничими процесами. Традиційне навчання лише на теоретичному рівні не забезпечує необхідного рівня компетентності для виконання складних лабораторних операцій. Застосування практико-орієнтованих методів навчання, таких як робота на моделюючих системах, лабораторні дослідження, аналіз реальних технологічних кейсів, тренінги з прогнозування та контролю параметрів процесу, дозволяє персоналу відпрацьовувати навички у безпечних умовах та підвищувати оперативну ефективність на підприємстві. Такий підхід формує системне розуміння технології, критичне мислення та здатність приймати рішення у нестандартних виробничих ситуаціях.

Інтеграція навчальних програм із виробничими процесами також сприяє оптимізації взаємодії між лабораторією та технологічними цехами. Фахівці, які розуміють особливості обладнання та хімічних процесів, здатні більш точно передавати дані, формувати рекомендації щодо корекції параметрів та брати участь у плануванні робіт. Це забезпечує безперервність технологічних процесів, зменшує ризик простоїв та підвищує економічну ефективність підприємства. Крім того, такий підхід дозволяє швидше впроваджувати нові

технології та модернізоване обладнання, оскільки персонал вже має необхідну підготовку для адаптації до змін.

Перспективи впровадження системи підвищення кваліфікації на підприємствах та у навчальних центрах значні. Сучасні освітні програми можуть поєднувати очні та дистанційні форми навчання, лабораторні та практичні модулі, тренажери та цифрові симулятори. Це дозволяє гнучко адаптувати підготовку до рівня компетентності слухачів та специфіки підприємства. Системна підготовка персоналу підвищує безпеку виробництва, знижує ймовірність аварій та зменшує матеріальні втрати. Крім того, вона сприяє розвитку аналітичних здібностей та професійної мобільності працівників, що є важливим у контексті модернізації нафтопереробних технологій.

Зокрема, впровадження системи підвищення кваліфікації дозволяє стандартизувати підготовку персоналу, створити єдину методологію оцінки компетентності та забезпечити безперервний розвиток фахівців. Використання сучасних цифрових платформ для навчання дозволяє моделювати різноманітні технологічні сценарії, оцінювати ефективність різних методів обробки нафти та прогнозувати результати експериментальних операцій. Це значно підвищує науково-практичну цінність роботи лабораторії та сприяє підвищенню конкурентоспроможності підприємства на ринку нафтопереробки.

Таким чином, науково-практична значущість підготовки фахівців лабораторії проявляється у забезпеченні стабільності та ефективності технологічних процесів, інтеграції навчання з виробництвом, підвищенні безпеки та економічної ефективності. Компетентний лабораторний персонал не лише виконує контрольні та аналітичні функції, але й активно впливає на оптимізацію процесів, прогнозування можливих відхилень та впровадження інноваційних рішень. Впровадження системи підвищення кваліфікації на підприємствах та у навчальних центрах є необхідним кроком для розвитку кадрового потенціалу, підвищення якості нафтопереробки та забезпечення

стійкості технологічних процесів у сучасних умовах промислового виробництва.

1.4. Необхідність розробки системи підготовки персоналу лабораторії

Сучасні нафтопереробні та лабораторні процеси відзначаються високою складністю та інтеграцією численних технологічних етапів, серед яких ключовим є зневоднення та знесолювання нафти. Ефективність цих процесів значною мірою залежить від професійної підготовки лабораторного персоналу. Науково обґрунтована система навчання дозволяє не лише підвищити рівень знань та навичок фахівців, але й забезпечити стабільність виробничих операцій, точність аналізу та своєчасне виявлення технологічних відхилень.

Обґрунтування методичних, організаційних та технологічних засад навчання є першочерговим завданням для створення системи підготовки. Методичні засади включають розробку структурованого навчального матеріалу, що поєднує теоретичні знання з практичними навичками. Організаційні аспекти стосуються побудови програми підвищення кваліфікації, визначення тривалості курсів, форм проведення занять та послідовності етапів підготовки. Технологічні засади охоплюють вибір сучасних лабораторних та цифрових інструментів, які дозволяють моделювати процеси зневоднення та знесолювання нафти, оцінювати ефективність різних технологічних режимів та прогнозувати результати обробки сировини. Системний підхід до розробки методики навчання забезпечує інтеграцію теоретичних знань з виробничими потребами підприємства.

Формування компетентностей персоналу є ключовою метою навчальної системи. Фахівці лабораторій повинні не лише володіти знаннями фізико-хімічних властивостей нафти, механізмів емульгування та процесів осадження солей, а й вміти застосовувати ці знання для управління технологічними

процесами. Компетентності включають здатність до точного моделювання процесів, аналізу отриманих результатів, ідентифікації відхилень та розробки рекомендацій для корекції технологічних режимів. Високий рівень цих навичок дозволяє лабораторному персоналу оперативно реагувати на зміни характеристик сировини та забезпечувати стабільність кінцевого продукту.

Використання цифрових симуляторів, тренажерів та практичних кейсів є невід'ємною складовою ефективною системи підготовки. Ці інструменти дозволяють моделювати різноманітні сценарії роботи технологічного обладнання, оцінювати наслідки змін параметрів процесу та відпрацьовувати навички прийняття рішень у безпечному середовищі. Практичні кейси, побудовані на реальних виробничих ситуаціях, допомагають слухачам інтегрувати теоретичні знання з практичним досвідом і формують аналітичне мислення, здатність прогнозувати наслідки технологічних рішень та оцінювати ризики. Таке навчання сприяє зменшенню помилок у виробничих процесах та підвищенню ефективності роботи лабораторії.

Розробка комплексної системи підготовки персоналу лабораторії дозволяє досягти кількох важливих результатів. По-перше, забезпечується стабільне функціонування технологічних процесів обробки нафти, що мінімізує втрати продукції та підвищує її якість. По-друге, підвищується рівень безпеки та знижується ймовірність аварійних ситуацій, оскільки персонал має необхідні знання для оперативного реагування на відхилення від технологічних норм. По-третє, інтеграція цифрових та практичних методів навчання сприяє розвитку професійної мобільності фахівців, їх здатності швидко адаптуватися до нових технологій та впроваджувати інноваційні рішення.

Таким чином, розробка системи підготовки персоналу лабораторії є необхідною умовою для підвищення ефективності та надійності процесів зневоднення та знесолювання нафти. Вона забезпечує формування необхідних компетентностей, інтегрує навчання з реальними виробничими завданнями та створює можливості для безпечної та економічно вигідної експлуатації

нафтопереробного обладнання. Використання цифрових симуляторів, тренажерів та практичних кейсів дозволяє лабораторному персоналу відпрацьовувати навички у контрольованому середовищі, що підвищує точність прийняття рішень та якість результатів технологічного процесу.

Висновки до розділу 1

Проведений аналіз сучасних вимог до професійної підготовки персоналу лабораторій нафтопереробних підприємств дозволяє зробити висновок про ключову роль кваліфікованих фахівців у забезпеченні ефективності та точності технологічних процесів зневоднення та знесолювання нафти. Встановлено, що успішне виконання лабораторних завдань значною мірою залежить від інтеграції фундаментальних знань з хімії, фізико-хімічних властивостей нафти, технології обробки та аналітичних навичок.

Сучасні технологічні виклики, пов'язані зі зростанням складності процесів підготовки нафти, підвищеними вимогами до якості продукції та безпеки, а також необхідністю мінімізації аварійних ситуацій, підтверджують актуальність системної підготовки лабораторного персоналу. Підвищення рівня кваліфікації фахівців дозволяє не лише підвищити точність результатів досліджень, а й забезпечити своєчасне виявлення відхилень у роботі технологічного обладнання та оптимізацію параметрів процесів.

Науково-практична значущість підготовки персоналу лабораторій полягає у прямому впливі кваліфікації фахівців на ефективність процесів зневоднення та знесолювання нафти. Професійна підготовка дозволяє інтегрувати навчальні програми з реальними виробничими процесами, що сприяє формуванню компетентностей, необхідних для точного моделювання та аналізу технологічних операцій. Використання цифрових симуляторів, тренажерів та практичних кейсів забезпечує безпечне відпрацювання навичок, формує аналітичне мислення та підвищує готовність персоналу до прийняття оперативних рішень у реальних виробничих умовах.

Необхідність розробки системи професійної підготовки обумовлена потребою у стандартизованому підході до навчання, який поєднує теоретичну базу, практичні навички та цифрові інструменти моделювання. Така система дозволяє формувати у фахівців лабораторій ключові компетентності, включаючи здатність оцінювати технологічні параметри, прогнозувати ефективність процесів та забезпечувати стабільну роботу обладнання.

Отже, професійна підготовка фахівців лабораторії є критично важливою умовою підвищення ефективності та надійності процесів зневоднення і знесолювання нафти. Впровадження комплексної системи навчання забезпечує інтеграцію теоретичних знань із практичними навичками, підвищує рівень безпеки та зменшує ризики технологічних відмов. У результаті підготовлений персонал здатний ефективно працювати з моделюючими системами, оптимізувати процеси та забезпечувати стабільну якість кінцевої продукції, що має безпосереднє значення для підвищення продуктивності та конкурентоспроможності нафтопереробного підприємства.

РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ ТА ОЦІНЮВАННЯ СУЧАСНИХ РОЗРАХУНКОВИХ МОДУЛІВ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ЗНЕВОДНЕННЯ ТА ЗНЕСОЛЕННЯ ВОДОНАФТОВИХ ЕМУЛЬСІЙ

Згідно з даними Міжнародного енергетичного агентства (IEA), очікується, що світовий попит на нафту зросте на 1,9 мільйона барелів нафти на добу в 2023 році до рекордних 101,7 мільйона барелів на добу, при цьому половина приросту припадає на Китай [1].

Кількість нафти безпосередньо залежить від стадії підготовки нафти після її видобутку на родовищах. Також у нафтовій сфері спостерігається тренд на ресурсефективне виробництво. Математичне моделювання дозволяє проводити повний аналіз окремих установок з метою отримання максимального результату продуктивності. Математичне моделювання та створення цифрових двійників процесу поділу водонафтової емульсії дозволяє підвищити ефективність встановлення підготовки нафти та знизити операційні витрати підприємства.

Продукція, що видобувається із свердловин на газових, газоконденсатних та нафтових промислах є багатофазною багатокомпонентною системою. Тяжка сира нафта є складною сумішшю з високим співвідношенням смол і асфальтенів. Природні сполуки поверхнево-активних речовин зазвичай зустрічаються в смолі та асфальтенах, що є основною причиною утворення емульсії в пластових умовах.

У процесі витіснення утворюється емульсія вода-в-нафти може легко збільшувати в'язкість фази, що витісняється, і тим самим знижувати її рухливість в пористому середовищі [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]. Емульсія - термодинамічно нестабільна та кінетично стабільна рідина; отже, у пластових умовах емульсія може спонтанно піддаватися процесу руйнування за рахунок різних механізмів, таких як розшарування, седиментація, флокуляція, інверсія фаз та коалесценція [2, 3]. 3

З точки зору чисельного моделювання колектора, створення математичної моделі важливо для прогнозування руйнування емульсії.

Процеси зневоднення та знесолення нафти ускладнюються тим, що на початкових етапах розробки родовища змінюється газовий склад, фізичні та хімічні властивості водонафтової емульсії та значно збільшується концентрація води в нафті. Для прогнозування технологічних процесів з урахуванням найбільш значущих чинників використовують як строгі інженерні математичні моделі, і пакети моделювання, які включають широкий спектр різних методик.

2.1 Технології поділу водонафтових емульсій

Технології поділу водонафтової емульсії можна поділити на чотири категорії: фізичний метод, хімічний метод, фізико-хімічний метод та біохімічний метод.

Фізичний метод заснований на відмінності фізичних властивостей, таких як фазова щільність, провідність та швидкість звуку. Основними методами є гравітаційне занурення, відцентровий циклон, високовольтний електростатичний, високочастотний імпульс, мікрохвильове опромінення, ультразвукові хвилі, мембрана, екстракція на місці, газова флотація тощо.

У процесах хімічної деемульгації у водонафтові емульсії слід вводити реагенти (наприклад, деемульгатори, полімеризатори) для руйнування міцної міжфазної плівки і перекладу стану емульгування у вільний стан, тим самим домагаючись фазового поділу водомасляної емульсії.

Процеси фізико-хімічної деемульгації є комбінацією процесів фізичного та хімічного поділу.

При біохімічній деемульгації для руйнування емульсій використовуються біологічні деемульгатори, що виробляються клітинними тілами мікроорганізмів.

Кожен метод поділу має свої особливості та застосовні умови. Тому при виборі методів поділу слід всебічно враховувати такі фактори, як властивості нафти, вміст води, інтенсивність емульсії, а також диспергування та стабільність емульсії. У таблиці 2.1 показані поширені у промисловості технології поділу водонафтових емульсій, їх переваги та недоліки.

Таблиця 2.1

Короткий виклад технологій поділу водонафтових емульсій.

Спосіб руйнування емульсії	Переваги	Недоліки
Центрифугування	Висока ефективність, менший час роботи.	Висока вартість обслуговування та енергії для обертання.
Гідроциклон	Висока ефективність, компактні модулі, продуктивність для дрібніших частинок нафти.	Висока вартість обслуговування та енергії, засмічення.
Біодемульгація	Найкраща пристосованість, висока універсальність, нетоксичність, екологічність, здатність до розкладання.	Висока ціна.
Нагрівання	Методи широко використовуються, прості в експлуатації та ефективні при використанні у поєднанні з іншими методами.	Низька ефективність, більш тривалий час, спрямоване емульсією Н/В з більш високим вмістом води, часто використовується у поєднанні з іншими методами.

Електрична дегідратація		Можливість короткого замикання, споживає багато енергії та збільшує інвестиційні витрати.
Вплив гравітації		Незадовільний ефект деемульгування, велика потреба у обладнанні.
Вплив мікрохвильових променів	Висока швидкість, безефекту гістерези.	Низька швидкість зневоднення, тривалий час обстоювання.
Вплив ультразвуку	Нема забруднення, немає викидів, низьке енергоспоживання, сильна універсальність.	Складнощі промислового масштабування, висока вартість обладнання.
Магнітна обробка	Більше підходить для очищення стічних вод.	В даний час знаходиться на попередній стадії дослідження.
Використання мембрани	Висока ефективність, низьке енергоспоживання, широкий спектр застосування.	Низький мембранний потік, невелика продуктивність, засмічення мембрани.
Вилучення на місці	Плаваючу нафту можна безперервно збирати з поверхні води.	Висока ціна.
Газова флотація	Більше висока ефективність, Фіксовані частини, надійність та довговічність, простота в експлуатації.	Велике кількість знежиреного повітря, затримка у часі поділу, велика кількість генерованого повітря.

Хімічна деемульгація в основному досягається шляхом додавання емульсії хімічних деемульгаторів з сильною міжфазною активністю для досягнення поділу. Даний метод має такі переваги, як відмінні характеристики

деемульгування, висока ефективність, простота обладнання, економічність та широкий спектр застосування.

У методі фізичної деемульсації як седиментація, так і центрифугування використовують різницю в щільності і незмішування нафти та води для руйнування емульсії. У гравітаційному сепараторі до води можна додати NaCl, щоб збільшити різницю щільностей між нафтовою та водною фазами та покращити швидкість плавання крапель нафти [107]. Однак обладнання для поділу велике та дороге, а ефективність поділу відносно низька. Тому його зазвичай використовують у поєднанні з іншими методами розподілу.

При електродегідратації вважається, що вода в емульсії є полярним електролітом, який поляризується під дією електричного поля. Під дією електричного поля розрив міжфазної плівки відбувається внаслідок зіткнення поляризованих крапель. Сусідні краплі притягуються один до одного, утворюючи великі краплі та сприяючи поділу нафти та води [108].

Ультразвуковий метод в основному заснований на ультразвукових хвилях, які є пружними механічними хвилями з функцією механічної вібрації та термодинамічної взаємодії. У процесі вібрації сирій нафти і крапель води разом краплі води стикаються і зв'язуються один з одним, що призводить до збільшення розміру частинок. Тим часом, вібрація знижує міцність міжфазної плівки нафтоводу, що сприяє руйнуванню емульсії. Крім того, термодинамічна взаємодія ультразвукових хвиль також може знижувати в'язкість сирій нафти. Ультразвуковий метод дозволяє знизити температуру деемульгування та знизити споживання енергії. Однак, як і раніше, відчувається брак великотоннажного промислового обладнання [109].

Метод нагрівання призначений для прискорення зіткнення та злиття крапель. Метод нагрівання застосовується до емульсій В/Н з нижчим вмістом води. Тим не менш, цей метод має недоліки, що полягають у високих виробничих витратах, нестабільної продуктивності та обмеженості процесу.

Мікрохвиля являє собою тип електромагнітної хвилі з частотою від 300 МГц до 300 ГГц, яка може генерувати змінне електричне поле з частотою до

сотень мільйонів разів на секунду, а полярні молекули під дією електромагнітного поля створюють диполь для поляризації, що призводить до перетворення внутрішньої енергії в теплову енергію. Мікрохвильовий метод по суті є непрямим методом нагріву, але має переваги високої швидкості, однорідності, відсутності температурного градієнта та ефекту гістерези порівняно з традиційним методом нагріву [110].

Газова флотація застосовується для введення у воду мікробульбашок (іноді необхідно також додавання флотоагента або коагулянту), за допомогою яких краплі нафти (0,25 - 25 мкм) прикріплюються до бульбашок, утворюючи агрегати. Ці агрегати вириваються на поверхню за рахунок плавучості. Нарешті, поділ нафти та води здійснюється шляхом зіскрібання поверхневої піни. Ефективність поділу повітряної флотації визначається ймовірністю зіткнення бульбашок з нафтовою плямою. Отже, збільшення питомої поверхні бульбашок може підвищити ефективність поділу.

Мембрани можуть ефективно видаляти дрібні не містять хімікатів краплі нафти (менше 40 мкм) з низьким енергоспоживанням, низькими витратами на технічне обслуговування і низькими вимогами до надійності та простору [111] Однак основним недоліком технології мембранної сепарації є небажане осадження швидкості забруднення.

Біологічний метод ґрунтується на використанні мікроорганізмів для споживання поверхнево-активних речовин, які можуть зруйнувати плівку на межі розділу нафтовода. Метод має переваги низької концентрації, швидкого зневоднення, високої ефективності зневоднення, розкладу та нешкідливий для навколишнього середовища. Однак дослідження біологічного методу в даний час є незрілими та дорогими у використанні. Подальші дослідження можуть бути зосереджені на високоефективних, адаптованих та доступних біологічних деемульгаторах [112].

На рисунку 2.1 показано принципову схему сепаратора емульсії сирої нафти, що поєднує методи термічної та електричної деемульсації [113]. Пристрій містить камеру нагріву, камеру дегазації та електричну камеру.

Жарові труби обладнані в камері нагріву та занурені в емульсію [114]. Нагрів сприяє зниженню в'язкості емульсії сирої нафти та зменшенню опору руху води. Деемульгування досягається при температурі близько 80-85 °С. Потім рідини перетікають до дегазаційної камери, звідки виходить газ. Далі нагріта емульсія потрапляє до електричної камери, де під дією високовольтного електричного поля можуть зливатися дрібні краплі води.

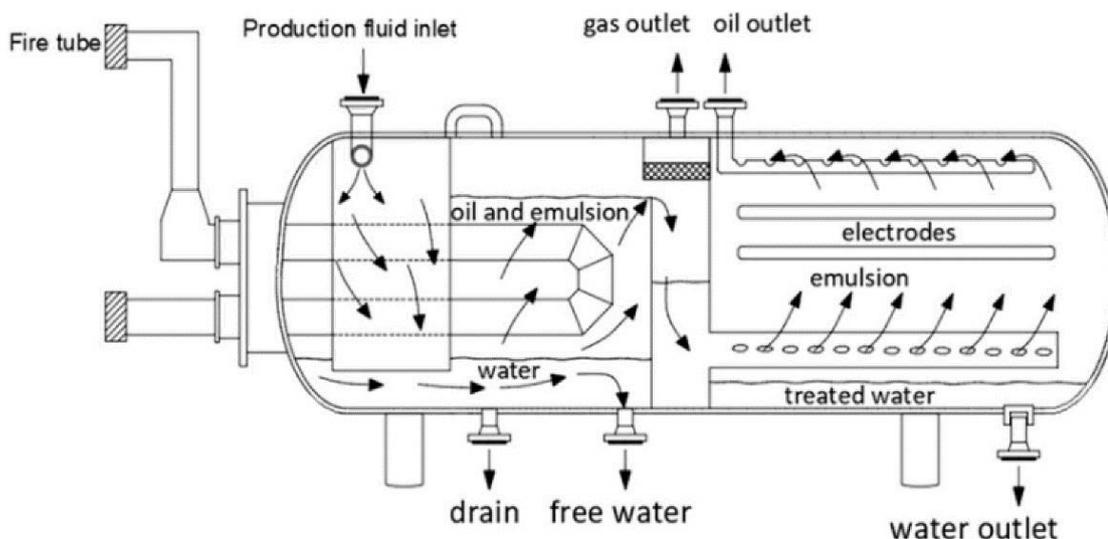


Рис. 2.1 – Принципова схема електростатичного нагрівача

Нижче описано процес морського видобутку нафти на норвезькому континентальному шельфі. Процес може проводитися на плавучій установці для видобутку, зберігання та розвантаження або на платформі. Корабель призначений для видобутку та транспортування природного газу та сирої нафти. Нафтові свердловини зазвичай підключаються до виробничого маніфольду на морському об'єкті. Флюїди випливають із верхньої частини нафтових свердловин для подальшої обробки (рис. 2.2). Спочатку рідини надходять у гравітаційний сепаратор, де відбувається трифазний (вода, нафта, газ) поділ. Через турбулентний потік, наявність смол і асфальтенів і очевидні перепади тиску в штуцерах або маніфольдах можуть утворюватися емульсії та піни, які можуть вплинути на сепарацію. Більшість вільного газу відокремлюється в гравітаційному сепараторі. Поділ води та нафти

проводиться після відстоювання та розшарування дисперсних фаз. Під час трифазного поділу дрібні тверді частинки будуть слідувати за потоками рідини, тоді як більші тверді частинки осідають у сепараторі. Потім сира нафта піддається подальшій обробці в сепараторі другого або навіть третього ступеня, де вміст води в нафті знижується до менше ніж 0,5% і відповідає експортній якості. Зрештою пластова вода послідовно надходить у гідроциклон і газову флотацію для досягнення якості зворотного закачування або скидання.

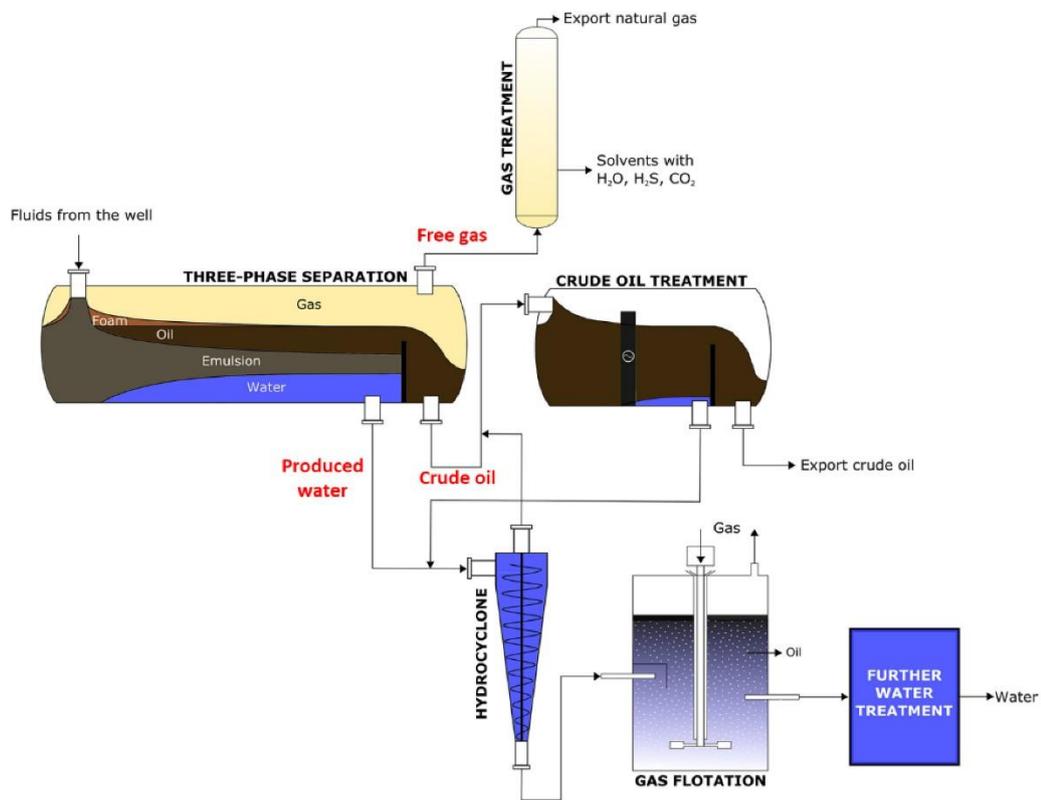


Рис. 2.2 - Схема морської установки з переробки сирої нафти, природного газу та води

2.2 Математичне моделювання процесу поділу водонафтової емульсії з використанням деемульгатора природного походження

У процесі видобутку нафти для виробництва моторних палив, продуктів і напівпродуктів хімічної промисловості її обводнюють. Вода надходить у вуглеводневу сировину в результаті заводнення видобувних свердловин, яка використовується для його видобутку через різницю щільності вуглеводневої сировини - водного середовища [115].

Для підвищення ефективності поділу емульсій широко застосовують деемульгатори, більшу частину яких становлять поверхнево-активні речовини. Їх використання дозволяє знизити опір дисперсійного середовища налипанню дрібних крапель води, що сприяє їх укрупненню та осадженню.

Для підвищення ефективності поділу водонафтових емульсій пропонується склад деемульгатора на основі компонентів природного походження - золи кухонної солі, отриманої шляхом її випалу в муфельній печі при температурі 1000 °С.

З розгляду кількісних значень енергії зв'язку води з елементами золи кухонної солі було обрано елемент – Mn наноструктурованої форми підвищення ефективності деемульгатора у процесі зневоднення нафти.

Стійкість водонафтових емульсій у присутності деемульгатора на основі природних компонентів оцінювали з використанням вод різного складу (морських, артезіанських, конденсатів), концентрацією води від 10 до 70 мас.%. Емульсії отримували диспергуванням навішування води в нафті за допомогою лопатевої мішалки.

Розглядається процес коалесценції крапель як реакцію другого порядку щодо концентрації прилиплих крапель. Найбільш ймовірно злиття крапель, що максимально відрізняються за розміром. Константу його швидкості при об'ємах V_1 та V_2 можна записати в наступному вигляді:

$$k(V_1, V_2) = \beta * \left(\sqrt[3]{\frac{V_1}{V_2}} + \sqrt[3]{\frac{V_2}{V_1}} \right); \quad (2.1)$$

де k - константа швидкості злиття крапель,

V_1 і V_2 - об'єми крапель, м;

β - коефіцієнт, схильність крапель до злиття.

Розіб'ємо весь діапазон розмірів крапель на сегменти, виходячи з об'єму однієї краплі (рис. 2.3):

$$\Delta V = V_{i+1} - V_i; \quad (2.2)$$

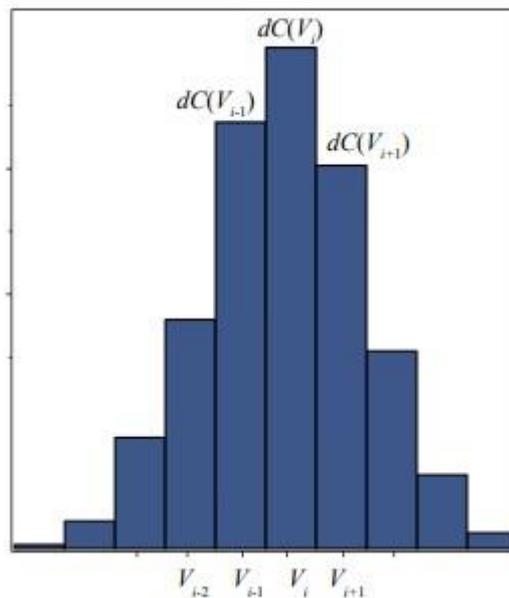


Рис. 2.3 - Розподіл крапель води за обсягом емульсій

Тоді внесок у загальну швидкість коалесценції крапель від крапель об'ємів V_i і V_j буде виражатися залежністю:

$$k(V_i, V_j) * dC(V_i, \tau) * dC(V_j, \tau); \quad (2.3)$$

де кількість крапель об'ємом $V_i \pm \frac{1}{2} \Delta V$ в емульсії в момент часу τ (шт/м³).

Перетворивши структури крапель води в емульсії, отримаємо вирази збільшення і зменшення частки крапель з урахуванням.

Збільшення:

$$r_+ = 0.5 * \int_0^{V_i} (k(V_i - V_j, V_j) * \rho(V_i - V_j, \tau) C_{\text{all}}(\tau) dV_i) \rho(V_j, \tau) C_{\text{all}}(\tau) dV_j; \quad (2.4)$$

де ρ - густина суцільного середовища, кг/ м³.

Оскільки $C_{\text{all}}(\tau)$ і V_i не залежать від V_j :

$$r_+ = 0.5 * C_{\text{all}}^2(\tau) * dV_i \int_0^{V_i} k(V_i - V_j, V_j) \rho(V_i - V_j, \tau) \rho(V_j, \tau) dV_j; \quad (2.5)$$

Пониження

$$r_- = \rho(V_i, \tau) C_{\text{all}}(\tau) dV_i * \int_0^{\infty} (k(V_i, V_j) \rho(V_j, \tau) C_{\text{all}}(\tau) dV_j); \quad (2.6)$$

$$r_- = \rho(V_i, \tau) C_{\text{all}}^2(\tau) dV_i * \int_0^{\infty} (k(V_i, V_j) \rho(V_j, \tau) dV_j); \quad (2.7)$$

Зміну концентрації об'ємних крапель V_i за час $d\tau$ можна подати у вигляді:

$$dC(V_i, \tau + d\tau) - dC(V_i, \tau) = C_{\text{all}}(\tau + d\tau) \rho(V_i, \tau + d\tau) dV_i - C_{\text{all}}(\tau) \rho(V_i, \tau) dV_i;$$

$$\frac{\partial C_p(V_i, \tau)}{\partial \tau} = 0.5 \int_0^{V_i} k(V_i - V_j, V_j) C_p(V_i - V_j, \tau) C_p(V_j, \tau) dV_j - C_p(V_i, \tau) \int_0^\infty k(V_i, V_j) C_p(V_j, \tau) dV_j$$

Це інтегро-диференціальне рівняння характеризуватиме об'ємний розподіл крапель у часі без урахування їх джерел/стоків. Кінетика процесу визначатиметься коефіцієнтом β , що характеризує схильність крапель до злипання, що мають розмірність $\text{м}^3/(\text{шт} \cdot \text{сек})$, та початковим розподілом крапель за розмірами $C_p(V_i, 0)$.

Крім коалесценції крапель в емульсії спостерігається розшарування під час відстоювання. Частота зіткнень крапель буде тим більше, чим вище різниця у швидкості їх руху, що пояснює збільшення спостерігається швидкості злиття зі збільшенням різниці в розмірах крапель, так як зі збільшенням у їх розмірах лінійна швидкість їхнього осадження збільшується. Серед крапель радіусом до r_{\max} частина досягне межі розділу та перейде у суцільну фазу.

На висоті стовпа рідини H у початковий момент вся рідина є вихідною емульсією; у міру відстоювання вона буде поділятися на фазу, що складається з речовини дисперсної фази вихідної емульсії та емульсії, збідненої речовиною дисперсної фази (рис. 2.4).

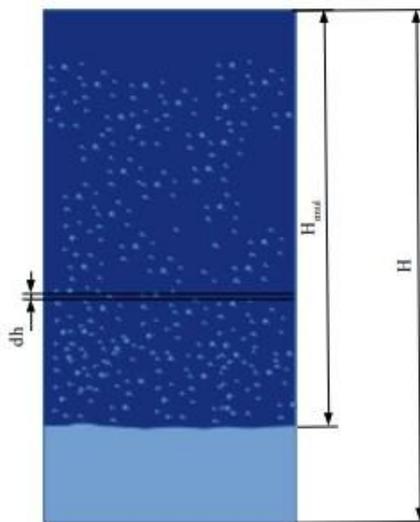


Рис. 2.4 – Розшарування фаз водонафтової емульсії

Для ділянки емульсії заввишки dh необхідно скласти матеріальний баланс.

Очевидно, що до масових потоків речовини додаватимуться краплі за рахунок їх вертикального руху за обсягом. Напрямок руху дисперсної фази у разі зверху вниз.

Потік крапель об'ємом V_i , що надходять у шар dh , шт/с:

$$j_{\text{mov}+} = S * v_{\text{sedrel}}(V_i, \tau, h) * C_p(V_i, \tau, h); \quad (2.8)$$

Потік крапель, що залишають шар dh , шт/с:

$$j_{\text{mov}-} = S * v_{\text{sedrel}}(V_i, \tau, h + dh) * C_p(V_i, \tau, h + dh); \quad (2.9)$$

де S – площа ділянки, перпендикулярної напрямку руху крапель, м^2 .

З урахуванням розміру і будови крапель отримуємо рівняння для визначення часу розділення емульсій:

$$\begin{aligned} \frac{\partial C_p(V_i, \tau, h)}{\partial \tau} = & 0.5 \int_0^{V_i} k(V_i - V_j, V_j) C_p(V_i - V_j, \tau, h) C_p(V_j, \tau, h) dV_j - \\ & C_p(V_i, \tau, h) \int_0^\infty k(V_i, V_j) C_p(V_j, \tau, h) dV_j - \\ C_p(V_i, \tau, h) \frac{\partial v_{\text{sedrel}}(V_i, \tau, h)}{\partial h} & + v_{\text{sedrel}}(V_i, \tau, h) \frac{\partial C_p(V_i, \tau, h)}{\partial h}; \quad (2.10) \end{aligned}$$

У роботі запропоновано склад деемульгатора на основі компонентів природного походження для підвищення ефективності процесу поділу водонафтових емульсій, що складаються з соляної золи, нафтової золи та наночастинок Mn . Запропоновано математичну модель процесу коалесценції крапель води та її осадження залежно від особливостей структури емульсії [115].

2.3 Моделювання ефективності сепарації емульсії нафтоводу в трифазному сепараторі

Багатофазний метод Ейлер-Ейлер використовувався для моделювання характеристик багатофазної дисперсії, що зустрічається в гравітаційних сепараторах. Рідкі дисперсії, виявлені при гравітаційному поділі, можна охарактеризувати як щільні з об'ємною часткою від нуля до 100%. При диспергуванні бульбашок газу та крапель води в суцільній нафтовій фазі нафтова фаза в даній роботі розглядається як первинна фаза, а газова та водна фази – як вторинні. Полідисперсність популяції крапель води вторинної фази моделюється методом балансу популяцій [116].

Рівняння збереження утворюються шляхом усереднення локального миттєвого балансу для кожної фази. Рівняння нерозривності для фази j має вигляд:

$$\frac{\partial}{\partial t} (\alpha_j \rho_j) + \nabla \cdot (\alpha_j \rho_j \vec{v}_j) = \sum_{i=1}^n (\dot{m}_{ij} - \dot{m}_{ji}) \quad (2.11)$$

де α_j, ρ_j і \vec{v}_j - об'ємна частка фази, густина та швидкість,
 \dot{m} – маса, що переноситься між фазами.

Баланс імпульсів для фази j дорівнює:

$$\frac{\partial}{\partial t} (\alpha_j \rho_j \vec{v}_j) + \nabla \cdot (\alpha_j \rho_j \vec{v}_j \vec{v}_j) = -\alpha_j \nabla p + \nabla \cdot \left[\alpha_j \mu_j \left((\nabla \vec{v}_j + \nabla \vec{v}_j^T) - \frac{2}{3} \nabla \cdot \vec{v}_j \hat{I} \right) \right] \quad (2.12)$$

де p – тиск,

μ – в'язкість,

\hat{I} - одиничний тензор,

$K_{ij}(=K_{ji})$ - середній міжфазний коефіцієнт обміну імпульсом, який може бути представлений як:

$$K_{ij} = \frac{\alpha_i \alpha_j \rho_f f}{\tau_i}; \quad (2.13)$$

де f - функція опору,

τ_i - час осідання частинки, які визначаються як:

$$f = \frac{C_D Re}{24}, \tau_i = \frac{\rho_j d_i^2}{18 \mu_m}. \quad (2.14)$$

де d_i - середній діаметр Заутера, що зв'язує рівняння імпульсу з рівнянням балансу.

Для крапель, що осідають або піднімаються, опір виникає через зсув в'язкої поверхні і розподілу тиску або опору форми навколо краплі. Для розведених дисперсій краплі можуть осідати чи підніматися, не взаємодіючи із сусідніми краплями. Для маленьких крапель у в'язкому режимі закон Стокса визначає кінцеву швидкість у розведених чи безперешкодних умовах. У щільних дисперсіях, що виявляються у водонафтовій суміші та безперервному гравітаційному поділі, функція опору повинна враховувати вплив сусідніх крапель та утруднене осадження. Кореляція Шиллера-Науманна для коефіцієнта аеродинамічного опору C_D модифікована для утрудненого осадження в щільних суспензіях з використанням числа Рейнольдса суміші або емульсії Re_m на основі в'язкості емульсії

$$Re_m = \frac{\rho_c |u_d - u_c| d_a}{\mu_m}; \quad (2.15)$$

де індекси s і d означають суцільну та дисперговану фази.

У трубі, що наближається до входу в сепаратор, розподіл крапель за розмірами змінюється через змінне зсув і турбулентність, впливу поверхнево-активних речовин і деемульгатора. На вході до сепаратора складна водонафтова емульсія продовжує розвиватися за рахунок руйнування та коалесценції. У зоні осадження переважають процеси коалесценції та меншою мірою відбуваються дроблення, розчинення, агрегація та флокуляція. При відсутності вимірювань розміру крапель на вході в сепаратор початковий розподіл крапель по діаметру визначається за максимальним стабільним розміром крапель d_{max} .

$$d_{max} = \frac{0.725}{\sigma^{2/5}} \left(\frac{\rho_l}{g} \right)^{3/5} \varepsilon^{2/5}; \quad (2.16)$$

де середня турбулентна енергія дисипації на одиницю маси дорівнює:

$$\varepsilon = f \frac{v_m^3}{2D}; \quad (2.17)$$

Коефіцієнт тертя f можна визначити як:

$$f = F_2 + \frac{(F_1 - F_2)}{(1 + (Re_m/t)^c)^d}; \quad (2.18)$$

де

$$F_1 = a_1 Re_m^{b_1} \quad (2.19)$$

та

$$F_2 = a_2 Re_m^{b_2} \quad (2.20)$$

Параметри a_1, a_2, b_1, b_2, c, d визначаються за режимом течії середовища. Мінімальний діаметр крапель визначається як [116]:

$$d_{\min} = \frac{8\sigma}{g\rho v_t^2}; \quad (2.21)$$

2.4 Соціальна відповідальність

Соціальна відповідальність – відповідальність суб'єкта за вплив його рішень та діяльності на навколишнє середовище та суспільство через прозору та етичну поведінку, що сприяє сталому розвитку, включаючи здоров'я та добробут суспільства, враховує очікування зацікавлених сторін, відповідає застосовуваному законодавству та узгоджується з міжнародними нормами поведінки [126].

Розробка наукового проекту пов'язана з аналітичною роботою з використанням персонального комп'ютера і іншого офісного обладнання.

З розвитком науково-технічного прогресу важливу роль відіграє можливість безпечного виконання людьми своїх трудових обов'язків.

Охорона здоров'я трудящих, забезпечення безпеки умов праці, ліквідація професійних захворювань та виробничого травматизму становить одну з головних турбот людського суспільства. Звертається увага на необхідність широкого застосування прогресивних форм наукової організації праці, мінімізації ручної, малокваліфікованої праці, створення обстановки, що виключає професійні захворювання та виробничий травматизм.

На робочому місці необхідно передбачити заходи захисту від можливого впливу небезпечних та шкідливих факторів. Рівні цих чинників нічого не винні перевищувати граничних значень, обумовлених правовими, технічними і санітарно-технічними нормами. Ці нормативні документи

зобов'язують до створення на робочому місці умов праці, у яких вплив небезпечних і шкідливих чинників працюючих або усунуто зовсім, або перебуває у допустимих межах.

2.4.1 Правові і організаційні питання забезпечення безпеки

В Україні функцію спеціальної оцінки умов праці виконує процедура атестації робочих місць за умовами праці (АРМ).

Правові та організаційні основи проведення атестації робочих місць описані у таких основних нормативних актах:

1. Постанова Кабінету Міністрів України № 442 від 01.08.1992 «Про Порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці».

Це головний документ, який визначає:

- правові та організаційні засади атестації;
- порядок її проведення;
- права та обов'язки роботодавця;
- процедуру оцінювання умов праці;
- використання результатів атестації.

2. Методичні рекомендації щодо проведення атестації робочих місць за умовами праці (затверджені постановою Мінпраці України від 01.09.1992 № 41).

Визначають детальний алгоритм проведення атестації, класифікацію шкідливих та небезпечних факторів тощо.

Якщо фахівець упевнений, що керівник підприємства порушує його права, не надаючи оптимальних умов роботи, то доцільно повідомити про ці порушення працівникам трудової інспекції чи прокуратури, а також можна подати позовну заяву для отримання матеріальної та моральної компенсації.

В Україні вимоги до фізичних факторів виробничого середовища регулюються низкою санітарних норм і правил. Узагальнено їх можна назвати так: «Санітарно-епідеміологічні вимоги до фізичних факторів на робочих

місцях» регламентуються державними санітарними нормами та правилами, зокрема ДСН 3.3.6.039-99 та іншими чинними нормативами з охорони праці й гігієни праці.

Щодо офісних працівників в Україні діють також спеціальні санітарні норми та правила, зокрема Державні санітарні норми і правила роботи з відеодисплейними терміналами ДСанПіН 3.3.2.007-98, що регламентують вимоги до умов праці, освітлення, мікроклімату, рівнів шуму та організації робочих місць.

У приміщенні, де співробітники безперервно перебувають понад дві години, має бути природне висвітлення [129]. Виняток становлять приміщення, які дозволено розміщувати у цокольних та підвальних поверхах за необхідності дотримання технологічного процесу. Вікна в приміщеннях, де працюють із комп'ютерами, мають бути орієнтовані на північ та північний схід. Віконні отвори необхідно обладнати регульованими жалюзі, зовнішніми козирками тощо [133].

Згідно ДСанПіН 3.3.2.007-98 випромінювання від комп'ютера, якщо працівник проводить за ним більше 50% робочого часу, є шкідливим фактором умов праці. Таким чином, оскільки на офісних робочих місцях присутні фактори, за рівнем свого впливу, віднесені до шкідливих, офісні працівники, які проводять за комп'ютером більше половини робочого часу, повинні проходити обов'язкові медогляди. При цьому обов'язковість проходження медоглядів працівниками, які зазнають впливу шкідливого фактора (у вигляді випромінювання від комп'ютера понад 50% робочого часу), не залежить від результатів спеціальної оцінки умов праці. Навіть якщо умови праці за результатами спецоцінки визнані допустимими, таких працівників все одно потрібно спрямовувати на обов'язкові медогляди, оскільки вони зазнають впливу шкідливого фактора.

Офісним працівникам необхідно проходити як обов'язковий медогляд при влаштуванні на роботу, так і періодичні медогляди.

Відповідно до Порядку проведення медоглядів періодичні огляди проводяться не рідше ніж у строки, зазначені у Переліку шкідливих та небезпечних факторів та Переліку шкідливих робіт [134]. Для офісних працівників періодичні медичні огляди проводяться не рідше одного разу на два роки. При цьому працівники віком до 21 року проходять періодичні медогляди щороку.

2.4.2 Вимоги безпеки під час роботи з персональним комп'ютером

Умови праці, у яких розробляється математична модель до розрахунку залишкової обводненості зокрема устрою, з допомогою яких здійснюється діяльність, можуть спровокувати появу шкідливих і небезпечних чинників виробництва.

В табл. 2.2 представлені можливі небезпечні та шкідливі фактори при роботі з ПЕОМ

Таблиця 2.2

Можливі небезпечні та шкідливі фактори при роботі з ПЕОМ

Чинник (ГОСТ 12.0.003-2015)	Етапи роботи			Нормативні документи
	Розробка	Виготовлення	Експлуатація	
Відхилення показників мікроклімату	+	+	+	СанПіН 2.2.4.548-96. Гігієнічні вимоги до мікроклімату виробничих приміщень.

Підвищене значення напруги в електричного ланцюга	+	+	+	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Електробезпека. Гранично допустимі рівні напруги дотику та струмів.
Недостатня освітленість	+	+	+	СП 52.13330.2016 «Природне та штучне освітлення». Актуалізована редакція СНіП 23-05-95.
Зорова напруга	+	+	+	СанПіН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гігієнічні вимоги до персональних електронно-обчислювальних машин та організації роботи».
Нервово-психічні навантаження, монотонність праці		+	+	Трудовий кодекс Російською Федерації від 30.12.2001 №197ФЗ (ред. Від 27.12.2018).

Мікроклімат визначається показниками температури, вологості та швидкості руху повітря, що діють на організм людини. Тривалий вплив на людину несприятливих показників мікроклімату погіршує його самопочуття, знижує продуктивність праці та призводить до захворювань, тому В Україні в організаціях повинні забезпечуватися оптимальні параметри мікроклімату, встановлені Державними санітарними нормами мікроклімату виробничих приміщень (ДСН 3.3.6.042-99).

"Гігієнічні вимоги до мікроклімату виробничих приміщень" [136]. Вони представлені у табл. 2.3

Оптимальні та допустимі величини показників мікроклімату на
робочих місцях виробничих приміщень

Оптимальні значення характеристик мікроклімату				
Період року	Температура повітря, °С	Температура поверхонь, °С	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний	22-24	21-25	40-60	0,1
Теплий	23-25	22-26	40-60	0,1
Допустимі значення характеристик мікроклімату				
Період року	Температура повітря, °С	Температура поверхонь, °С	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний	20-25	19-26	15-75	0,1
Теплий	21-28	20-29	15-75	0,1-0,2

Підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може статися через тіло людини

У діяльності організації широко використовується електрика для живлення комп'ютерної техніки, яка може бути джерелом небезпеки. Недотримання правил електробезпеки можуть призвести до небезпечних наслідків. Ураження електричним струмом може статися при дотику до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою, на яких залишився заряд або з'явилася напруга.

Електричний струм надає на людину термічний, електролітичний, біологічний та механічний вплив. Дія електричного струму на людину

призводить до травм або загибелі людей. Для змінного струму частотою 50 Гц допустиме значення напруги дотику становить 2, а сили струму – 0,3 мА, для струму частотою 400 Гц, відповідно – 2 В і 0,4 мА, для постійного струму – 8 В і 1 мА.

Заходами захисту від впливу електричного струму є огорожувальні пристрої, пристрої автоматичного контролю та сигналізації, ізолюючі пристрої та покриття, пристрої захисного заземлення, пристрої автоматичного відключення, запобіжні пристрої.

Недостатня освітленість робочої зони приміщення, обладнаної ПК, також є однією з причин порушення зорової функції, а також впливає на загальне самопочуття та ефективність праці.

Штучне освітлення у приміщеннях для експлуатації ПК має здійснюватись системою загального рівномірного освітлення. У випадках переважної роботи з документами слід застосовувати системи комбінованого освітлення (до загального освітлення додатково встановлюються світильники місцевого освітлення, призначені для освітлення зони розташування документів). Вікна у приміщеннях, де експлуатується обчислювальна техніка, переважно мають бути орієнтовані північ і північний схід. Нормовані показники природного, штучного та поєднаного освітлення відповідно до

В табл. 2.4 наведені нормовані показники природного, штучного та поєднаного освітлення.

Таблиця 2.4

Нормовані показники природного, штучного та поєднаного освітлення

Приміщення	Робоча поверхня та площа	Природне освітлення	Поєднане освітлення
		КЕО $e_{н}$, %	КЕО $e_{н}$, %

	нормування КЕО та освітленості (Горизонтальна, Вертикальна) та висота площини над підлогою	При верхньому або комбінованому	При бічному освітленні	При верхньому або комбінованому	При бічному освітленні
Кабінети, офіси, робочі кімнати	P – 0,8	3,0	1,0	1,8	0,6
Приміщення	Штучне освітлення				
	Освітленість, лк				
	При комбінованому освітленні		При загальному освітленні	Показник дискомфорту, М не більше	Коефіцієнт пульсації освітлення, К не більше
	Усього	Від загального			
Кабінети, офіси, робочі кімнати	400	200	300	40	15

Зорова напруга. Робота на ПК супроводжується постійним і значною напругою функцій зорового аналізатора. Однією з основних особливостей є інший принцип читання інформації, ніж за звичайного читання. Щоб знизити зорове напруження потрібно дотримуватися візуальних параметрів екрана (табл. 2.5).

Таблиця 2.5 – Допустимі візуальні параметри пристроїв відображення інформації

Параметр	Допустимі значення
Яскравість білого поля	Щонайменше 35 кд/кв.м
Нерівномірність яскравості робочого поля	Не більше 20%
Контрастність (для монохромного режиму)	3: 1
Просторова нестабільність зображення (ненавмисне зміна положення фрагментів зображення екрану)	Не більше $2 \cdot 10L - 4L$, де L – відстань спостереження

Нервово-психічні навантаження – сукупність таких зрушень у психофізіологічному стані організму людини, які розвиваються після виконання роботи та призводять до тимчасового зниження ефективності праці. Стан втоми (втома) характеризується певними об'єктивними показниками та суб'єктивними відчуттями.

Нервово-психічні навантаження поділяються на:

- розумова перенапруга;
- перенапруга аналізаторів;
- монотонність праці;
- емоційні навантаження.

При перших симптомах психічного перенапруги необхідно:

- дати нервовій системі розслабитись;
- раціонально чергувати періоди відпочинку та роботи;
- розпочати займатися спортом;

- лягати спати в один і той же час;
- у тяжких випадках звернутися до лікаря.

Природно, що повністю виключити фактори, що провокують, з життя навряд чи вдасться, але можна зменшити їх негативний вплив, даючи нервовій системі необхідний відпочинок.

2.4.3 Розрахунок штучного освітлення для офісного приміщення

Наведемо розрахунок штучного освітлення для офісного приміщення, де здійснюється розробка ПЗ. Розміри офісу: ширина $A = 5$ м, довжина $B = 20$ м, висота $H = 6$ м. В офісі використовують світильники-панелі типу ОД (світильник загального освітлення) білого світла потужністю 30 Вт і зі світловим потоком $\Phi = 8000$ лм. Загальна кількість світильників в офісі $n = 21$. Коефіцієнт пульсації ламп даного типу не перевищує 5%, що відповідає нормам.

Освітленість приміщення розраховується за такою формулою:

$$E_{\Phi} = \frac{n \cdot \eta \cdot \Phi}{S \cdot k \cdot z}, \quad (2.22)$$

де n – кількість світильників у приміщенні;

η – коефіцієнт використання світлового потоку;

Φ - світловий потік світильника, лм;

S – площа приміщення, м²;

k – коефіцієнт запасу, що враховує забруднення світильника;

z – коефіцієнт нерівномірності висвітлення.

Коефіцієнт запасу k враховує запиленість світильників та його знос. Для приміщень із обчислювальною технікою $k = 1,5$. Поправочний коефіцієнт

люмінесцентних ламп дорівнює $z = 1,1$. Площа приміщення дорівнює $S = A * B = 5 * 20 = 100 \text{ м}^2$.

Індекс приміщення визначається за такою формулою:

$$i = \frac{S}{h \cdot (A+B)}, \quad (2.23)$$

де S – площа приміщення, м^2 ;

A – довжина кімнати, м ;

B – ширина кімнати, м ;

h – висота підвісу світильників, м .

При цьому розрахункова висота підвісу світильників над робочою поверхнею (h) в офісі визначається за формулою:

$$h = H - h_p - h_c = 6 - 0,8 - 0,1 = 5,1 \text{ м}, \quad (2.24)$$

де H - Висота стелі в приміщенні, м ;

h_p – відстань від підлоги до робочої поверхні столу, м ;

h_c – відстань від стелі до світильника

Підставимо отримане значення у формулу для розрахунку індексу приміщення:

$$i = \frac{100}{5,1 \cdot (5+20)} = 0,78. \quad (2.25)$$

Стеля в приміщенні чиста, обклеєна білими панелями; бетонні стіни, обклеєні світлими шпалерами з вікнами; робоча поверхня містить ПЕОМ, отже, приймемо коефіцієнти відбиття від стін $\rho_c = 30\%$, стелі $\rho_{\text{п}} = 50\%$ і від

робочої поверхні $\rho_p = 20\%$. За таблицею коефіцієнтів використання світлового потоку світильників для відповідних значень i , ρ_c , ρ_p , визначаємо коефіцієнт використання світлового потоку. Для світильника за $i = 0,78$; $\rho = 30\%$ і $\rho = 50\%$ коефіцієнт використання світлового потоку дорівнює $40,8\%$.

Отже, освітленість визначається за такою формулою:

$$E_{\phi} = \frac{21 \cdot 0,408 \cdot 8000}{100 \cdot 1,5 \cdot 1,1} = 415 \text{ лк}; \quad (2.26)$$

У приміщенні, що розглядається, освітленість повинна становити не менше 400 лк згідно ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення» [5]. У цьому приміщенні освітленість склала 415 лк і знаходиться в межах норми

Визначимо кількість рядів світильників:

$$n_{\text{ряд}} = \frac{B - \frac{L}{4}}{L} + 1, \quad (2.27)$$

де $n_{\text{ряд}}$ – кількість рядів;

B – ширина кімнати;

L – відстань між рядами світильників.

$$n_{\text{ряд}} = \frac{20 - \frac{2,5}{4}}{2,5} + 1 \approx 7. \quad (2.27)$$

Далі визначається кількість світильників в одному ряду:

$$n_{\text{св}} = \frac{A - \frac{2}{3}L}{l_{\text{св}} + 0,5} = 3. \quad (2.28)$$

Помножуємо кількість рядів на кількість світильників та визначаємо загальну кількість світильників.

$$n_{\text{общ}} = n_{\text{ряд}} \cdot n_{\text{св}} = 7 \cdot 3 = 21. \quad (2.29)$$

Знаходимо загальну кількість ламп, при цьому множимо кількість світильників на кількість ламп в одному з них.

$$n_{\text{общ_л}} = n_{\text{общ}} \cdot n_{\text{л}} = 21 \cdot 2 = 42 \quad (2.30)$$

Потім дізнаємося потужність електричної установки, при цьому множимо загальну кількість ламп на потужність однієї лампи.

$$P_{\text{общ}} = n_{\text{общ_л}} \cdot P_{\text{л}} = 42 \cdot 125 = 5,25 \text{ кВт} \quad (2.31)$$

2.4.4 Екологічна безпека

У лабораторіях та на підприємствах, виробнича діяльність яких пов'язана зі шкідливими речовинами, мають бути розроблені нормативно-технічні документи з безпеки праці під час виробництва, застосування та зберігання шкідливих речовин; встановлені спеціальні системи з рекуперації шкідливих речовин та очищення від них технологічних викидів, нейтралізації відходів виробництва, промивних та стічних вод. Крім усього вищезгаданого, підприємство має вести контроль за вмістом шкідливих речовин у повітрі робочої зони та забезпечувати засобами індивідуального захисту працюючих [140].

Відходи нафти і нафтопродуктів зі стічними водами потрапляють у природні води, шкідливо впливаючи на флору і фауну.

Загазовування на підприємстві пов'язане із надходженням в атмосферу газоподібних забруднювачів, найбільше значення серед яких мають метан та

його газоподібні гомологи, пари летючих рідин: ацетону, метанолу, бензолу, толуолу тощо; пари легких вуглеводнів. Загазовування призводить до різних ефектів: кислотних дощів, парникового ефекту, появи озонових дірок.

На цьому робочому місці виявлено передбачуване джерело забруднення навколишнього середовища, а саме вплив на літосферу внаслідок утворення відходів при поломці предметів обчислювальної техніки та оргтехніки.

Дуже важливо знати, що професійне обладнання, яке використовується на підприємствах, містить чимало шкідливих речовин і, отже, може бути джерелом забруднення літосфери. З метою захисту літосфери після закінчення терміну служби їх необхідно утилізувати і викидати на звичайне сміттєзвалище небезпечно як для навколишнього середовища, так і для здоров'я людей.

Сьогодні утилізація виробничого обладнання - це обов'язкова процедура для всіх офіційно працюючих підприємств та юридичних осіб. Порушення її веде до податкової та адміністративної відповідальності.

ПЕОМ, що вийшло з ладу, і супутня оргтехніка відноситься до IV класу безпеки і підлягає спеціальній утилізації. Для надання найменшого впливу на навколишнє середовище необхідно проводити спеціальну процедуру утилізації ПЕОМ та оргтехніки, при якій більше 90% вирушить на вторинну переробку і менше 10% буде відправлено на звалища. При цьому вона повинна відповідати процедурі утилізації комп'ютерної техніки, яка в Україні регулюється Законом України «Про відходи» та низкою інших документів, зокрема, постановою КМУ від 08.11.2007 № 1314 (для підприємств державної форми власності), а також методичними рекомендаціями щодо поводження з електронними відходами. Для коректного списання з балансу оформлюється Акт списання основних засобів (форма № ОЗ-3).

Крім цього, важливим є процес утилізації паперу, полімерних та металевих пляшок та банок, харчових відходів, використаних у значних кількостях при реалізації цієї наукової роботи. Адже сховища відходів на даний момент вкрай близькі до заповнення або переповнені – і на території міст

постійно утворюються нові та нові стихійні звалища, і утилізація макулатури з подальшим запуском продуктів переробки у виробництво є найбільш прийнятною схемою, яка вирішує багато питань.

Селективний збір таких відходів слід здійснювати у спеціальні контейнери, які у місцях збору твердих побутових відходів, у житлових районах, біля магазинів, торгових точок, у зонах відпочинку.

2.4.5 Безпека у надзвичайних ситуаціях

2.4.5.1 Аналіз можливих НС, які можуть виникнути при розробленні об'єкта досліджень

Програмне забезпечення, що розробляється в рамках роботи, не може бути причиною виникнення надзвичайних ситуацій.

Однак надзвичайні ситуації можуть виникнути на етапі розробки програмного забезпечення. На території офісної будівлі, де ведеться робота над проектом, можуть виникнути такі НС: пожежа, ураган, небезпека тероризму, обвалення будівлі, землетрус, вихід із ладу комунальних систем.

Найбільш імовірною надзвичайною подією є пожежа у будівлі.

2.4.5.2 Заходи щодо запобігання НС та порядок дій у разі виникнення НС

До заходів із попередження пожеж відносять: суворе дотримання заходів безпеки; організація оповіщення керівного складу, формувань та населення; спеціальна підготовка та оснащення формувань. Для запобігання загоранням у будівлі необхідно дотримуватись правил пожежної безпеки: не залишати включеними електроприлади; не включати до однієї розетки одночасно кілька потужних споживачів електроенергії, а також не перевантажувати розетку; не застосовувати бенгальські вогні, хлопавки, свічки та інші піротехнічні вироби у приміщеннях; не влаштовувати ігри з сірниками та всіма легкозаймистими предметами і т.д.

Заходи щодо попередження пожеж на об'єктах включають передусім такі профілактичні заходи: періодичні перевірки стану пожежної безпеки

об'єкта; проведення пожежно-технічних обстежень об'єкта представниками Державного пожежного нагляду з врученням розпоряджень; постійний контроль за проведенням пожежонебезпечних робіт; проведення інструктажів з робітниками та службовцями об'єкта з питань пожежної безпеки; перевірку справності та правильного утримання засобів пожежогасіння, протипожежного водопостачання та систем сповіщення про пожежі та інше згідно з Кодексу цивільного захисту України (глава 13) та Правила пожежної безпеки України, затверджені наказом МВС від 31.12.2014 №1417. Евакуація людей під час пожежі та інших надзвичайних ситуацій виконується без паніки та відповідно до плану, розміщеного в будівлі, в якій виконується ВКР.

Висновки до розділу 2

У другому розділі було проведено всебічний огляд та оцінювання сучасних підходів до поділу водонафтових емульсій, а також розглянуто можливості використання розрахункових модулів для моделювання цих процесів. Аналіз технологій, описаних у підрозділі 2.1, показав, що ефективність зневоднення та знесолення значною мірою залежить від властивостей самої емульсії, умов її обробки та правильно підібраних реагентів. Встановлено, що поєднання хімічних, теплових і механічних методів дозволяє покращувати якість підготовки нафти та зменшувати витрати на поділ фаз.

У підрозділі 2.2 було проведено математичне моделювання процесу руйнування емульсії з використанням деемульгатора природного походження. Модель дала можливість оцінити вплив концентрації реагенту та основних режимних параметрів на швидкість коалесценції. Отримані результати підтверджують, що природні деемульгатори можуть бути конкурентоздатною альтернативою синтетичним реагентам, особливо в умовах підвищених екологічних вимог.

Моделювання роботи трифазного сепаратора, виконане в підрозділі 2.3, дозволило детально розглянути гідродинамічну картину всередині апарата та оцінити реальний вплив конструктивних параметрів і режимів роботи на якість розділення нафтової емульсії. Застосування розрахункових модулів дало можливість виявити оптимальні зони відстоювання та визначити, за рахунок яких факторів можна підвищити продуктивність і стабільність процесу.

У підрозділах блоку 2.4 було розглянуто питання соціальної відповідальності та безпеки, що супроводжують дослідження і впровадження технологій підготовки нафти. Проаналізовано нормативні вимоги, умови безпечної роботи з комп'ютерною технікою, проведено розрахунок освітлення робочого місця. Окрему увагу приділено екологічним аспектам та можливим надзвичайним ситуаціям, які можуть виникнути при виконанні робіт, а також заходам, спрямованим на їх попередження.

Підсумовуючи, можна зазначити, що проведений аналіз підтверджує доцільність застосування сучасних розрахункових модулів для моделювання процесів зневоднення та знесолення водонафтових емульсій. Їх використання дозволяє підвищити точність прогнозування, оптимізувати технологічні параметри та зменшити обсяг експериментальних випробувань. Матеріали розділу створюють основу для подальших практичних розрахунків і розробки рекомендацій щодо підвищення ефективності технологічних процесів у нафтогазовій галузі.

РОЗДІЛ 3 ВИМОГИ ДО КАДРОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБ'ЄКТУ ГАЛУЗІ

3.1 Вимоги до кадрового забезпечення інженерно-технічного персоналу дослідних лабораторій нафтовидобувних підприємств

Ефективність функціонування дослідних лабораторій нафтовидобувних підприємств значною мірою визначається якістю кадрового забезпечення. Інженерно-технічний персонал виконує завдання, пов'язані з високоточною аналітикою, контролем технологічних процесів, метрологічним забезпеченням та дотриманням вимог промислової безпеки. Тому формування компетентного кадрового складу є ключовою умовою достовірності лабораторних досліджень та загальної технологічної надійності підприємства.

3.1.1 Кваліфікаційно-освітні вимоги

До інженерно-технічного персоналу лабораторій висуваються жорсткі вимоги щодо рівня освіти. Працівники повинні мати вищу технічну освіту за спеціальностями «Нафтогазова інженерія», «Хімічні технології та інженерія», «Аналітична хімія», «Технології захисту навколишнього середовища» або іншими суміжними напрямками. Окрім базової підготовки, необхідна спеціалізація у галузі лабораторного контролю нафтопродуктів, метрології, експлуатації контрольно-вимірювальних приладів та управління якістю відповідно до вимог міжнародних стандартів (ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001).

Важливим є володіння сучасними методами лабораторного аналізу, зокрема газовою та рідинною хроматографією, спектроскопічними методами, термогравіметричним аналізом, реологічними та корозійними дослідженнями. Належна підготовка у цій сфері забезпечує можливість застосування високотехнологічного обладнання відповідно до встановлених методик.

3.1.2 Професійно-функціональні вимоги

Професійні компетентності інженерно-технічного персоналу охоплюють здатність працювати з високоточною вимірювальною технікою, виконувати її калібрування, діагностику та технічне обслуговування. Спеціалісти повинні володіти методиками повірки приладів та забезпечувати відповідність усіх вимірювань діючим нормативним документам.

Особлива увага приділяється вмінню розробляти, адаптувати та оптимізувати методики аналізів відповідно до вимог стандартів ASTM, ISO та ГОСТ, враховуючи специфіку родовищ, тип нафти, параметри технологічного процесу та властивості зразків. Також важливою є компетентність у математичній та статистичній обробці даних, зокрема застосування регресійного та кореляційного аналізу, оцінки похибок, аналізу відтворюваності результатів.

3.1.3 Вимоги до професійного досвіду

Ефективне виконання лабораторних функцій неможливе без практичного досвіду. Для інженера бажаним є стаж роботи у профільній лабораторії не менше 1–3 років, а для провідних фахівців — 3–5 років. Практичний досвід участі у виробничих випробуваннях, тестуванні реагентів, обслуговуванні установок підготовки та транспортування нафти дозволяє фахівцю об'єктивно оцінювати вплив технологічних умов на властивості продукції.

3.1.4 Вимоги у сфері техногенної та промислової безпеки

Підвищена небезпека нафтопродуктів зумовлює необхідність досконалого знання норм охорони праці, правил пожежної безпеки, а також вимог роботи у вибухонебезпечних середовищах. Персонал повинен володіти навичками безпечного поводження з легкозаймистими, токсичними та корозійно-активними речовинами, а також проходити регулярні тренінги з

аварійного реагування на випадки витоку реагентів, загазованості чи займання.

3.1.5 Організаційно-управлінські та комунікативні вимоги

Окрім технічних компетентностей, інженерно-технічний персонал повинен володіти навичками планування та організації робіт. До таких компетенцій належать складання графіків досліджень, координація роботи лабораторних процесів, ведення технічної документації, звітності, а також співпраця з технологами, геологами, операторами виробничих дільниць та службами контролю якості.

Комунікативні навички є важливими для коректної інтерпретації результатів аналізів, швидкого обміну інформацією та прийняття оперативних рішень у виробничих умовах.

3.1.6 Психофізіологічні якості та особисті компетентності

До особистих вимог належать відповідальність, дисциплінованість, уважність, аналітичне мислення, стресостійкість та здатність працювати з великим масивом даних у режимі підвищеної відповідальності. Надійність і точність дій фахівця мають безпосередній вплив на достовірність результатів лабораторних досліджень і, відповідно, на технологічні рішення підприємства.

3.1.7 Вимоги до професійного розвитку

Персонал дослідних лабораторій повинен забезпечувати безперервний професійний розвиток — брати участь у курсах підвищення кваліфікації, проходити тематичні семінари, освоювати нове лабораторне обладнання та сучасні методики аналітики. Постійне оновлення знань дозволяє підтримувати актуальність компетенцій та підвищувати конкурентоспроможність лабораторії.

Висновки до розділу 3

У сукупності наведені вимоги формують комплексну систему критеріїв, що забезпечує якісне кадрове наповнення лабораторій нафтовидобувних підприємств і гарантує високий рівень достовірності результатів, ефективність технологічного контролю та безпеку виробничих процесів.

РОЗДІЛ 4

РОЗРОБКА ДИДАКТИЧНОГО ПРОЄКТУ ВИКЛАДАННЯ ТЕМИ «ЗАСТОСУВАННЯ МОДЕЛЮЮЧОЇ СИСТЕМИ ЗНЕВОДНЕННЯ ТА ЗНЕСОЛЮВАННЯ НАФТИ», ЩО ВИВЧАЄТЬСЯ У ПРОЦЕСІ ПІДВИЩЕННЯ КВАЛІФІКАЦІЇ ФАХІВЦІВ ДОСЛІДНОЇ ЛАБОРАТОРІЇ

4.1. Вихідні дані

Проєкт підвищення кваліфікації фахівців дослідної лабораторії формується на основі аналізу виробничих умов, професійного досвіду та компетенцій слухачів, а також наявних ресурсів навчального закладу або корпоративного освітнього центру. Визначені нижче параметри визначають логіку підбору змісту навчальних програм, методів і форм роботи, що дозволяють забезпечити високий рівень підготовки персоналу до проведення технічної діагностики обладнання та прийняття рішень щодо його подальшої експлуатації.

Програми орієнтовані на інженерно-технічний персонал, який виконує:

- діагностику насосного та гідравлічного обладнання, силових приводів і трубопровідної арматури;
- оцінку стану електротехнічних систем і автоматизованих комплексів керування;
- проведення неруйнівного контролю (візуального, ультразвукового, термографічного, вібраційного та комбінованого);
- експертний аналіз дефектів, визначення їхньої критичності та прогнозування залишкового ресурсу обладнання;
- підготовку технічних висновків щодо можливості продовження міжремонтного періоду та рекомендацій щодо оптимізації режимів роботи.

Категорії слухачів. До участі у програмах залучаються:

- інженери та фахівці середньої та вищої кваліфікації (експерти з технічного контролю, механіки, енергетики, спеціалісти КВПіА);
- працівники експертних центрів та нафтотранспортних підприємств, відповідальні за надійну та безпечну експлуатацію обладнання;
- фахівці, що займаються збором, обробкою та перевіркою технічних даних, підготовкою висновків та участю у плануванні ремонтів;
- молоді інженери з базовим досвідом, які потребують поглибленого навчання для виконання експертних функцій.

Рівень підготовки слухачів. Учасники програм, як правило, мають:

- базові знання про експлуатацію механічного та електротехнічного обладнання;
- розуміння принципів роботи насосних установок та систем автоматизації;
- досвід роботи з технічною документацією, картами ППР та актами діагностики;
- навички виявлення дефектів та оцінки режимів роботи обладнання;
- знання нормативів з промислової безпеки та технічних регламентів.

Місця роботи слухачів. Слухачі програм можуть працювати в:

- магістральних нафтотранспортних компаніях та їхніх структурних підрозділах;
- нафтоперекачувальних станціях та нафтобазах;
- сервісних і експертних організаціях, що здійснюють технічну діагностику;
- підприємствах з капітального ремонту та модернізації насосно-технологічного обладнання;
- лабораторіях неруйнівного контролю та центрах вібраційної і термографічної діагностики.

Місце проведення підвищення кваліфікації. Підготовка може проходити у:

1. Корпоративних навчальних центрах з тренувальними стендами, макетами насосних агрегатів і сучасним діагностичним обладнанням.

2. Технічних університетах та інститутах післядипломної освіти з програмами спеціалізованої підготовки.

3. Освітніх центрах промислової безпеки, що працюють відповідно до стандартів ISO, API, EN та нормативних документів.

4. Лабораторіях і випробувальних центрах сервісних компаній із практичними модулями роботи на реальному обладнанні.

Тривалість програм. Залежить від змісту та рівня підготовки слухачів, зазвичай від 1 до 4 місяців. Поглиблені курси для отримання статусу експерта можуть тривати довше.

Форми організації навчального процесу. Навчання проводиться у змішаному форматі, що включає:

- лекції з конструктивних особливостей обладнання та методів діагностики;
- практичні роботи з аналізу даних контролю;
- лабораторні модулі з роботою на стендах та демонстрацією дефектів;
- тренажерні заняття для моделювання аварійних та нестандартних ситуацій;
- кейс-методи та групові обговорення для формування експертних висновків;
- роботу з цифровими симуляторами для прогнозування ресурсу та оцінки впливу дефектів;
- самостійну роботу з технічною документацією та методиками оцінювання.

4.2. Види та зміст професійної діяльності фахівця

Аналіз професійної діяльності фахівців дослідної лабораторії наведений в таблиці 4.1.

Професійна діяльність фахівців експертної організації, які здійснюють технічну діагностику основного обладнання нафтоперекачувальних станцій, є комплексним, багатофункціональним та ризик-орієнтованим процесом, що поєднує інженерні, аналітичні, організаційні та контрольні види робіт. Для якісного планування професійної підготовки та визначення ключових компетентностей необхідно проаналізувати зміст їхньої діяльності за трьома блоками: вид діяльності, функції, процеси.

Таблиця 2.1

Аналіз професійної діяльності фахівця

Вид діяльності	Функції діяльності	Процес діяльності
1	2	3
Діагностика обладнання	Виявлення технічного стану механічних, електротехнічних і гідравлічних систем	Проведення візуального, ультразвукового, термографічного та вібраційного контролю; реєстрація параметрів роботи; порівняння даних з нормативами
Оцінка технічного стану	Аналіз дефектів, визначення їх критичності та прогнозування ресурсу	Обробка результатів контролю; порівняння з технічними стандартами; складання висновків щодо стану обладнання
Підготовка експертних висновків	Надання рекомендацій щодо експлуатації та ремонтів	Формування письмових висновків; визначення можливості продовження міжремонтного періоду; пропозиції щодо оптимізації режимів роботи
Профілактика та контроль	Моніторинг роботи обладнання та виявлення потенційних проблем	Регулярний збір даних; контроль за дотриманням технологічних регламентів; рекомендації щодо профілактичних заходів
Робота з документацією	Ведення технічних записів, звітів та нормативних матеріалів	Оформлення протоколів вимірювань, звітів про дефекти, технічних карт; оновлення бази даних лабораторії

Впровадження нових методів	Оптимізація процедур діагностики та контролю	Тестування нових методик, інструментів і технологій; адаптація процесів до сучасних стандартів; навчання персоналу новим підходам
----------------------------	----------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

4.3. Кваліфікаційні вимоги до фахівців дослідної лабораторії

Для забезпечення високої якості технічної діагностики обладнання нафтоперекачувальних станцій, фахівці експертної організації повинні відповідати вимогам щодо знань і практичних умінь, що дозволяють здійснювати оцінку технічного стану, прогнозування залишкового ресурсу та обґрунтоване прийняття рішень про продовження міжремонтного періоду.

Кваліфікаційні вимоги до фахівців експертної організації представлені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

Кваліфікаційні вимоги до фахівця

Фахівець повинен уміти	Фахівець повинен знати
1	2
Проводити технічну діагностику механічного, електротехнічного та гідравлічного обладнання	Конструктивні особливості насосів, приводів, трубопровідної арматури та систем автоматики
Виконувати неруйнівний контроль (візуальний, ультразвуковий, термографічний, вібраційний)	Принципи роботи методів неруйнівного контролю та їх застосування на практиці
Аналізувати дефекти та визначати їх критичність	Нормативні документи та стандарти щодо технічного стану обладнання; методики оцінки залишкового ресурсу
Складати технічні висновки та рекомендації щодо експлуатації	Правила складання експертних висновків та вимоги до оформлення технічної документації
Планувати та проводити випробування і тестування обладнання	Технологічні регламенти, процедури випробувань, основи метрології та контролю параметрів

Використовувати цифрові симулятори та програмне забезпечення для аналізу	Програмні інструменти для моделювання роботи обладнання, систем діагностики та прогнозування ресурсу
Визначати причини відмов та оптимізувати режими роботи	Основи експлуатаційної безпеки, охорони праці та технічних нормативів; стандарти ISO, API, EN
Працювати з технічною документацією та базами даних	Структура та зміст технічних карт, звітів, актів діагностики, баз даних лабораторії

4.4. Постановка цілей вивчення навчальної теми «Застосування моделюючої системи зневоднення та знесолювання нафти».

Опанувати принципи роботи та ефективного використання моделюючих систем для зневоднення та знесолювання нафти, розуміти процеси технологічної обробки сировини та здатність оцінювати параметри роботи систем для оптимізації виробничих процесів.

Таблиця 4.3

Цілі-задачі на окремих етапах досягнення оперативних цілей

Рівні засвоєння навчального матеріалу теми	Цілі-задачі на окремих етапах досягнення оперативних цілей.
1	2
I, II, III, IV	<ul style="list-style-type: none"> – Вивчити фізико-хімічні властивості нафти, що впливають на процеси зневоднення і знесолювання. – Розглянути конструктивні особливості моделюючих систем і обладнання. – Проаналізувати ключові технологічні параметри процесу (температура, тиск, концентрація солей). – Ознайомитися з програмним забезпеченням та цифровими симуляторами. – Вивчити алгоритми розрахунку ефективності сепарації води та солей.

	<ul style="list-style-type: none"> – Відпрацювати навички створення моделі технологічного процесу на основі реальних параметрів обладнання. – Провести моделювання різних режимів роботи системи і оцінити їх вплив на якість обробки нафти. – Виконати розрахунок показників ефективності зневоднення та знесолювання. – Порівняти отримані результати з нормативними та проектними значеннями. – Виявити вузькі місця у роботі системи та фактори, що знижують ефективність. – Розробити рекомендації щодо корекції режимів роботи. – Скласти звіт з аналізом моделювання та пропозиціями щодо оптимізації процесів
--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

4.5. Перелік літературних джерел з теми.

1. Кузнецов, В.І. Технологія зневоднення та знесолювання нафти. – Київ: Наукова думка, 2018. – 320 с.
2. Петренко, С.М., Іваненко, О.В. Моделювання технологічних процесів нафтопереробки. – Харків: ФОП “Техніка”, 2020. – 256 с.
3. Smith, R. *Petroleum Production Engineering: A Computer-Assisted Approach*. – New York: McGraw-Hill, 2016. – 450 p.
4. API (American Petroleum Institute). *Manual on Oil Dehydration and Desalting Processes*. – Washington, D.C.: API Publishing, 2019. – 210 p.

4.6. Конструювання дидактичних матеріалів з теми «Застосування моделюючої системи зневоднення та знесолювання нафти».

Метою створення дидактичних матеріалів є забезпечення ефективного засвоєння слухачами принципів роботи моделюючих систем зневоднення та знесолювання нафти, розвиток навичок аналізу технологічних процесів та прийняття обґрунтованих технічних рішень.

Дидактичні матеріали формуються у логічній послідовності та охоплюють кілька рівнів засвоєння знань:

1. Теоретичний блок
 - Основні поняття і терміни зневоднення та знесолювання нафти;
 - Фізико-хімічні властивості нафти та фактори, що впливають на ефективність процесу;
 - Конструктивні особливості моделюючих систем і принципи їх роботи.
 2. Методичний блок
 - Алгоритми створення моделі технологічного процесу;
 - Правила налаштування параметрів системи для оптимальної роботи;
 - Підходи до аналізу результатів моделювання та оцінки ефективності зневоднення і знесолювання.
 3. Практичний блок
 - Завдання на роботу з цифровими симуляторами та програмним забезпеченням;
 - Моделювання різних режимів роботи та оцінка впливу технологічних параметрів;
 - Розбір прикладів реальних виробничих ситуацій і пошук оптимальних рішень.
 4. Контрольно-оцінювальний блок
 - Тестові завдання для перевірки теоретичних знань;
 - Практичні вправи на оцінку ефективності моделюючих процесів;
 - Кейс-завдання для формування експертних висновків і рекомендацій щодо оптимізації процесу.
- Форми дидактичних матеріалів.
- Навчальні посібники та методичні вказівки із поясненням ключових концепцій та алгоритмів;

- Презентації та наочні матеріали для візуалізації процесів та принципів роботи обладнання;
- Цифрові симулятори та програмне забезпечення для моделювання процесів зневоднення та знесолювання;
- Практичні завдання і кейси, що моделюють реальні виробничі ситуації;
- Тести та контрольні завдання для самоперевірки та оцінювання рівня знань.

Принципи конструювання:

- Логічність і послідовність викладу матеріалу;
- Поєднання теоретичних знань із практичними навичками;
- Використання сучасних цифрових технологій та інтерактивних засобів;
- Орієнтація на розвиток аналітичного та критичного мислення, а також на прийняття оптимальних технічних рішень.

4.7. Аналіз базових умов навчання з теми «Застосування моделюючої системи зневоднення та знесолювання нафти»

Аналіз базового навчального матеріалу з теми представлені в таблиці табл. 4.4.

Таблиця 4.4

Аналіз базового матеріалу і способи актуалізації базових знань

Перелік базових понять, законів, способів дії	Способи (методи, форми, засоби) перевірки рівня сформованості базових знань і способів дій
1	2

<p>1. Основи хімії та фізики нафти</p>	<p>Методи: усне опитування. Форми: фронтальна. Засоби: контрольні питання.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Які основні компоненти нафти і як вони впливають на її властивості? 2. Як наявність води та солей впливає на стабільність і якість нафти? 3. Поясніть процес емульгування у нафтових сумішах та його значення для зневоднення. 4. Які фізико-хімічні параметри нафти визначають вибір методу зневоднення та знесолювання?
<p>2. Технологія зневоднення та знесолювання нафти</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Назвіть основні технологічні процеси видалення води і солей з нафти. 2. Які типи сепараторів та обладнання застосовують для зневоднення нафти? 3. Поясніть принцип роботи систем знесолювання та їх вплив на якість сировини. 4. Які фактори визначають ефективність процесів зневоднення та знесолювання?
<p>3. Моделювання технологічних процесів</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Що таке цифрова модель технологічного процесу і для чого її застосовують? 2. Які алгоритми використовуються для розрахунку ефективності зневоднення та знесолювання? 3. Як моделюючі системи допомагають оптимізувати режими роботи обладнання? 4. Які дані необхідні для побудови моделі технологічного процесу?
<p>4. Методи контролю та аналізу</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Які лабораторні методи визначення вмісту води та солей у нафті ви знаєте? 2. Як здійснюється моніторинг технологічних параметрів у системах зневоднення? 3. Які показники ефективності моделюючих процесів слід оцінювати? 4. Поясніть роль аналітичних методів у прийнятті рішень щодо оптимізації процесу.
<p>5. Автоматизація та управління процесами</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Які основні принципи автоматизованого контролю технологічних процесів? 2. Як сенсори та датчики впливають на якість зневоднення та знесолювання нафти? 3. Які переваги інтеграції моделюючих систем у виробничі схеми НПС?

	4. Поясніть роль алгоритмів управління у забезпеченні стабільного режиму роботи обладнання.
6. Безпека та стандарти	<ol style="list-style-type: none"> 1. Які основні вимоги промислової безпеки при роботі з нафтопродуктами? 2. Назвіть основні стандарти ISO та API, що регламентують процеси зневоднення та знесолювання. 3. Як оцінюють ризики у технологічних процесах обробки нафти? 4. Які заходи спрямовані на мінімізацію аварій та підвищення безпеки на НПС?

4.8. Проектування мотиваційних технологій

Проектування мотиваційних технологій навчання з теми «Застосування моделюючої системи зневоднення та знесолювання нафти», характеристика і текст мотивації, використання якої доцільно при викладанні навчального матеріалу (табл. 4.5).

Таблиця 4.5

Обрання методів мотивації навчальної діяльності

Вид і методи мотивації	Вступна мотивація
1	2
Вступна мотивація, мотивуючий вступ	Доброго дня, шановні слухачі! Процеси зневоднення та знесолювання нафти є ключовою ланкою підготовки сировини до транспортування та переробки. Ефективність цих технологічних операцій безпосередньо впливає на якість готової продукції, безпеку обладнання та економічні показники підприємства. Використання моделюючих систем дозволяє глибше зрозуміти поведінку нафти під час її обробки, проаналізувати взаємозв'язок технологічних параметрів і визначити оптимальні режими роботи обладнання. Вивчення моделюючих систем надає фахівцям можливість тренувати навички прийняття рішень у безпечних віртуальних умовах, прогнозувати наслідки зміни технологічних параметрів та

	запобігати виробничим помилкам. Це особливо важливо, оскільки неправильне налаштування обладнання може призвести до збільшення витрат, зниження якості сировини або аварійних ситуацій. Засвоєння цієї теми дозволяє спеціалістам не лише підвищити власну кваліфікацію, а й формувати сучасний професійний підхід, заснований на аналітичному мисленні, точних розрахунках і використанні цифрових інструментів. Моделюючі системи стають важливою частиною сучасної промислової практики, а вміння працювати з ними відкриває доступ до нових технологічних можливостей та підвищує конкурентоспроможність фахівця на ринку праці.
--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

4.9. Проєктування технології формування орієнтовної основи діяльності

Проєктування технології формування орієнтовної основи діяльності при вивченні теми «Застосування моделюючої системи зневоднення та знесолювання нафти» (табл. 4.6).

Таблиця 4.6

Способи формування ООД з теми

Рівні за Блума	Зміст рівня (адаптовано до теми)	Форми навчання	Методи та засоби навчання
1	2	3	4
1. Знання (Запам'ятовування)	Учень розпізнає основні поняття: емульсія, зневоднення, знесолювання, моделююча система; відтворює призначення обладнання.	Лекції, вступні заняття	Пояснення, ілюстрації; презентації; схеми технологічних процесів

2. Розуміння	Пояснює принцип роботи системи зневоднення та знесолювання, інтерпретує основні параметри процесу.	Семінари, фронтальне обговорення	Аналіз прикладів; робота з технічною документацією; навчальні відео
3. Застосування	Використовує знання для налаштування параметрів моделюючої системи; виконує прості розрахунки та моделювання.	Лабораторні роботи, практичні заняття	Робота в симуляторі; виконання практичних завдань; програмні комплекси для моделювання
4. Аналіз	Аналізує вплив змін режимів на ефективність процесу; порівнює різні технологічні схеми; виявляє причини відхилень у роботі моделі.	Групові обговорення, міні-дослідження	Кейс-метод, аналіз виробничих ситуацій; робота з даними моделювання
5. Оцінювання	Аргументує вибір оптимального режиму зневоднення та знесолювання; оцінює ефективність моделюючої системи.	Захист робіт, тестування	Оцінювання моделей; експертний аналіз; виконання контрольних завдань
6. Створення (Синтез)	Створює власні оптимізаційні пропозиції, проекти вдосконалення технологічних схем або моделей; формує рекомендації щодо підвищення продуктивності системи.	Проектна діяльність, дослідницькі роботи	Проектні методи; розробка нових моделей; презентації результатів

4.10. Проектування технології формування виконавчих дій

Проектування технології формування виконавчих дій при вивченні теми «Застосування моделюючої системи зневоднення та знесолювання нафти» (табл. 4.7).

Таблиця 4.7

Способи формування виконавчих дій з теми

Рівні засвоєння навчального матеріалу теми	Форми	Методи, засоби закріплення
1	2	3
I, II, III, IV	Колективна-групова	<p>Вправа 1. Ознайомлення з інтерфейсом та функціоналом моделюючої системи Мета: сформувати первинні навички роботи з програмною платформою моделювання процесів зневоднення та знесолювання. Завдання:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Завантажити моделюючу систему та пройти початкову конфігурацію.
		<ol style="list-style-type: none"> 1. Ідентифікувати основні блоки моделі: змішувач, нагрівач, електродегідратор, відстійник, блок контролю солевмісту. 2. Визначити призначення кожного інструмента керування: регулятори температури, напруги, витрати, швидкості потоку. 3. Зробити короткі нотатки щодо можливостей візуалізації: графіки, діаграми, індикатори стабільності процесу. <p>Очікуваний результат: слухач орієнтується в інтерфейсі системи, може самостійно запускати базову модель і знаходити необхідні параметри.</p> <p>Вправа 2. Встановлення початкових технологічних параметрів Мета: навчитися задавати та змінювати початкові умови для моделювання. Завдання:</p>

		<p>Завдання:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Провести серію модельних експериментів при різних температурах (наприклад 40°C, 60°C, 80°C). 2. Для кожного сценарію зафіксувати: <ul style="list-style-type: none"> – швидкість коалесценції крапель води; 3. – залишкову вологість після виходу з блоку; <ul style="list-style-type: none"> – енергоспоживання системи. 4. Побудувати графік залежності ступеня зневоднення від температури. 5. Зробити висновок щодо оптимального температурного режиму. <p>Очікуваний результат: сформоване розуміння температурного фактора як одного з ключових у підвищенні ефективності процесу.</p> <p>Вправа 4. Моделювання зміни електричного поля в процесі знесолювання</p> <p>Мета: навчитися визначати вплив параметрів електричного поля на вилучення водно-сольових домішок.</p> <p>Завдання:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити три рівні напруги електричного поля. 2. Для кожного рівня виміряти мг/л залишкових солей у продукті. 3. Дослідити вплив частоти імпульсів на ступінь розшарування емульсії. 4. Порівняти різні схеми електродів (паралельні, комбіновані, перехресні). <p>Очікуваний результат: слухач уміє знаходити компроміс між енерговитратами та технологічною ефективністю електродегідратора.</p> <p>Вправа 5. Оцінка впливу витрати нафти на роботу системи</p> <p>Мета: встановити взаємозв'язок між подачею сирової нафти та якістю технологічного процесу.</p> <p>Завдання:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Задати кілька варіантів витрати (низький, середній, високий потік). 2. Оцінити, як змінюється: <ul style="list-style-type: none"> – час перебування нафти у відстійній зоні; – ефективність видалення води та солей; – стабільність роботи електричного поля.
--	--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

1	2	3
		<p>3. Визначити режим, при якому система переходить у нестабільний стан. Оформити висновки у вигляді короткого технічного протоколу. Очікуваний результат: розуміння гідродинамічних обмежень процесу та уміння оптимізувати подачу сировини. Вправа 6. Моделювання аварійних та нестандартних режимів Мета: навчитися реагувати на технологічні відхилення та прогнозувати наслідки. Завдання:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Імітувати: <ul style="list-style-type: none"> – різке зростання солемісту; – зниження напруги електричного поля; – падіння температури; – перевищення витрати нафти. 2. Проаналізувати поведінку системи за кожного сценарію. 3. Записати, які попереджувальні сигнали видає модель. 4. Розробити рекомендації з відновлення нормального режиму. <p>Очікуваний результат: вміння розробляти алгоритми оперативного реагування на відхилення. Вправа 7. Оптимізація технологічної схеми процесу Мета: відпрацювати навички комплексного аналізу параметрів та пошуку оптимальних режимів. Завдання:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Обрати три ключові параметри: температура, напруга, витрата. 2. Виконати серію експериментів з різними комбінаціями цих параметрів. 3. Отримати матрицю результатів (ефективність зневоднення/знесолювання, енергоспоживання, стабільність). 4. Знайти оптимум та обґрунтувати його вибір. <p>Очікуваний результат: сформована здатність до комплексної оптимізації технологічних режимів. Вправа 8. Підготовка узагальнюючого технічного звіту</p>

1	2	3
		<p>Мета: навчити слухачів оформлювати результати моделювання в структурованому вигляді.</p> <p>Завдання:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Описати мету та об'єкт дослідження. 2. Надати таблиці з результатами всіх модельних експериментів. 3. Побудувати графічні залежності (за необхідності). <p>Сформулювати висновки та пропозиції щодо вдосконалення технологічного процесу. Очікуваний результат: здатність до професійної інтерпретації даних та оформлення звітної документації.</p>

4.11. Проектування контрольних дій

Проектування контрольних дій з теми «Застосування моделюючої системи зневоднення та знесолювання нафти» (таблиця 4.8).

Таблиця 4.8

Засоби контролю по темі

Рівні засвоєння навчального матеріалу теми	Форми	Методи, засоби
1	2	3
I, II, III	Колективно - індиві	<p><u>Контрольні питання.</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Яке технологічне призначення систем зневоднення та знесолювання нафти у виробничому циклі? 2. У чому полягає фізична сутність процесу руйнування водонафтових емульсій? 3. Які основні етапи проходить нафта в моделюючій системі зневоднення та знесолювання?

		<ol style="list-style-type: none"> 4. Які параметри нафти необхідно вводити перед запуском моделювання технологічного процесу? 5. Як температура впливає на ефективність відокремлення води від емульсії? 6. Які функції виконує електричне поле в системі знесолювання? 7. Чому зміна напруги електродегідратора може призводити до нестабільності процесу?
		<ol style="list-style-type: none"> 1. Яке призначення блоку нагрівання в моделюючій системі і які його оптимальні режими? 2. Які фактори визначають час перебування нафти в зоні відстою? 3. Які показники ефективності використовуються для оцінювання результатів зневоднення? 4. Які зміни в роботі системи відбуваються при збільшенні витрати нафти? 5. Чим небезпечні відхилення концентрації солей у технологічному процесі? 6. Як можна оцінити ступінь стабільності роботи моделі в різних режимах? 7. Які переваги використання моделюючих систем у підготовці нафти порівняно з фізичними експериментами? 8. Які аварійні ситуації можуть бути змодельовані для навчальних цілей? 9. На основі яких даних здійснюється вибір оптимальних технологічних режимів у моделюючій системі? 10. Які графічні інструменти використовуються для аналізу результатів моделювання? 11. З якою метою проводиться порівняння різних технологічних схем зневоднення? 12. Які вимоги висувуються до точності введення вихідних параметрів для коректного моделювання? 13. Які висновки можна зробити після проведення серії модельних експериментів із різними параметрами процесу?

4.12. Розробка програми курсів підвищення кваліфікації

Розробка програми курсів підвищення кваліфікації викладання теми «Застосування моделюючої системи зневоднення та знесолювання нафти» представлено в таблиці 4.9.

.

Таблиця 4.9

Програма курсів підвищення кваліфікації

№ з/п	Назва заняття	Термін заняття (год.)	Цілі заняття	Тип заняття	Методи навчання
1	Вступ до технології зневоднення та знесолювання нафти	2	Ознайомити слухачів із технологічним призначенням процесів, видами емульсій та ключовими факторами, що впливають на якість підготовки нафти	Лекція	Пояснення, демонстрація схем, аналіз виробничих прикладів
2	Будова та принцип роботи моделюючої системи	2	Сформувати розуміння структури моделюючої системи, її інструментів, блоків та можливостей	Лекція з елементами демонстрації	Візуалізація інтерфейсу, робота з навчальними моделями, порівняння технологічних схем
3	Налаштування початкових параметрів моделі	3	Навчити коректно вводити вихідні дані: температуру, витрати, солеміст, характеристики сировини	Практичне заняття	Робота з симулятором, індивідуальні завдання, покрокові інструкції
4	Вплив температури на процес зневоднення	2	Показати зв'язок між температурним режимом, в'язкістю та швидкістю руйнування емульсії	Практичне заняття	Моделювання різних сценаріїв, побудова графіків, груповий аналіз
5	Роль електричного поля у знесолюванні нафти	3	Розкрити принцип електродегідратії, вплив напруги та частоти імпульсів на якість підготовки сировини	Комбіноване заняття	Проблемно-аналітичний метод, цифрові експерименти, порівняння режимів

Продовження табл. 4.9

1	2	3	4	5	6
6	Вплив гідродинамічних параметрів на ефективність процесу	2	Визначити вплив витрати нафти й часу перебування в апараті на кінцевий результат	Практикум	Варіювання параметрів потоку, робота ³ діаграмами, обговорення результатів
7	Моделювання аварійних і нестандартних режимів	3	Навчити слухачів виявляти та оцінювати технологічні відхилення, прогнозувати наслідки	Лабораторно-тренажерне заняття	Сценарне моделювання, кейс-метод, аналіз попереджувальних сигналів
8	Оптимізація технологічної схеми процесу	3	Сформулювати навички комплексної оптимізації параметрів для отримання максимального ефекту	Практикум	Матричний експеримент, обчислення ефективності, групова робота
9	Інтерпретація результатів моделювання та побудова технічного звіту	2	Навчити коректному оформленню результатів, технічному аналізу та формулюванню висновків	Семінар-практикум	Робота ³ таблицями, графіками, підготовка звітів, експертне обговорення

Продовження табл. 4.9

1	2	3	4	5	6
10	Підсумкова робота: аналіз комплексного технологічного сценарію	2	Перевірити сформовані компетентності, здатність застосовувати модель для вирішення виробничих задач	Підсумкове контрольне заняття	Практичне моделювання, захист результатів, усне опитування

4.13. Розробка сценарію заняття «Моделювання аварійних і нестандартних режимів»

Тип заняття: лабораторно-тренажерне, практико-орієнтоване

Тривалість: 3 години

Ціль заняття: навчити слухачів виявляти, аналізувати та оцінювати вплив аварійних і нестандартних ситуацій на роботу системи зневоднення та знесолювання нафти, а також формувати навички прийняття оперативних рішень.

1. Організаційно-вступний етап (10 хв)

Дії викладача:

- Вітає учасників, коротко озвучує мету та очікувані результати заняття.
- Нагадує основні режимні параметри нормальної роботи системи: температура, напруга електродегідратора, витрата сировини, концентрація солей, час відстоювання.
- Пояснює, що заняття проводиться у симуляторі, який дозволяє відтворювати реальні технологічні відхилення.

Дії слухачів:

- Уточнюють незрозумілі моменти, налаштовують робочі місця, запускають моделюючу програму.

2. Актуалізація базових знань (15 хв)

Міні-опитування:

1. Які типи аварій виникають на стадії зневоднення?
2. Як зміна температури впливає на стабільність емульсії?
3. Для чого використовують захисні системи контролю солей?

Метод: бесіда, короткі пояснення, робота з технологічною схемою.

Мета етапу — переконатися, що слухачі володіють початковими поняттями, необхідними для виконання практичного моделювання.

3. Демонстрація викладачем базового сценарію (20 хв)

Завдання викладача:

- Увімкнути демонстраційний режим симулятора.
- Показати «еталонний» сценарій роботи системи в нормальних умовах.
- Виділити ключові параметри, які найчутливіші до відхилень:
 - температура нагріву,
 - напруга електродегідратора,
 - витрата сировини,
 - водність на вході,
 - солевміст.

Ціль: створити точку відліку, з якою учасники будуть порівнювати аварійні моделі.

4. Практичний блок 1: Моделювання аварії типу «Зниження температури» (30 хв)

Вихідні умови:

- Температура знижується на 20–30°C від оптимальної.
- В'язкість нафти підвищується.
- У відстійнику спостерігається уповільнення розшарування.

Завдання для слухачів:

1. Запустити сценарій у симуляторі.
2. Зафіксувати показники: швидкість коалесценції, залишкова вологість, енергоспоживання.
3. Визначити момент, коли система переходить у нестабільний режим.
4. Запропонувати 2–3 можливі дії оператора.

Очікуваний результат: слухачі вміють аналізувати залежність між температурою та ефективністю зневоднення.

5. Практичний блок 2: Аварія типу «Падіння напруги електричного поля» (30 хв)

Симуляційні умови:

- Поступово зменшити напругу електродегідратора до мінімального робочого рівня.
- Зменшити частоту імпульсів.

Завдання:

1. Визначити вплив падіння напруги на якість знесолювання.
2. Порівняти результати з еталонним режимом.
3. Виявити порогові значення, які призводять до різкого росту солевмісту.
4. Підготувати коротку рекомендацію щодо стабілізації процесу.

Результат: слухач розуміє, як електричне поле впливає на розшарування емульсії та знесолювання.

6. Практичний блок 3: Нестандартний режим «Перевищення витрати нафти» (25 хв)

Умови сценарію:

- Збільшення потоку на 20–40%.
- Скорочення часу перебування нафти в апараті.
- Перевантаження системи.

Завдання:

1. Виміряти показники залишкової води та солей.
2. Виявити симптоми «захлинання» процесу.
3. Визначити ризики для обладнання.
4. Запропонувати оптимізаційні заходи.

Очікуваний результат: слухачі вміють оцінювати гідродинамічні обмеження процесу.

7. Групова робота: Розробка алгоритму дій оператора в аварійних умовах (20 хв)

Хід роботи:

- Учасники поділяються на 3–4 міні-групи.

- Кожна група отримує свій сценарій (зниження напруги, збільшений солевміст, різке падіння температури, зростання водності).
 - Слухачі формують:
 1. ознаки наближення аварії;
 2. першочергові дії оператора;
 3. заходи для стабілізації;
 4. можливі технічні причини.

Презентація: кожна група коротко захищає свої висновки.

8. Підсумкове інтегроване моделювання (20 хв)

Слухачам пропонується складний сценарій, де одночасно змінюються два параметри, наприклад:

- зростає витрата + падає напруга
або
- знижується температура + збільшується водність на вході.

Завдання:

- відстежити динаміку змін;
- виявити ключовий фактор, що викликає кризову ситуацію;
- визначити, які коригувальні дії дають найбільший ефект.

9. Рефлексія та підбиття підсумків (10 хв)

Питання для рефлексії:

- Який із сценаріїв був найбільш складним і чому?
- Які параметри виявилися найбільш критичними для стабільності процесу?
- Що варто враховувати у реальних умовах при роботі з електродегідраторами?

Викладач:

- узагальнює результати;

- підкреслює важливість персональної відповідальності при роботі з обладнанням підвищеної небезпеки;
- дає рекомендації для подальшого самостійного опрацювання.

10. Домашнє або підсумкове завдання

Підготувати:

Технічний міні-звіт (1–2 сторінки), який містить:

- короткий опис вибраного аварійного сценарію,
- аналіз динаміки параметрів,
- запропоновані стабілізаційні заходи,
- узагальнення отриманого досвіду.

Висновки до розділу 4

Розроблений дидактичний проєкт викладання теми «Застосування моделюючої системи зневоднення та знесолювання нафти» підтвердив актуальність інтеграції цифрових інструментів у навчання фахівців дослідних лабораторій, які працюють з технологіями підготовки нафти. Проведений аналіз професійної діяльності слухачів показав, що їхня робота вимагає чіткого розуміння закономірностей фізико-хімічних процесів, високої точності у вимірюваннях, уміння швидко реагувати на відхилення технологічних параметрів та приймати обґрунтовані рішення. Це визначило підхід до проєктування змісту навчання та необхідність застосування моделюючих систем як ключового засобу формування професійних компетентностей.

Побудована структура курсу забезпечує логічний перехід від засвоєння теоретичних основ до практичного моделювання різних режимів роботи обладнання. Використання симуляторів дало змогу створити максимально наближені до реальних виробничих умов навчальні ситуації, у яких слухачі могли відпрацьовувати навички роботи з аварійними та нестандартними

режимами, аналізувати поведінку технологічної системи, здійснювати оцінювання ризиків та вибір оптимальних коригувальних дій.

Запропонований комплекс дидактичних матеріалів — контрольні питання, практичні вправи, сценарії занять та програма курсу — сприяє підвищенню якості професійної підготовки, оскільки охоплює всі рівні засвоєння знань за таксономією Блума. Це забезпечує розвиток не лише знаннєвих, а й аналітичних, операційних і проєктних компетентностей, які необхідні для ефективної роботи з сучасними системами зневоднення та знесолювання нафти.

Узагальнюючи результати, можна стверджувати, що дидактичний проєкт відповідає вимогам підвищення кваліфікації сучасних інженерно-технічних працівників. Він створює умови для безпечного відпрацювання складних виробничих ситуацій, формує професійну самостійність, підвищує якість експертних рішень і сприяє впровадженню інноваційних технологій у діяльність дослідних лабораторій та підприємств нафтопереробного комплексу.

Реалізація проєкту забезпечує системний підхід до навчання, сприяє розвитку критичного мислення, удосконалює навички роботи з цифровими технологіями та створює передумови для формування висококваліфікованих спеціалістів, здатних ефективно виконувати завдання з оцінювання, діагностики та оптимізації процесів підготовки нафти.

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі було проведено дослідження Професійна підготовка фахівців дослідної лабораторії до застосування моделюючої системи зневоднення та знесолювання нафти.

У першому розділі обґрунтовано актуальність професійної підготовки фахівців дослідної лабораторії до застосування моделюючої системи зневоднення та знесолювання нафти. Доведено, що високий рівень підготовки персоналу є критично важливою умовою підвищення ефективності й надійності технологічних процесів. Впровадження комплексної системи навчання забезпечує поєднання теоретичних знань із практичними навичками, сприяє підвищенню рівня безпеки та зменшенню ризиків технологічних відмов.

Завдяки належній підготовці фахівці здатні ефективно працювати з моделюючими системами, оптимізувати параметри технологічних процесів і забезпечувати стабільну якість кінцевої продукції. Це, у свою чергу, підвищує продуктивність та конкурентоспроможність нафтопереробного підприємства.

У другому розділі здійснено аналіз та оцінювання сучасних розрахункових модулів, призначених для моделювання процесів зневоднення та знесолення водонафтових емульсій. Проведене дослідження підтверджує доцільність використання таких модулів, оскільки вони дають змогу підвищити точність прогнозування, оптимізувати технологічні параметри та зменшити потребу в масштабних експериментальних випробуваннях.

Отримані результати за цим розділом формують науково-практичну основу для подальших розрахунків і розробки рекомендацій щодо підвищення ефективності технологічних процесів у нафтогазовій галузі.

У третьому розділі розглянуто вимоги до кадрового забезпечення дослідних лабораторій нафтовидобувних підприємств. У сукупності представлені критерії формують цілісну систему вимог, що гарантує якісне професійне комплектування лабораторного персоналу, забезпечує високий

рівень достовірності досліджень, підвищує ефективність технологічного контролю та сприяє безпечному функціонуванню виробничих процесів.

У четвертому розділі розроблено дидактичний проєкт викладання теми «Застосування моделюючої системи зневоднення та знесолювання нафти», що вивчається у процесі підвищення кваліфікації фахівців дослідної лабораторії. Він відповідає вимогам підвищення кваліфікації сучасних інженерно-технічних працівників. Він створює умови для безпечного відпрацювання складних виробничих ситуацій, формує професійну самостійність, підвищує якість експертних рішень і сприяє впровадженню інноваційних технологій у діяльність дослідних лабораторій та підприємств нафтопереробного комплексу.

Реалізація проєкту забезпечує системний підхід до навчання, сприяє розвитку критичного мислення, удосконалює навички роботи з цифровими технологіями та створює передумови для формування висококваліфікованих спеціалістів, здатних ефективно виконувати завдання з оцінювання, діагностики та оптимізації процесів підготовки нафти.

Таким чином, виконане дослідження доводить важливість інтегрованого підходу до професійної підготовки та підвищення кваліфікації фахівців лабораторій нафтовидобувних підприємств. Поєднання сучасних моделюючих систем, якісного кадрового забезпечення та ефективних навчальних технологій створює умови для формування висококваліфікованих спеціалістів, здатних забезпечувати надійність, безпеку та результативність процесів підготовки нафти в сучасних виробничих умовах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Головенкін В. П. Інженерна педагогіка [Електронний ресурс] : підруч. / В. П. Головенкін. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. Режим доступу: http://psy.kpi.ua/wp-content/uploads/2017/02/Injenerna_pedagogika.pdf
2. Коваленко О. Е., Брюханова Н. О., Корольова Н.В. Методика професійного навчання: дидактичне проектування: Підручник для студентів інженерно-педагогічних спеціальностей. – Харків: УПА, 2019. – 204 с.
3. Коваленко О. Е., Брюханова Н. О., Корольова Н.В. Методика професійного навчання: основні технології навчання: Підручник для студентів інженерно-педагогічних спеціальностей. – Харків: УПА, 2019. – 174 с.
4. Лебедик Л.В., Стрельніков В.Ю., Стрельніков М.В. Сучасні технології навчання і методики викладання дисциплін: Навчально-методичний посібник для слухачів курсів підвищення кваліфікації педагогічних працівників закладів середньої, професійної (професійно-технічної), фахової передвищої та вищої освіти / Л. В. Лебедик, В. Ю. Стрельніков, М. В. Стрельніков. – Полтава : АСМІ, 2020. – 303 с.
5. Методика професійної освіти : навч. посібник для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 015 «Професійна освіта» галузі знань 01 «Освіта / Педагогіка» / Д. О. Чернишев, К. І. Почка, Г. Л. Корчова, Ю. С. Красильник, М. В. Руденко. – Київ : Компринт, 2024. – 224 с.
6. Методичні вказівки до виконання магістерської кваліфікаційної роботи для здобувачів освіти другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання за спеціальністю 015 Професійна освіта (за спеціалізацією) / Укр. інж.-пед. акад.; упоряд.: О. Е. Коваленко, Н. О. Брюханова, Н.В. Божко, Н.В. Корольова – Харків: УПА, 2024. – 82 с.
7. Семенова А.В. Професійна педагогіка: Підручник. / Авт. : О.В. Грабовський, Л.В. Коломієць, О.С. Савельєва, А.В. Семенова, В.Ф. Яні; за заг. ред. А.В. Семенової. – Одеса: Бондаренко М.О., 2020. – 575 с.

8. Сайт дистанційної освіти Університету – Режим доступу: <https://moodle.karazin.ua>
9. EdEra – студія онлайн-освіти [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ed-era.com/>
10. Український освітній онлайн-портал для вчителів «На Урок» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://naurok.com.ua/>
11. «Освіторія Медіа» – онлайн медія про освіта та виховання [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://osvitoria.media/>
12. Освіта.UA [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://osvita.ua>
13. Всеосвіта – освітня платформа для професійного зростання педагогічних працівників та підвищення їх педагогічної майстерності [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://vseosvita.ua/>