

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 кадрового
складу резервуарного парку до забезпечення надійності та безпеки
робіт систем та обладнання на виробництві»

(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)

_____ / Михайло КЛІЩЕВНИКОВ
(підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник _____ / Олена ПРОКОПЕНКО
(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

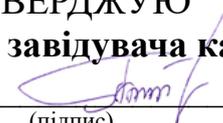
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ. В.Н.
КАРАЗІНА

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 _____
Михайло КЛЄЩЕВНИКОВ
(ім'я, прізвище)

1. Тема «Професійна підготовка кадрового складу резервуарного парку до забезпечення надійності та безпеки робіт систем та обладнання на виробництві» 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): Актуальність професійної підготовки кадрового складу резервуарного парку до забезпечення надійності та безпеки робіт систем та обладнання на виробництві. Комплексний аналіз резервуарного парку та розроблення технологічно-розрахункових рішень для забезпечення надійної й безпечної експлуатації Вимоги до кадрового забезпечення об'єкту галузі. Розробка дидактичного проєкту викладання теми «Забезпечення надійності та безпеки робіт систем та обладнання на виробництві», що вивчається у процесі підвищення кваліфікації кадрового складу резервуарного парку.

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)

Олена ПРОКОПЕНКО

(ім'я, прізвище)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)



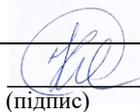
Михайло КЛЮЧКА

(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 кадрового складу резервуарного парку до забезпечення надійності та безпеки робіт систем та обладнання на виробництві.	01.09.2025 – 15.09.2025	
2	Комплексний аналіз резервуарного парку та розроблення технологічно-розрахункових рішень для забезпечення надійної й безпечної експлуатації.	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 «Забезпечення надійності та безпеки робіт систем та обладнання на виробництві», що вивчається у процесі підвищення кваліфікації кадрового складу резервуарного парку.	16.11.2025 – 29.11.2025	
5	Оформлення пояснювальної записки та презентації	До 10.12.2025	

Здобувач (ка) вищої освіти



(підпис)

Михайло КЛЮЧКА

(ім'я, прізвище)

Нормоконтроль

(підпис)



Євген КЛЮЧКА

(ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

до магістерської роботи на тему
«Професійна підготовка кадрового
складу резервуарного парку до забезпечення надійності та безпеки
робіт систем та обладнання на виробництві»

Михайло КЛЄЩЕВНИКОВ

Магістерська робота складається з 100 сторінок, 12 рисунків, 19 таблиць, список літератури містить 25 джерел.

ДИДАКТИЧНИЙ ПРОЄКТ, ПІДВИЩЕННЯ КВАЛІФІКАЦІЇ, ПРОФЕСІЙНА ПІДГОТОВКА, резервуарний парк, надійність, безпечність, нафтопродукт, трубопровідні системи,

Об'єкт дослідження – процес професійної підготовки персоналу резервуарного парку, відповідального за технічний стан, надійність та безпечну експлуатацію резервуарів, трубопровідних систем, запірно-регулювальної арматури та супутнього технологічного обладнання.

Предмет дослідження – формування професійної компетентності фахівців, діяльність яких спрямована на підтримання справного стану резервуарних систем та запобігання аваріям у процесі виробництва.

У роботі обґрунтовано значущість якісної професійної підготовки персоналу резервуарного парку, відповідального за технічний стан, надійність та безпечну експлуатацію резервуарів, трубопровідних систем, запірно-регулювальної арматури та супутнього технологічного обладнання. Проведено ґрунтовний аналіз комплексний аналіз резервуарного парку та розроблення технологічно-розрахункових рішень для забезпечення надійної й безпечної експлуатації. Крім того, сформовано та науково аргументовано комплекс вимог до кадрового забезпечення персоналу резервуарного парку.

Розроблено дидактичний проєкт викладання теми «Забезпечення надійності та безпеки робіт систем та обладнання на виробництві», що вивчається у процесі підвищення кваліфікації кадрового складу резервуарного парку.

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.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1	12
1.1. Роль персоналу резервуарного парку.....	12
1.2. Проблеми сучасної підготовки персоналу	16
1.3. Необхідність системного підходу до навчання.....	17
Висновки до розділу 1	19
РОЗДІЛ 2	21
КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ РЕЗЕРВУАРНОГО ПАРКУ ТА РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНО-РОЗРАХУНКОВИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОЇ Й БЕЗПЕЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ	21
2.1 Резервуарний парк.....	21
2.1.1 Класифікація резервуарів	24
2.1.2 Обладнання резервуарів та резервуарного парку	27
2.2 Технологічні рішення, спрямовані на підвищення надійності та безпеки резервуарного парку	46
2.3 Розрахункова частина	54
2.3.1 Розрахунок втрати нафти при великому диханні	54
2.3.2 Оцінка ефективності застосування понтонів для резервуарів	55
2.3.3 Оцінка застосування УУЛФ (установка уловлювання легких фракцій)	56
2.3.4 Застосування поверхнево активних речовин (ПАР) при транспортуванні та зберіганні нафти.....	57
2.3.5 Визначення залишкового ресурсу резервуару	59
Висновки до розділу 2	74
РОЗДІЛ 3 ВИМОГИ ДО КАДРОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБ'ЄКТУ ГАЛУЗІ	77
3.1 Вимоги до кадрового забезпечення персоналу резервуарного парку	77
3.1 Загальні вимоги до професійної компетентності персоналу	77
3.2. Кваліфікаційні вимоги до персоналу різних рівнів	78
3.3 Психофізіологічні та професійно-особистісні вимоги.....	79

3. 4. Вимоги до системи підвищення кваліфікації.....	80
3.5. Організаційні вимоги до кадрового забезпечення.....	80
Висновки до розділу 3	81
РОЗДІЛ 4	82
4.1. Вихідні дані.....	82
4.2. Види та зміст професійної діяльності фахівця.....	84
4.3. Кваліфікаційні вимоги до кадрового складу резервуарного парку	86
4.4. Постановка цілей вивчення навчальної теми «Забезпечення надійності та безпеки робіт систем та обладнання на виробництві»	87
4.5. Перелік літературних джерел з теми.....	89
4.6. Конструювання дидактичних матеріалів з теми «Забезпечення надійності та безпеки робіт систем та обладнання на виробництві»	89
4.7. Аналіз базових умов навчання з теми «Забезпечення надійності та безпеки робіт систем та обладнання на виробництві»	92
4.8. Проектування мотиваційних технологій.....	93
4.9. Проектування технології формування орієнтовної основи діяльності	95
Проектування технології формування орієнтовної основи діяльності при вивченні теми «Забезпечення надійності та безпеки робіт систем та обладнання на виробництві» (табл. 4.6).	95
4.10. Проектування технології формування виконавчих дій.....	97
4.11. Проектування контрольних дій	100
4.12. Розробка програми курсів підвищення кваліфікації	101
4.13. Розробка сценарію заняття «Методи діагностики та неруйнівного контролю»	104
Висновки до розділу 4	105
ВИСНОВКИ.....	107
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	109

ВСТУП

Сучасне виробництво нафтопереробної та нафтотранспортної галузі характеризується високим рівнем технологічної складності та підвищеними вимогами до безпеки експлуатації обладнання. Резервуарний парк є ключовим елементом у ланцюзі зберігання та підготовки нафтопродуктів, а від надійності його функціонування безпосередньо залежить стабільність і ефективність виробничих процесів. Будь-які відхилення у роботі резервуарів, трубопровідних систем чи допоміжного обладнання можуть призвести до аварійних ситуацій, втрат сировини, порушень технологічного циклу та загрози для навколишнього середовища. Тому високий рівень професійної підготовки персоналу резервуарного парку є критично важливим для забезпечення безпечної та надійної експлуатації обладнання.

Актуальність теми обумовлена тим, що сучасні технології експлуатації резервуарних систем потребують комплексного підходу до навчання персоналу, який поєднує технічну, нормативну та організаційну складові. Складність обладнання, різноманіття конструктивних рішень резервуарів, особливості їх обв'язувальних систем і високі вимоги до контролю за станом обладнання вимагають від фахівців не лише знання конструктивних і технологічних характеристик, а й уміння оцінювати технічний стан у реальному часі, прогнозувати ризики та приймати оперативні рішення у нестандартних і аварійних ситуаціях.

Проблема підготовки персоналу резервуарного парку є актуальною також у контексті впровадження цифрових систем моніторингу та діагностики, сучасних методів неруйнівного контролю та автоматизованих технологій управління. Практика показує, що недостатній рівень компетентності персоналу призводить до помилкових оцінок стану обладнання, несвоєчасного виявлення дефектів та підвищеної аварійності. Тому розробка ефективної системи професійної підготовки, яка формує знання, практичні навички та компетентності щодо забезпечення надійності і

безпеки технологічних систем резервуарного парку, є важливою науковою та прикладною задачею.

Узагальнення досвіду промислових підприємств, аналіз аварійних ситуацій і вивчення сучасних підходів до навчання персоналу свідчать про необхідність інтеграції знань із технічної експлуатації, охорони праці, промислової безпеки та ризик-менеджменту у єдину навчально-методичну систему. Такий підхід дозволяє формувати у фахівців здатність до прогнозування потенційних небезпек, своєчасного реагування на відхилення режимів роботи та прийняття обґрунтованих рішень щодо підтримки безпечної експлуатації резервуарного обладнання.

Таким чином, актуальність дослідження полягає у необхідності розробки науково обґрунтованої та практично орієнтованої системи професійної підготовки персоналу резервуарного парку, яка забезпечує комплексний розвиток технічних, організаційних та аналітичних компетентностей для підтримки надійності та безпеки виробничих процесів.

Об'єктом дослідження є процес професійної підготовки персоналу резервуарного парку, відповідального за технічний стан, надійність та безпечну експлуатацію резервуарів, трубопровідних систем, запірно-регулювальної арматури та супутнього технологічного обладнання.

Предметом дослідження є формування професійної компетентності фахівців, діяльність яких спрямована на підтримання справного стану резервуарних систем та запобігання аваріям у процесі виробництва.

Метою дослідження є теоретичне обґрунтування та створення ефективної системи підготовки кадрового складу резервуарного парку, що забезпечуватиме формування знань та практичних умінь, необхідних для підтримання технічної надійності, зниження експлуатаційних ризиків і забезпечення безпечних умов роботи.

Основна гіпотеза полягає в тому, що підготовка фахівців резервуарного господарства забезпечить високий рівень експлуатаційної безпеки обладнання за умови включення до змісту навчання глибокого вивчення конструктивних

особливостей резервуарів, закономірностей їх деградації, сучасних методів неруйнівного контролю, технологій оцінювання залишкового ресурсу, а також нормативних вимог і ризик-орієнтованих підходів до експлуатації. Ефективність підготовки підвищується, якщо навчальний процес базується на моделюванні дефектів і аварійних сценаріїв, аналізі реальних виробничих кейсів, опрацюванні практичних ситуацій із використанням діагностичного обладнання та цифрових систем моніторингу. Важливою умовою є інтеграція знань із матеріалознавства, протипожежного захисту, охорони праці, промислової безпеки та експлуатаційних технологій.

У межах дослідження поставлено такі завдання:

1. Здійснити аналіз професійної діяльності працівників резервуарного парку.
2. Визначити компетентнісні вимоги до персоналу, зайнятого експлуатацією та технічним контролем обладнання.
3. Обґрунтувати зміст і структуру системи підготовки фахівців; розробити навчально-методичну модель, орієнтовану на забезпечення безпеки технологічних процесів.
4. Сформувати програму підвищення кваліфікації з урахуванням сучасних діагностичних технологій, вимог нормативно-технічної документації та моделей ризик-менеджменту.

Для досягнення мети застосовано комплекс методів дослідження, серед яких аналіз технічних регламентів і стандартів з промислової безпеки, наукової літератури з експлуатації резервуарних систем і технічної діагностики; порівняльний аналіз навчальних програм; експертні опитування фахівців; дослідження причин аварій і типових дефектів; педагогічне моделювання та узагальнення передового виробничого досвіду.

Наукова новизна полягає у розробленні цілісної моделі професійної підготовки персоналу резервуарного парку, яка поєднує технічні, нормативні, аналітичні та ризик-орієнтовані компетентності, а також у визначенні

педагогічних умов, що забезпечують формування готовності фахівців до роботи в умовах підвищеної техногенної небезпеки.

Практична значущість результатів дослідження полягає в можливості впровадження запропонованої системи у програми підвищення кваліфікації та внутрішньої атестації персоналу підприємств, що дає змогу підвищити точність діагностичних робіт, знизити аварійність, оптимізувати експлуатаційні режими та забезпечити високий рівень виробничої безпеки. Структура дослідження традиційно передбачає вступ, кілька послідовних розділів, висновки та список використаних джерел.

РОЗДІЛ 1

АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ КАДРОВОГО СКЛАДУ РЕЗЕРВУАРНОГО ПАРКУ ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА БЕЗПЕКИ РОБІТ СИСТЕМ ТА ОБЛАДНАННЯ НА ВИРОБНИЦТВІ

1.1. Роль персоналу резервуарного парку

Персонал резервуарного парку є ключовим елементом системи управління технологічними процесами на підприємствах нафтопереробної, нафтотранспортної та хімічної промисловості. В умовах сучасного виробництва роль фахівців виходить далеко за межі виконання стандартних регламентних процедур: вони відповідають за безпеку, надійність та ефективність роботи обладнання, а також за попередження аварій та нештатних ситуацій, які можуть призвести до економічних збитків, порушення технологічних процесів і негативного впливу на навколишнє середовище. Таким чином, персонал резервуарного парку виступає гарантом стабільності виробничої системи та безпечного функціонування технологічних об'єктів.

Основна діяльність фахівців резервуарного парку охоплює широкий спектр завдань. Серед них можна виділити декілька ключових напрямів:

1. Моніторинг та контроль стану обладнання. Персонал здійснює щоденне спостереження за фізичними параметрами резервуарів і обв'язувальних систем, включаючи рівень та температуру рідини, герметичність конструкцій, стан запірно-регулювальної арматури та насосних агрегатів. Контроль здійснюється як візуально, так і з використанням сучасних цифрових технологій моніторингу, що дозволяє своєчасно виявляти відхилення від нормативних параметрів і запобігати аварійним ситуаціям.

2. Технічне обслуговування та діагностика. Персонал виконує планові та позапланові роботи з технічного обслуговування резервуарів та

супутнього обладнання, проводить перевірки стану конструкцій, виконує заміри та оцінку залишкового ресурсу. До цього напрямку входить проведення неруйнівного контролю, включаючи ультразвукову, вібраційну, термографічну діагностику, а також використання сучасних цифрових систем для оцінки технічного стану. Вміння правильно інтерпретувати отримані дані є ключовим елементом професійної діяльності.

3. Реагування на аварійні та нестандартні ситуації. Фахівці резервуарного парку відповідають за своєчасну локалізацію та ліквідацію аварійних подій, таких як протікання, пошкодження конструкцій або відмови обв'язувальних систем. Вони розробляють алгоритми реагування, координують дії персоналу, визначають першочергові заходи та оцінюють ризики для безпеки виробничих процесів. Для цього потрібні високі аналітичні навички, вміння швидко приймати рішення та прогнозувати розвиток подій.

4. Документування та звітність. Частиною професійної діяльності є ведення технічної документації, складання звітів про стан резервуарів, результати обслуговування та проведеної діагностики. Ці дані використовуються для планування ремонтів, оцінки залишкового ресурсу та розробки стратегій модернізації обладнання.

5. Участь у плануванні і оптимізації виробничих процесів. Досвідчені фахівці резервуарного парку беруть участь у розробці планів технічного обслуговування, оптимізації режимів роботи резервуарів та супутніх систем, впровадженні нових технологій контролю та управління. Вони можуть пропонувати заходи щодо підвищення надійності обладнання та зниження ризиків аварій.

Відповідальність фахівців резервуарного парку охоплює декілька рівнів:

– Технічна відповідальність передбачає контроль за станом обладнання, дотриманням технологічних параметрів і виконанням регламентних процедур. Будь-яке порушення може призвести до аварій або пошкодження технологічних систем.

- Організаційна відповідальність полягає у забезпеченні координації робіт між різними підрозділами підприємства, дотриманні графіків обслуговування та ефективного управлінні персоналом під час позаштатних ситуацій.

- Соціальна та екологічна відповідальність включає дотримання норм промислової безпеки, правил охорони праці та запобігання негативному впливу на довкілля. Персонал безпосередньо впливає на збереження життя і здоров'я співробітників та населення, що проживає поблизу виробничих об'єктів.

Для виконання зазначених видів діяльності персонал повинен відповідати високим кваліфікаційним стандартам. До ключових компетентностей належать:

- Технічні знання. Фахівець повинен розуміти конструктивні особливості резервуарів різних типів, принципи роботи обв'язувальних систем, насосів, арматури та систем контролю параметрів.

- Навички технічної діагностики. Включають вміння використовувати сучасні методи неруйнівного контролю, оцінювати залишковий ресурс конструкцій, аналізувати параметри технологічного процесу та роботу обладнання.

- Аналітичні здібності. Необхідні для виявлення потенційних дефектів, прогнозування розвитку аварійних ситуацій і визначення першочергових заходів для запобігання інцидентам.

- Організаційні навички. Дозволяють ефективно планувати роботи, координувати дії персоналу, взаємодіяти з іншими службами та відділами підприємства.

- Знання нормативно-правової бази. Включають правила промислової безпеки, охорону праці, протипожежні вимоги, стандарти на резервуарні системи та технологічні процеси.

- Цифрова грамотність. Вміння працювати з програмним забезпеченням для моніторингу, контролю та аналізу технічного стану обладнання.

Рівень підготовки персоналу безпосередньо визначає якість і надійність експлуатації резервуарного парку. Добре підготовлені фахівці здатні оперативно виявляти відхилення у роботі систем, своєчасно реагувати на аварійні ситуації, прогнозувати потенційні ризики та приймати обґрунтовані рішення щодо підтримки безпечного режиму роботи. Підготовка включає не лише освоєння теоретичних знань, але й відпрацювання практичних навичок через симуляції, тренінги з аварійних сценаріїв, моделювання дефектів і роботу з реальними даними моніторингу. Такий підхід дозволяє забезпечити стабільність технологічних процесів, підвищити продуктивність і мінімізувати ризики пошкодження обладнання.

Високий рівень професійної компетентності персоналу сприяє оптимізації виробничих процесів, покращенню планування ремонтів та технічного обслуговування, а також підвищенню загальної культури безпеки на підприємстві. З іншого боку, недооцінка важливості підготовки фахівців може призводити до збільшення кількості аварійних ситуацій, скорочення строку служби резервуарів та супутніх систем, економічних збитків і підвищених ризиків для персоналу та навколишнього середовища.

Таким чином, роль персоналу резервуарного парку є стратегічно важливою для забезпечення надійності та безпеки виробничих процесів. Вона охоплює технічну, організаційну, аналітичну та нормативну складові, що безпосередньо впливають на стабільність функціонування обладнання і ефективність виробництва. Підготовка персоналу до виконання цих завдань повинна бути комплексною, системною та практикоорієнтованою, що забезпечує формування у фахівців високого рівня професійних компетентностей і готовності до роботи в умовах підвищених виробничих ризиків.

1.2. Проблеми сучасної підготовки персоналу

Сучасне виробництво нафтопереробної та нафтотранспортної галузі характеризується високою технологічною складністю та значними вимогами до безпеки експлуатації обладнання. Незважаючи на важливість ролі персоналу резервуарного парку, у багатьох підприємствах все ще спостерігаються значні проблеми у сфері професійної підготовки фахівців, які негативно впливають на ефективність і надійність технологічних процесів.

Однією з основних проблем є недостатній рівень технічної та аналітичної підготовки персоналу. Багато фахівців обмежуються базовими знаннями про конструкцію резервуарів та принципи роботи обладнання, але не мають достатніх навичок для оцінки залишкового ресурсу, прогнозування розвитку дефектів та аналізу потенційних аварійних ситуацій. Недосконале розуміння механізмів деградації конструкцій та слабе володіння методами діагностики призводить до помилкових оцінок стану обладнання, несвоєчасного виявлення дефектів та підвищеної аварійності. Відсутність аналітичних компетентностей також обмежує здатність фахівців до прийняття обґрунтованих рішень у складних або нестандартних ситуаціях.

Іншою важливою проблемою є недостатнє впровадження інтегрованих навчальних програм, які б поєднували технічну підготовку, знання з охорони праці, промислової безпеки та методики оцінки ризиків. У більшості випадків навчальні курси охоплюють лише окремі аспекти роботи персоналу: технічну експлуатацію, безпеку або документування, але не інтегрують їх у комплексну систему. В результаті фахівці отримують фрагментарні знання, що не дозволяє повноцінно управляти ризиками, передбачати аварійні ситуації та приймати своєчасні превентивні заходи. Впровадження ризик-орієнтованого підходу у навчальні програми є критично необхідним для формування системного мислення і здатності до комплексного оцінювання потенційних небезпек.

Сучасні технології неруйнівного контролю (ультразвукова, вібраційна, термографічна діагностика) і цифрові системи моніторингу дозволяють значно

підвищити точність оцінки технічного стану обладнання та своєчасно виявляти дефекти. Проте на багатьох підприємствах ці методи застосовуються обмежено або формально, що знижує ефективність контролю і підвищує ризики аварій. Недостатнє навчання персоналу роботі з цифровими платформами для моніторингу, аналізу даних і прогнозування залишкового ресурсу призводить до того, що потенціал сучасних технологій не використовується повною мірою. Це створює прогалини у професійній підготовці та зменшує здатність фахівців оперативно реагувати на нестандартні ситуації.

Недосконала підготовка фахівців резервуарного парку безпосередньо впливає на безпеку, надійність і ефективність виробничих процесів. Серед наслідків можна виділити: підвищену ймовірність аварійних ситуацій, скорочення терміну служби обладнання, збільшення витрат на ремонт та технічне обслуговування, зниження продуктивності та ризики для життя і здоров'я персоналу. Вирішення цих проблем потребує системного підходу до навчання, інтеграції сучасних методів діагностики, підвищення аналітичної та технічної компетентності фахівців, а також впровадження ризик-орієнтованого підходу у всі навчальні програми.

Таким чином, існуючі проблеми сучасної підготовки персоналу резервуарного парку обґрунтовують необхідність розробки комплексних, практикоорієнтованих і системних програм навчання, які поєднують технічні знання, аналітичні навички, цифрові технології та принципи управління ризиками. Це забезпечить підвищення професійної компетентності фахівців, знизить ймовірність аварій та підвищить ефективність і надійність експлуатації резервуарних систем.

1.3. Необхідність системного підходу до навчання

Ефективна підготовка персоналу резервуарного парку неможлива без застосування системного підходу, який передбачає інтеграцію теоретичних

знань, практичних навичок та сучасних методів навчання. Системний підхід забезпечує комплексне формування компетентностей фахівців і дозволяє підвищити рівень безпеки, надійності та ефективності експлуатації резервуарного обладнання.

Комплексні програми навчання повинні поєднувати теоретичну підготовку з практичними заняттями. Теоретичні блоки включають знання конструкційних особливостей резервуарів, принципів роботи обв'язувальних систем, технологічних режимів і стандартів безпеки. Практична частина охоплює відпрацювання процедур технічного обслуговування, діагностики та контролю параметрів обладнання, що дозволяє фахівцям закріплювати теоретичні знання та формувати практичні навички. Такий підхід забезпечує комплексну підготовку, яка сприяє здатності персоналу приймати оперативні та обґрунтовані рішення у реальних виробничих умовах.

Одним із ключових елементів системного навчання є застосування моделювання аварійних та нестандартних ситуацій. Використання тренажерів, цифрових симуляторів та кейсів з реальних виробничих аварій дозволяє фахівцям відпрацьовувати дії у безпечних умовах, розвивати аналітичні та оперативні здібності, а також удосконалювати навички прогнозування розвитку подій. Моделювання складних ситуацій сприяє формуванню стійкості до стресових умов роботи та підвищує впевненість персоналу у власних рішеннях при управлінні критичними процесами.

Системний підхід передбачає інтеграцію знань із різних сфер діяльності. Підготовка персоналу повинна охоплювати технічну експлуатацію резервуарів і допоміжного обладнання, правила охорони праці, норми промислової безпеки та принципи управління ризиками. Таке поєднання дозволяє фахівцям оцінювати наслідки своїх дій, передбачати потенційні небезпеки та оперативно приймати рішення щодо мінімізації ризиків. Інтегроване навчання сприяє формуванню у персоналу системного мислення, що є критично важливим для підтримки безпечного та надійного функціонування резервуарного парку.

Необхідність системного підходу до навчання персоналу резервуарного парку обумовлена складністю обладнання, високими вимогами до безпеки та значним впливом професійних компетентностей на ефективність виробничих процесів. Комплексні програми підвищення кваліфікації, моделювання аварійних ситуацій та інтеграція знань із різних сфер діяльності дозволяють сформувати висококваліфікований персонал, здатний забезпечити надійну та безпечну експлуатацію резервуарного обладнання. Системний підхід до навчання стає ключовим чинником підвищення якості професійної підготовки, зниження аварійності та оптимізації технологічних процесів на підприємстві.

Висновки до розділу 1

Персонал резервуарного парку є основним чинником забезпечення надійної та безпечної експлуатації технологічного обладнання. Від рівня його професійної підготовки залежить своєчасне виявлення дефектів, підтримка нормативних параметрів роботи резервуарів і допоміжних систем, а також ефективність реагування на аварійні та нестандартні ситуації. Компетентний персонал здатний не лише виконувати регламентні роботи, а й прогнозувати можливі ризики, що підвищує загальну стабільність виробничих процесів.

Сучасна підготовка фахівців резервуарного парку стикається з низкою проблем: недостатнім рівнем технічних та аналітичних компетентностей, відсутністю інтегрованих навчальних програм з урахуванням ризик-орієнтованого підходу, обмеженим використанням сучасних методів неруйнівного контролю та цифрових систем моніторингу. Ці недоліки негативно впливають на здатність персоналу приймати обґрунтовані рішення та забезпечувати безпечну експлуатацію резервуарного обладнання.

Ефективна підготовка персоналу можлива лише за умови системного підходу, що поєднує теоретичні знання, практичні навички та інтеграцію різних сфер компетентностей. Комплексні програми підвищення кваліфікації

повинні включати: теорію технічної експлуатації, практичні тренінги з обслуговування і діагностики обладнання, моделювання аварійних та нестандартних ситуацій, а також інтеграцію знань з охорони праці, промислової безпеки та управління ризиками. Такий підхід забезпечує формування у фахівців системного мислення, аналітичних навичок і готовності до прийняття оперативних рішень у складних умовах.

Високий рівень професійної підготовки персоналу безпосередньо впливає на надійність резервуарного парку, знижує ймовірність аварій, сприяє оптимізації режимів роботи обладнання та ефективному плануванню технічного обслуговування. Підготовлені фахівці можуть ефективно використовувати сучасні методи контролю, цифрові системи моніторингу та діагностичні інструменти, що підвищує точність оцінки технічного стану резервуарів і супутніх систем.

Розробка та впровадження системи професійної підготовки персоналу резервуарного парку дозволяє:

- підвищити компетентність фахівців у сфері експлуатації та діагностики обладнання;
- знизити ризики аварійних ситуацій і пошкодження обладнання;
- забезпечити ефективне управління виробничими процесами та ресурсами;
- сприяти формуванню культури безпеки та відповідальності на підприємстві.

Отже, професійна підготовка персоналу резервуарного парку є стратегічно важливим елементом для забезпечення надійності та безпеки виробничих процесів. Системний, інтегрований і практикоорієнтований підхід до навчання дозволяє формувати висококваліфікованих фахівців, здатних підтримувати стабільність роботи обладнання та оптимізувати експлуатаційні процеси на виробництві.

РОЗДІЛ 2

КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ РЕЗЕРВУАРНОГО ПАРКУ ТА РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНО-РОЗРАХУНКОВИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОЇ Й БЕЗПЕЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Вертикальні сталеві циліндричні резервуари є найпоширенішим видом ємностей для зберігання, прийому, відпустки та обліку нафтопродуктів. Точних публічних даних про загальний обсяг резервуарного парку ПЕК України (нафтогазового комплексу) знайти складно, оскільки це комплексна інфраструктура, але вона складається з великих сховищ газу (ПСГ), нафтосховищ та резервуарів на НПЗ, а їхні загальні обсяги є стратегічно важливою інформацією та можуть бути значними, з огляду на зберігання мільярдів кубометрів газу та мільйонів тон нафтопродуктів для забезпечення енергобезпеки.

Резервуари призначені для приймання, зберігання, відпустки, обліку нафти та нафтопродуктів та є відповідальними інженерними конструкціями.

Резервуарний парк, незважаючи на досягнутий прогрес у будові резервуарів, залишається одним із небезпечних об'єктів. Аварії резервуарів у більшості випадків супроводжуються значними втратами нафтопродуктів, отруєнням та загибеллю людей. Збитки від таких аварій може бути перевищено у 500 і більше разів, ніж первинні витрати на будову резервуара.

На сьогоднішній день питання забезпечення надійності та вдосконалення резервуарних конструкцій є вкрай актуальним.

2.1 Резервуарний парк

Резервуарний парк (РП) - група (групи) резервуарів, призначених для зберігання нафти та нафтопродуктів та розміщених на території, обмеженій по периметру обвалуванням або стіною, що обгороджує.

РП обладнується технологічними трубопроводами, запірною арматурою, насосними установками для внутрішньопаркових перекачування, системами скорочення втрат продуктів, системами безпеки, пожежогасіння та засобами автоматизації.

РП забезпечують рівномірне завантаження магістральних трубопроводів, компенсацію пікових та сезонних нерівномірностей споживання нафти та нафтопродуктів, накопичення запасів аварійного та стратегічного резерву, резерву для технологічних операцій зі змішування, підігріву та доведення якісних показників продуктів до необхідних та використовуються при товарнокомерційних операціях. РП можуть входити до складу нафтопромислів, НБ, головних і проміжних (з ємністю) станцій, що перекачують (ПС) магістральні нафтопроводи (МНП), МНП нафтопереробних підприємств (НПЗ), нафтохімічних комплексів, а також бути самостійним підприємством.

Для забезпечення сталої роботи транспортної системи, крім технологічного залишку, зберігають мобільний (мінімальноеобхідний) залишок нафти клієнтів, що включає:

- товарно-комерційний запас, що забезпечує: при здачі в пунктах призначення на НПЗ та на експорт - безперервне постачання споживачам протягом восьми годин; при відвантаженні нафти в морських портах - налив одного судна у повному обсязі з урахуванням вантажопідйомності наливних суден, ритмічності подачі суден та обсягів перевалки нафти; при відвантаженні нафти в залізничні цистерни - налив одного маршруту у повному обсязі та у встановлені строки;

- запас нафти на митних пунктах здачі (з розрахунку добової перекачування), призначений для виконання митних вимог щодо переміщення нафти;

- запас для поділу за сортністю нафти (в розрахунку враховують наявність у резервуарних парках товарної високосірчастої нафти, не призначеної для транзитного перекачування у зв'язку з обмеженням здачі в

систему, або малосірчастої нафти, призначеної для закачування в окремий нафтопровід для збереження якості нафти в пункті призначення).

На майданчиках резервуари розміщують групами. Мінімальна відстань між резервуарами, розташованими в одній групі, приймають рівним 30 м [1]. Резервуари в групі, мають у своєму розпорядженні не більше ніж у 4 ряди об'ємом менше 1000 м³, не більше ніж у 3 ряди об'ємом від 1000 до 10000 м³, не більше ніж у 2 ряди об'ємом 10000 м³ і більше. Відстань між стінами найближчих резервуарів, розташованих у сусідніх групах, до 40 м за обсягом резервуара до 20000 м³.

На рис.2.1 зображено технологічну схему резервуарного парку нафтобази.

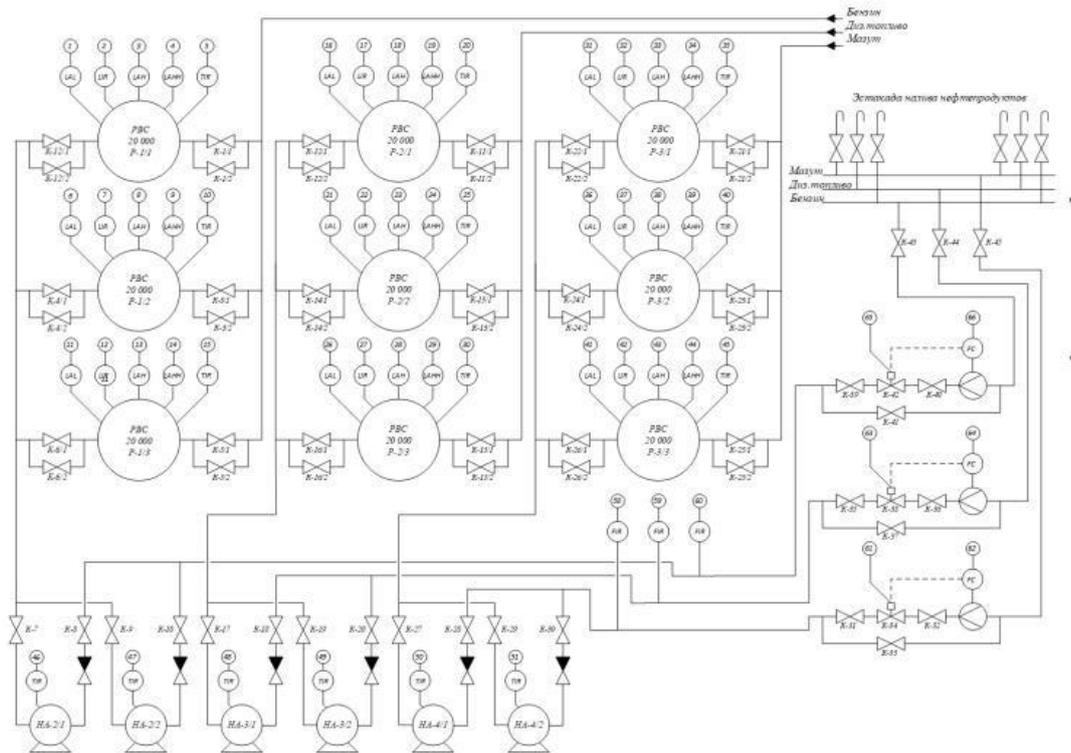


Рис.2.1-Технологічна схема резервуарного парку нафтобази

2.1.1 Класифікація резервуарів

Резервуарами називаються ємності, що використовуються для приймання, зберігання, технологічної обробки та відпуску різних рідин: нафти та нафтопродуктів.

Кожна з цих видів рідин має широкий діапазон фізико-хімічних властивостей, накопичення та зберігання їх здійснюється в різних цілях та обсягах, у районах з різними кліматичними, гідрогеологічними умовами. Все це, природно, диктує необхідність проектування та спорудження резервуарів із різних матеріалів, різних конструктивних та геометричних параметрів.

Найвніше широке розмаїття резервуарів можна поділяти в окремі групи, види, типи та категорії за такими параметрами, як призначення, основні матеріали для спорудження, розташування, технологічний режим експлуатації, генеральне конструктивне рішення, рівень виробничої відповідальності (небезпеки).

За призначенням виділяються такі групи резервуарів:

- Нафтові;
- Водяні.

Нафтові резервуари, у свою чергу, поділяються на такі підгрупи, як резервуари для зберігання нафти та світлих нафтопродуктів, резервуари для темних нафтопродуктів (мазути, олії), ємності для збирання та зберігання нафтовмісних рідин (підтоварна вода, нафтошлами, відходи переробки нафти).

Водяні резервуари поділяються на підгрупи для питної води, води технологічного призначення та протипожежних запасів. Насамперед, виходячи з оперативного призначення, вибирається матеріал для спорудження резервуара, його конструктивне рішення, комплект обладнання, пристроїв та приладів, вибираються об'єм та інші параметри.

При проектуванні резервуарів для води допускається проектувати їх за нормами нафтових резервуарів, крім устаткування, встановлюваного на резервуарах [2].

За основному використовуваному для споруди матеріалу виділяються резервуари:

- металеві;
- неметалеві (залізобетонні, гумотканинні, і синтетичних матеріалів).

За генеральним конструктивним рішенням можна виділити такі види резервуарів: циліндричні (вертикальні, горизонтальні).

За розташування резервуарів щодо планувальної висотної позначки території РП розрізняють резервуари наступних груп:

- надземні, коли днище ємності знаходиться вище за планувальну позначки $Z_{по}$ (рис. 2.2, а, б);
- наземні, коли позначка днища $Z_{д}$ дорівнює планувальній позначці $Z_{по}$ або позначки поверхні природної основи $Z_{о}$ (рис.2.2, в);
- підземні, якщо різниця між $Z_{по}$ та максимальним рівнем Z_{max} продукту у резервуарі дорівнює або більше 0,2 м (рис. 2.2, г).

Зазначимо, що резервуари, днище яких знаходиться нижче $Z_{по}$, але $Z_{по} - Z_{max} < 0,2$ м називаються напівзаглибленими (напівпідземними) або напівзаглибленими - у напівнасіпі. У такому варіанті споруджуються, в основному, сталеві циліндричні горизонтальні та залізобетонні резервуари.

За оперативним використанням виділяють групи резервуарів для зберігання, резервуари для змішування, резервуари-відстійники та ін.

За величині робітника надлишкового тиску p_s розрізняють резервуари:

- атмосферні, $p_s = 0$;
- низького тиску, коли $p_s \leq 2,0$ кПа;
- підвищеного надлишкового тиску, коли $2,0 < p_s \leq 7,0$ кПа;
- Високого надлишкового тиску, коли $p_s > 7,0$ кПа.

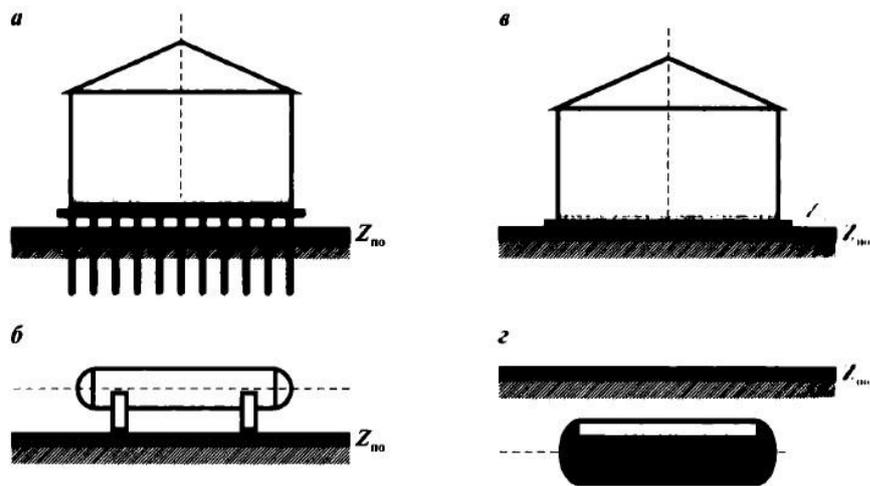


Рис. 2.2 – Варіанти розташування резервуарів щодо планувальної висотної позначки території резервуарного парку: а, б – надземний, у – наземний, г – підземний.

Технологічні операції зливу-наливу, зберігання здійснюється за одним із наступних температурних режимів:

- при температурі навколишнього повітря;
- з попереднім підігрівом продукту (високов'язкі нафтопродукти, зокрема за низької температури повітря).

По конструктивним особливостям вертикальні циліндричні [2] резервуари поділяються на такі типи:

- із стаціонарним дахом без понтону (РВС);
- зі стаціонарним дахом із понтону (РВСП);
- з плаваючим дахом (РВСПД).

Схеми резервуарів представлені рис. 2. 3.

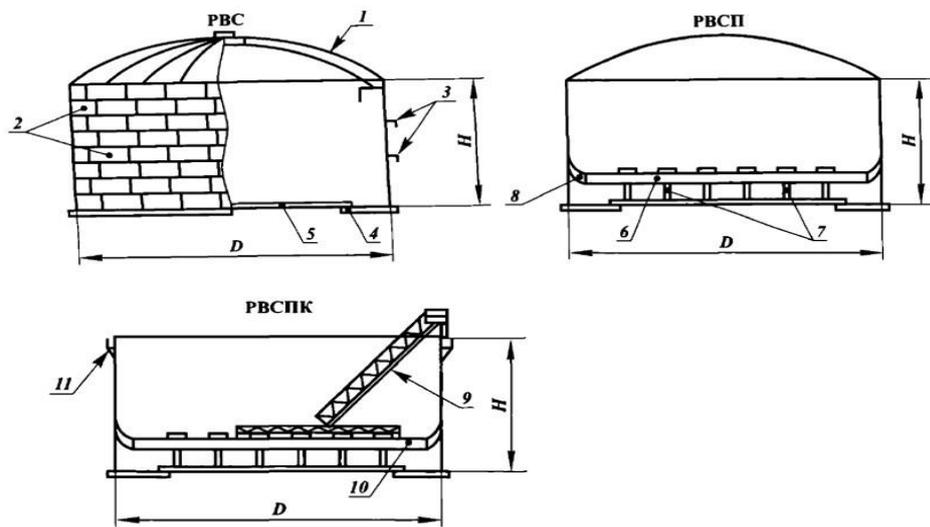


Рис 2.3 – Типи вертикальних циліндричних резервуарів: 1 – каркас даху; 2 – пояси стінки; 3 – проміжні кільця жорсткості; 4 – кільце крайок; 5 – центральна частина днища; 6 – понтон; 7 – опорні стійки; 8 – ущільнюючий затвор; 9 – котючі сходи; 10 - плаваючий дах; 11 – верхнє кільце жорсткості (кільце обслуговування)

2.1.2 Обладнання резервуарів та резервуарного парку

Вибір типу та марки обладнання залежить від виду збереженого продукту, швидкості наповнення та спорожнення резервуара, кліматичних умов та інших факторів.

Обладнання для резервуарів, що зберігають нафту і світлі нафтопродукти, і для резервуарів, що зберігають темні нафтопродукти переважно однакове, але є деякі відмінності в комплектації таких резервуарів [3].

Обладнання резервуарів для нафти та світлих нафтопродуктів:

1. Обладнання, що забезпечує надійну роботу резервуарів та зниження втрат нафти та нафтопродуктів: дихальні, запобіжні та аварійні клапани, диски-відбивачі.

2. Обладнання для обслуговування резервуарів: люк світловий, люки-лази, люк монтажний, сифонний кран, придонний очисний люк, зачисний патрубок.

3. Устаткування для зливу-наливних операцій: люк замірний, пробовідбірники, прийому-роздавальне пристрій, патрубки · прийомо-роздавальні (ПРП), хлопавки.

4. Протипожежне обладнання: системи підшарового пінного пожежогасіння піною низької кратності, системи пінного пожежогасіння піною середньої кратності.

5. Прилади контролю та сигналізації: вимірювачі рівня рідини в резервуарі, сигналізатори аварійного рівня рідини в резервуарі, датчики вимірювання температури рідини в резервуарі, пожежні сповіщувачі автоматичної дії та засоби включення системи пожежогасіння, датчик витоків.

У комплект обладнання резервуару для нафти входить система розмиву донних відкладень.

Устаткування резервуарів для темних нафтопродуктів має такі відмінності від обладнання резервуарів для світлих нафтопродуктів:

Приймальний пристрій, в деяких випадках забезпечується підйомною трубою для відбору нафтопродуктів з верхніх шарів (наприклад, для мазуту).

Встановлено підігрівальну систему, яка вибирається залежно від обсягу резервуара, температури, в'язкості нафтопродукту (нафти), часу розігріву. Резервуари для в'язких нафтопродуктів оснащуються теплоізоляційними покриттями.

Відсутні дихальні та запобіжні клапани, їх роль виконує вентиляційний патрубок.

Для продуктів з температурою спалаху понад 55 °С та тиском насиченої пари менше 26,6 кПа застосовують РВС, газорівнювальні системи та системи уловлювання та рекуперації парів [4].

Дихальна апаратура. Дихальна апаратура повинна встановлюватися на стаціонарному даху резервуарів та повинна забезпечувати проектні величини внутрішнього тиску та вакууму або їх відсутність (для атмосферних резервуарів та резервуарів із понтоном). У першому випадку дихальна

апаратура виконується у вигляді поєднаних дихальних клапанів (клапанів тиску та вакууму) та запобіжних клапанів, у другому випадку - у вигляді вентиляційних патрубків.

Дихальна арматура резервуарів для нафти та нафтопродуктів – обов'язковий елемент системи оснащення парків, єдиний ефективний спосіб запобігання аваріям внаслідок деформації ємності. Імовірність такої деформації підвищується на етапах приймання та роздачі речовини через надмірне навантаження або створення вакууму.

Дихальні і запобіжні клапани повинні встановлюватися спільно з вогневими запобіжниками, що забезпечують захист від проникнення полум'я до резервуару протягом заданого проміжку часу.[5]

Функції дихальної арматури резервуара:

1. Профілактика розгерметизації ємності при закачуванні матеріалу. На цьому етапі навантаження на стінки судин значно збільшується, перевищуючи показники атмосферного тиску. Оскільки цистерни на це не розраховані, вони можуть просто розійтися по зварних швах або вибухнути, коли сила навантаження зсередини досягне критичного значення. Зменшити навантаження дозволяє дихальна арматура резервуарів. Вона реалізована на двох рівнях:

- Дихальний клапан відкривається, щоб скинути частину газової суміші та знизити тиск. Зазвичай це відбувається на позначці 0,002 МПа.
- На випадок виходу з ладу дихального клапана або порушення технологічного режиму, щоб уникнути руйнування резервуара від підвищення тиску або вакууму на кожному резервуарі обов'язково встановлюють спеціальний запобіжний клапан, що дублює роботу дихального клапана при нагнітанні тиску до 0,002 МПа +5-10%.

2. Захист від деформацій ємності під час створення вакууму. Тут діє зворотна закономірність (потік йде не зсередини назовні, а навпаки, у простір судини надходить повітря ззовні, вирівнюючи тиск і попереджаючи зім'яття ємності всередину). Порядок спрацьовування дихальної арматури резервуарів

для нафти і нафтопродуктів той самий (першим відкривається дихальний клапан, якщо забезпечувана їм швидкість надходження повітря нижче, ніж потрібно, його підтримує запобіжний механізм).

Крім запобігання аваріям, розриву та змінання конструкцій при використанні арматури йде скорочення втрат нафтопродуктів, пов'язаних із випаровуванням. За рахунок перекриття каналів руху газів в закритому стані вона виключає ефект вентиляції резервуарів (вивітрювання).

Так само відкриття дихальних клапанів відбувається не рівно в момент критичного навантаження, а трохи пізніше. Це запізнення (його тривалість залежить від типу пристроїв) і забезпечує зниження обсягу «вдиху-видиху» (надходження повітря та відведення газової суспензії), у свою чергу, скорочує втрати від випаровування.

Принцип роботи дихальної арматури резервуарів:

- На етапі накачування (підвищення навантаження) затвор дихального клапана резервуара відкривається автоматично (він фіксує перевищення нормального тиску). Як тільки показники вирівнюються (приходять до нормативних), затвор автоматично повертається у вихідне положення (відтік газової суспензії припиняється)

- Під час зливу утворюється вакуум. Коли він досягає максимально встановленого значення, система починає діяти, відкриваючи канал для припливу повітря. При встановленні допустимих показників він повертається у положення "закрито".

У кожному із двох випадків спрацьовування пристрою відбувається з короткою затримкою. За рахунок цього обсяг відведеної або газової та повітряної суспензії, що надійшла, мінімальний. Простий прийом дозволяє знизити втрати нафтопродукту в результаті випаровування, одночасно ефективно регулюючи тиск у ємності.

Типи дихальних клапанів:

- КДС - суміщений механізм (можливе підстроювання під режим роботи запобіжних пристроїв). Дихальний клапан для обладнання резервуарів

вертикального розміщення із світлими продуктами нафти. Встановлюється в парі з диском-відбивачем та вогнезапобіжником.

- СМДК - суміщений механічний. Поставляється в комплекті з вогневим запобіжником і фільтром. Може встановлюватися на вертикальні та горизонтальні конструкції.

- КДЗТ (закритого типу) – дихальний клапан для ємності, який може виконуватися як зі вбудованою вогнезахистом (перегородником), і без неї.

- КДМ – механічний, має вогнезахист, використовується у парках із світлими нафтопродуктами.

- НДКМ - не примерзаючий механічний. Ефективне обладнання резервуарів для нафти та нафтопродуктів, що експлуатуються цілий рік. Комплектується вогнезапобіжником, забезпечує нормальну роботу арматури за низької температури оточення.

- АК/АКС – аварійні дихальні клапани, що забезпечують інтенсивне скидання газової суспензії при швидкому нагнітанні тиску (збільшенні температури нафтопродукту).

- КПП – гідравлічний.

Гідравлічні запобіжні пристрої – другий рівень дихальної арматури резервуару. Вони використовуються з механічними СМДК або КДМ, встановлюються строго горизонтально.

Принцип роботи КПП: у пристрої є рідина з низькою температурою замерзання і мінімальною здатністю до випаровування, при нагнітанні тиску всередині ємності рідина КПП витісняється, підштовхуючи гідрозатвор, відкривається затвор, забезпечуючи відтік газової суспензії. Як робоча рідина використовується гліцериновий розчин на воді або солярове масло. У деяких випадках КПП дозволяє уникнути аварійної ситуації навіть при виході з ладу дихального клапана. Ставиться лише на вертикальних конструкціях. Обов'язково комплектується вогнезахистом (запобіжником).

Альтернативою дихальної арматури може стати вентиляційний патрубок.

Пристрій має вигляд короткої труби, оснащеної конічним ковпаком, який виконує роботу козирка.

Функції вентиляційного патрубка:

- газово-повітряне сполучення (вентиляція ємності);
- захист вмісту цистерни від попадання опадів (козирок);
- вогнезахист (якщо комплектується вогневим запобіжником).

Вентиляційний патрубок є популярним рішенням під час експлуатації:

- судин з понтонами (ставиться на дах для видування газової суспензії з простору над понтоном і зниження концентрації вуглеводнів у парах випарів для запобігання вибуху);
- резервуарів з плаваючим дахом.

В інших випадках вентиляційний патрубок використовується тільки на резервуарах вертикального розміщення, яке монтаж доцільний при виконанні двох умов. Перше: ємність використовується для зберігання нафтопродуктів високої в'язкості. Друге: речовина повинна мати вкрай низький відсоток випаровування. Якщо вміст цистерни має температуру спалаху менше 120 градусів, патрубок оснащується вогневим запобіжником [6].

Устаткування для скорочення втрат продукту. Випаровування легких фракцій вуглеводнів під час їх зберігання є однією з важливих характеристик, що задають умови перекачування, затоки, зливу, зберігання та транспортування. ЛФВ є головною причиною забруднення оточення внаслідок втрат нафтопродуктів від випаровування. За даними статистів, на рік на одних лише АЗС через високу випаровуваність ЛФВ втрачається понад 100 000 тон бензину. Власне, випаровування обумовлене. Специфічними процесами - так званими диханнями резервуара, які поділяються на 2 види (велике та мале).

«Малий подих» резервуара - процес, що викликається перепадами температури корпусу - зовнішньої та внутрішньої. Найбільше йому схильні до наземних резервуарів. При підвищенні температури оточення нагріваються стінки судини - тепло передається всередину і відбувається активне

випаровування летких складів. Чим вища летючість, то швидше випаровується середовище. При цьому тиск суміші всередині ємності підвищується, що запускає регулюючий (дихальний) клапан. Той стравлює надлишковий тиск назовні. Зі зниження температури в темний час доби починається зворотний процес температура нафтобази зовні падає, всередині ємності формується нестача тиску (утворюється вакуум) і відкривається впускний клапан (вже для нагнітання тиску).

"Велике дихання" - процес витіснення повітря з резервуара та його попадання в ємність. На «вдиху» простір резервуара заповнюється повітрям з оточення в міру відкачування нафтопродукту на АЗС чи нафтобазі. На «видиху» відбувається зворотна реакція – ресурс заливається в посудину, поступово витісняючи пароповітряну суміш у довкілля. Обсяг витісненого газу при цьому приблизно дорівнює обсягу субстанції, що надходить. Якісні та кількісні втрати нафти і нафтопродуктів, що формуються цим процесом, залежать від кліматичних умов експлуатації резервуара та частоти циклів затоки-відкачування, що проводяться [7].

В даний час як засоби, що зменшують втрати нафтопродуктів від випаровування та відповідне забруднення навколишнього середовища, застосовуються:

- диски-відбивачі;
- газорівнювальні системи;
- тепловий захист резервуарів;
- покриття, що плавають на поверхні нафтопродукту;
- понтони, плаваючі дахи.

Диск-відбивач - це перешкода у формі диска (рис. 2.4), що встановлюється на деякій відстані під монтажними патрубками дихальної арматури. Призначенням диска - відбивача є запобігання перемішування вмісту газового простору резервуарів при їхньому випорожненні.

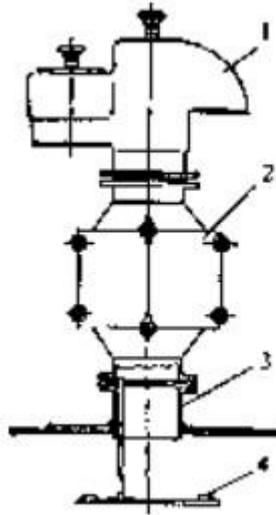


Рис. 2.4 – Дихальний клапан із диском - відбивачем. 1 – дихальний клапан; 2 - вогневий запобіжник; 3 – монтажний патрубок; 4 - диск - відбивач.

Як правило, розподіл концентрації вуглеводнів по висоті газового простору (ГП) резервуарів є нерівномірним: поблизу поверхні нафтопродукту вона дорівнює концентрації насичених пар C_s , а з видаленням до покрівлі - постійно зменшується (крива 1 на рис. 2.5).

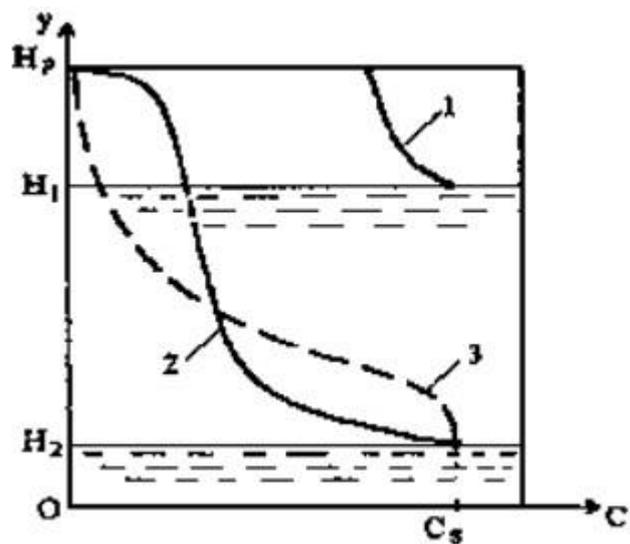


Рис. 2.5 – Розподіл концентрації за висотою ДП резервуару. 1 – до викачування; 2 – після викачування за відсутності диска; 3 – після викачування за наявності диска.

Нехай у резервуарі заввишки H_p в результаті викачування злив нафтопродукту змінюється з H_1 до H_2 . При цьому через дихальну арматуру в резервуар підсмоктується повітря зі швидкістю до кількох метрів за секунду. За відсутності по дорозі струменя повітря будь-яких перешкод вона пронизує газовий простір резервуарів, інтенсивно перемішуючи його. В результаті розподіл концентрації вуглеводнів по висоті ГП, крім поверхневих шарів, стає приблизно однаковим (крива 2).

Якщо ж на шляху повітря, що підсмоктується, встановити перешкоду (нею і є диск), то при ударі об неї енергія струменя гаситься майже наполовину, а напрямок руху струменя змінюється на горизонтальне. Надалі відбувається поступове заміщення ППС повітрям, що увійшло, що супроводжується їх змішуванням. При цьому у верхній частині ДП переважає повітря, а в нижній – пари нафтопродукту (крива 3).

Неважко бачити, що при наступному заповненні резервуара з диском - відбивачем в атмосферу завдяки штучно створеному нерівномірному розподілу концентрації по висоті ГП буде витіснено меншу кількість вуглеводнів, ніж з резервуара без диска - відбивача. Позитивного ефекту буде досягнуто навіть якщо злив зміниться від H_2 до H_1 оскільки на момент закінчення викачування в резервуарі з диском - відбивачем середня концентрація вуглеводнів у ДП нижче. Це з тим, що після зміни напрямів струменів повітря зменшується інтенсивність омивання ними поверхні нафтопродукту, отже, знижується швидкість випаровування [8].

Ефективність дисків-відбивачів для скорочення втрат становить до 25% втрат при «великих диханнях» резервуарів.

Дахи, що плавають, застосовуються в резервуарах без стаціонарного даху в районах з нормативною вагою снігового покриву на 1 м^2 горизонтальної поверхні землі до 1,5 кПа включно. Плаваючі дахи (рис.3.) застосовують для зберігання бензинів і нафти з метою скорочення втрат від випаровування незалежно від категорії та групи резервуарних парків.

РВСЦД відрізняються від РВС тим, що вони не мають стаціонарної покрівлі. Роль даху в них виконує диск, виготовлений із сталевих листів, що плаває на поверхні рідини. Для збирання зливових вод плаваючі дахи мають ухил до центру. Щоб уникнути розрядів статичної електрики, їх заземлюють. З метою запобігання заклинювання плаваючих дахів діаметр їхнього металевого диска на 100...400мм менше діаметра резервуара. Кільцевий простір, що залишився, герметизується за допомогою ущільнюючих затворів різних конструкцій.

У крайньому нижньому положенні плаваючий дах спирається на стійки, розташовані рівномірно по колу даху.

Недоліком резервуарів з плаваючим дахом є можливість її заклинювання внаслідок нерівномірності снігового покриву. Головною перевагою плаваючого даху в порівнянні зі стаціонарним дахом є скорочення не менш ніж на 90% втрат продукту, що зберігається при випаровуваннях. Крім того, в резервуарі з плаваючим дахом значно менше корозують верхні пояси стінки і дах, що сам плаває.

Плаваючий дах безпечніший щодо вибухопожежобезпеки, за рахунок відсутності газового простору.

Устаткування обслуговування резервуарів. Для обслуговування резервуарів використовують таке обладнання:

- люк-лаз;
- люк вимірний;
- люк світловий;
- кран сифонний;
- люк монтажний;
- патрубок зачистний;
- зумпф;
- клапан донний з механізмом керування;
- система каналізації;

- пробовідбірник.

Люки-лази на резервуарах типів РВС, РВСП і РВСПД розміщуються у першому поясі і служать для проникнення робітників усередину резервуара. Крім того, через них до резервуару доставляється обладнання, що потребує монтажу (протектори, деталі понтонів тощо) або використовується при внутрішніх роботах (зачисне, діагностичне, використовуване при ремонті), та виймаються донні відкладення при ручному зачищенні.

Люк-лаз в резервуарах типу РВСП врізаний в 3-й пояс і служить для проникнення робочих поверхню понтона.

У резервуарах типу РТС люк-лаз знаходиться зверху.

Люк вимірний служить для ручного виміру рівнів нафтопродукту та підтоварної води, а також для ручного відбору проб пробовідбірником. Отвори люків повинні мати внутрішнє кільце або спеціальну колодку з металу, що не дає іскор під час руху мірної стрічки.

Люки світлові призначені для забезпечення сонячного доступу світла всередину резервуара та його провітрювання при дефектоскопії, зачистці та ремонті.

Замірні та світлові люки монтуються на даху резервуара.

Кран сифонний (КС) входить до складу обладнання вертикальних циліндричних резервуарів для зберігання нафтопродуктів і призначений для забору і спуску підтоварної води.

Зачисні патрубки монтуються у першому поясі вертикальних резервуарів для очищення днищ від донного осаду та відкладень.

Зумпф очищення, що встановлюється на днищі резервуара, призначений для видалення підтоварної води.

Донний клапан є запірною арматурою, що встановлюється на дні цистерни. Працює донний клапан за допомогою дистанційного керування. Захисна сітка перешкоджає проникненню бруду та сторонніх предметів як при зливі, так і при наливі нафтопродукту.

Донний клапан з ручним або пневматичним Приводом призначений для нижнього зливу (наливу) нафтопродукту з автоцистерни.

Пробовідбірники є цілим рядом пристроїв для відбору проб, які використовуються для взяття зразків нафтопродуктів і зріджених вуглеводневих газів з наземних і підземних резервуарів, ємностей, судин, цистерн з метою визначення їх якості.

Устаткування контролю та сигналізації. Для сигналізації та контролю за роботою резервуарів застосовуються:

- сигналізатори максимального оперативного і аварійних рівнів нафтопродукту;
- місцеві та дистанційні вимірювачі рівня нафтопродукту;
- дистанційні вимірювачі середньої температури нафтопродукту у резервуарі;
- місцеві та дистанційні вимірювачі температури рідини в районі приймально-роздавальних патрубків (при оснащення резервуарів засобами підігріву);
- знижений пробовідбірник та ін.

У типових проектах вертикальних резервуарів передбачено встановлення сигналізаторів рівня ультразвукового типу (СРУЗ), призначених для контролю за верхнім аварійним та нижнім рівнями в резервуарах. Сигналізатор верхнього аварійного рівня передає сигнал на припинення закачування (відключення насосного обладнання) при досягненні граничного рівня зливу, а сигналізатор нижнього аварійного рівня сигнал на припинення відкачування.

Вимірники рівня та температури вуглеводневої рідини, а також знижені пробовідбірники застосовуються для цілей обліку та контролю її якості. Знаючи рівень зливу рідини в резервуарі, за калібрувальними таблицями знаходять її обсяг. Помножуючи обсяг на середню густину нафтопродукту,

знаходять масу продукту резервуарі. Середня щільність знаходиться на основі відбору середніх проб та з урахуванням середньої температури рідини за висотою резервуара [9].

Устаткування для безпечного використання резервуарів. Пристрої блискавкозахисту резервуарів проектується відповідно до нормативно-технічної документації.

За влаштування блискавкозахисту резервуари відносяться до II категорії і повинні бути захищені від прямих ударів блискавки, електростатичної та електромагнітної індукції, занесення високих потенціалів трубопроводами.

Нижній пояс стінки резервуарів повинен бути приєднаний через струмовідведення до заземлювачів, встановлених на відстані не більше ніж 50 м по периметру стінки, але не менше ніж у двох діаметрально протилежних точках. З'єднання струмовідводів та заземлювачів повинні виконуватися на зварюванні. Допускається приєднання резервуара до заземлювачів проводити на латунних болтах і шайбах через мідні або оцинковані струмовідводи та приварені до стінки резервуара заземлення бобишки діаметром 45 мм. Кожне з'єднання (стінка -токовідвід-заземлювач) повинен мати імпульсний опір не більше 50 Ом.

Блискавки, що встановлюються на резервуарі, виготовляють з круглих стрижнів або труб з площею поперечного перерізу не менше 100 мм². Кріплення блискавки до резервуару (до верхнього пояса стінки або до стаціонарного даху) повинно здійснюватися на зварюванні. Для захисту від корозії блискавки оцинковують або фарбують.

Для попередження виникнення іскрових розрядів з поверхні обладнання, нафти і нафтопродуктів, а також з тіла людини необхідно передбачати, з урахуванням особливостей виробництва, такі заходи, що забезпечують стікання заряду статичної електрики, що виникає:

- зниження інтенсивності генерації заряду статичного електрики;

- пристрій заземлення обладнання резервуарів і
- комунікацій, а також забезпечення постійного контакту тіла людини із заземленням;
- зменшення питомої об'ємної і поверхневої електричної опору;
- використання радіоізотопних, індукційних і інших нейтралізаторів [10].

СКНР забезпечує зниження навантажень на приймально-роздавальні патрубки резервуарів, що виникають при:

- осаді основи резервуара та опор ПТ;
- деформаціях стінки резервуару і трубопроводів СКНР, ПРП і ПТ при змінах гідравлічного тиску, температури навколишнього повітря і продукту, що перекачується (зберігається);
- зміні ваги трубопроводу СКНР при його заповненні та випорожненні [11].

Методи захисту резервуарів від корозії визначаються проектом антикорозійний захист.

Антикорозійний захист здійснюється таким чином:

- зовнішня поверхня корпусу, дахів сталевих резервуарів та обладнання, встановлене на них, а також наземні ділянки трубопроводів усіх призначень – захисними антикорозійними лакофарбовими покриттями;
- зовнішня поверхня днища сталевих резервуарів, підземні ділянки трубопроводів різного призначення – захисними покриттями та засобами електрохімічного захисту (станціями катодного захисту – СКЗ та протекторами);
- внутрішня поверхня днища, поверхня першого поясу
- корпуси сталевих резервуарів, внутрішньорезервуарна обв'язка системи розмиву донних опадів - лакофарбовими та комбінованими покриттями, встановленням протекторів;
- внутрішня поверхня сталевих резервуарів (дах, верхні пояси корпусу) - лакофарбовими та комбінованими захисними покриттями;

- поверхня залізобетонних резервуарів - застосуванням обклеювальних матеріалів, просоченням або фарбуванням конструкції,
- використанням герметиків;
- арматура, прийомо-роздаткові патрубкі, донні
- клапани, світлові та лазерні люки та інше металеве обладнання

залізобетонних резервуарів - застосуванням лакофарбових, металевих (цинкових та алюмінієвих), комбінованих (лакофарбових за металізаційним шаром) покриттів, засобів електрохімічного захисту.

Основними контрольованими параметрами системи попереджень аварій та пошкоджень є:

- граничні рівні нафти в резервуарі (нижній та верхній граничні рівні вказуються в технологічній карті резервуару);
- тиск парогазової суміші в резервуарі (робочий тиск надлишковий - не більше 2 кПа, вакуум - не більше 0,25 кПа;
- рівень загазованості території резервуарного парку за рахунок викидів вуглеводнів із резервуарів, фланцевих сполук тощо.

Для автоматичного контролю, попередньо встановлюваного верхнього та нижнього граничних рівнів нафти, в резервуарі використовують сигналізатори рівня різних модифікацій, заснованих на поплавковому, ультразвуковому, радіоізотопному та інших методах контролю.

АСУ ТП РП призначена для забезпечення централізованого контролю та керування резервуарним парком з місцевого диспетчерського пункту (МДП) без постійної присутності експлуатаційного персоналу безпосередньо біля технологічних об'єктів.

Дистанційно вимірюються та передаються до МДП такі основні параметри:

- рівень нафти у резервуарах;
- температура нафти у резервуарах (за потреби).

У МДП передбачається сигналізація про:

- пожежі;

- максимально допустимий рівень нафти в резервуарах;
- підвищенні тиску в трубопроводах, що підводять; граничних рівнях у резервуарах;
- становище засувки резервуарного парку;
- несправності вимірювальних систем.

Повинна бути забезпечена автоматична світлова та звукова сигналізація аварійних ситуацій.

Противопожежне обладнання. Резервуари є об'єктом підвищеної пожежної небезпеки, тому вони обов'язково оснащуються протипожежним обладнанням: вогнеперешкодниками, засобами пожежогасіння та охолодження (пінозливні камери, генератори піни високої, середньої та низької кратності, система підшарового пожежогасіння).

Вогнеперешкодники. У тих випадках, коли вони не вбудовані в корпус клапанів, вогнеперешкодники встановлюються між клапаном (вентиляційним патрубком) та монтажним патрубком резервуара. Принцип дії вогнеперешкодників заснований на тому, що полум'я або іскра не здатні проникнути всередину резервуара через отвори малого перерізу в умовах інтенсивного тепловідведення.

У разі виникнення пожежі гасіння нафтопродукту, що горить в резервуарах, виробляють піною, що ізолює поверхню горючої рідини від кисню повітря. До недавніх пір для подачі піни в резервуари використовувалися пінозливні камери (хімічна піна) або піногенератори типу ГППС (повітряно-механічна піна), що монтувалися у верхньому поясі резервуарів.

Генератори високократної піни типу ГВПС-600 та ГВПС-2000. Застосовувалися на резервуарах великої місткості. Герметизуюча кришка запобігає втратам нафтопродукту від випаровування в навколишнє середовище. Кріплення кришки до корпусу камери здійснюється стяжками із замками, що складаються з двох частин, спаяних сплавом із температурою

плавлення близько 120 °С. При виникненні пожежі замки стяжок розплавляються, і кришка, що герметизує, під дією власної ваги падає, звільняючи прохід піни до вуглеводневої рідини, що горить.

Генератор піни середньої кратності ДПСС-2000. Розроблений для резервуарів із сферичним покриттям. Забезпечує отримання піни кратністю щонайменше 70.

Генератори піни низької кратності з піносливом (ГПНПС). Застосовуються на резервуарах із плаваючим дахом. Є автономним пристроєм, що виробляє піну шляхом змішування водного розчину піноутворювача з атмосферним повітрям. Відсутність рухомих частин забезпечує високу надійність роботи піногенераторів.

Їх монтують на полиці верхнього пояса резервуара, завдяки чому вони не обмежують рух плаваючого даху.

Система підшарового гасіння пожеж (рис. 2.6). Досвід експлуатації пінозливних камер, а також генераторів ГППС, ГПСС і ГПНПС показав, що вони недостатньо ефективні, оскільки, будучи розташовані у верхньому поясі резервуарів, вони або пошкоджуються при вибухах і пожарах, або ефективність їх роботи знижується через утворення закритих порожнин при обваленні даху, затоплення. Тому в даний час все ширше застосовується система підшарового гасіння пожеж (СПГ), що передбачає подачу низької піни під рівень горючої рідини.

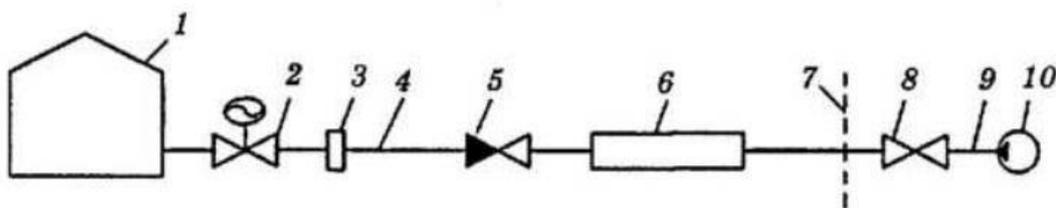


Рис. 2.6 – Схема підшарового гасіння пожежі: 1 – резервуар; 2 - засувка електроприводом; 3 - розривна мембрана; 4 - пінопровід; 5 - зворотний клапан; 6 - високонапірний піногенератор; 7 -

обвалування; 8 - засувка з ручним приводом; 9- підвідний трубопровід; 10 - насос пожежної машини

Подача розчину піноутворювача в резервуар здійснюється насосом пожежної 10 машини, що входить до складу або нафтобази, або штатної пожежної частини. Процес утворення піни низької кратності відбувається у високонапірному піногенераторі 6, що має конструкцію ежекторного типу. Для зменшення перемішування піни з нафтопродуктом при її витіканні з пінопроводу використовуються спеціальні насадки або дифузори, що зменшують швидкість пінного потоку до 1 м/с [12].

Устаткування для зливу-наливних операцій. Однією з основних операцій при обігу нафтопродуктів є їх прийом у резервуари та роздача у технологічні трубопроводи. До обладнання для цих операцій відносять пристрої, через які ведеться прийом та роздача нафтопродукту, пристрої керування ними, а також засоби підігріву та допоміжні пристрої.

Прийомо-роздавальний пристрій – це пристрій, призначений для формування або регулювання потоку продукту при відкачуванні (закачуванні), що приєднується до приймально-роздавального патрубку резервуара [13].

Хлопушка встановлюється всередині резервуару на приймально-роздавальному патрубку та служить для наливу та зливу нафтопродукту та для додаткового захисту від можливого витіку нафтопродукту з резервуара при несправному трубопроводі. Хлопавка складається з корпусу з похилим зрізом і кришкою, що щільно прилягає до нього, з'єднаної з корпусом важільним механізмом. При заповненні резервуару струмінь нафтопродукту силою тиску піднімає кришку хлопавки. При зупинці перекачування кришка хлопавки під впливом своєї ваги опускається на місце, закриваючи трубу. При видачі нафтопродукту з резервуара кришка хлопавки відкривається примусово за допомогою барабана, що обертається, з тросом, що намотується на нього. При

дистанційному управлінні перекачуванням на резервуарах встановлюють електроприводні механізми для відкривання хлопавки.

У резервуарах у вузлі приймально-відпускних пристроїв немає хлопавки та механізму підйому її кришки. Замість хлопавки встановлюється підйомна труба ТП, яка є продовженням приймально-роздавального патрубку. Труба з'єднана з патрубком за допомогою шарніра, що дозволяє їй перебувати на будь-якому рівні залитих темних нафтопродуктів (масел, мазутів). Підйомна труба ТП дозволяє забирати нафтопродукти з верхніх шарів резервуара. На верхніх шарах вони мають найбільшу температуру і найбільш чисті, оскільки бруд і вода, що осідає під впливом сили тяжіння, знаходяться в нижніх шарах.

Обмежувач наливу і відсічний клапан служать для перекриття основного потоку палива під час здійснення операції зливу з автоцистерни в резервуар АЗС при досягненні рівня палива в резервуарі певної величини. Встановлюються на вертикальній ділянці трубопроводу лінії наповнення безпосередньо у резервуарі на заданій висоті.

Устаткування для розмивання донних відкладень. Для запобігання випаданню опадів у резервуарах встановлюють спеціальні пристрої – розмивні головки. Нафта і нафтопродукти, виходячи з голівки у вигляді віялового струменя радіусом 10-11м, змивають з днища резервуару осад, що містить парафін, мінеральні солі, механічні домішки та інші відкладення. Продукт можна подавати до розмивних голівок за спеціально замкнутим циклом. Тиск продукту для розмиву осаду має бути не менше ніж 0,2 МПа. Величина щілини віялового сопла визначається розрахунком залежно кількості нафти, що подається в резервуар.

Для перемішування нафти в резервуарі можна застосовувати різні пристрої, що перемішують (наприклад, мішалки, грибні гвинти), які

2.2 Технологічні рішення, спрямовані на підвищення надійності та безпеки резервуарного парку

Як додаткова можливість підвищення ефективності експлуатації резервуарів проведено патентний аналіз пристроїв та обладнання системи пожежної безпеки та зниження втрат нафти.

Резервуари для нафти та нафтопродуктів відносяться до промислових споруд підвищеної пожежної небезпеки. Пожежі в резервуарах та резервуарних парках є складними, тому гасіння їх трудомістке і потребує великих витрат сил і коштів. У зв'язку із цим необхідно підвищувати ефективність обладнання систем пожежогасіння резервуарів.

Також головним завданням при експлуатації резервуарних парків є збереження кількості та якості нафти та нафтопродукту. Для цього необхідно забезпечити герметизацію процесів зливу, наливу та зберігання. Важливо підібрати максимально продуктивний спосіб зниження втрат нафти і нафтопродуктів.

У ході аналізу було розглянуто п'ять патентів.

Резервуар для технологічних операцій з нафтою або нафтопродуктами із самогасінням загорянь у резервуарі. Винахід відноситься до резервуарів для технологічних операцій з нафтою та нафтопродуктами. У верхній частині стінки резервуара по периметру закріплені ґратчасті касети з пакетованим гранульованим гасінням, наприклад, піносклом, а пакети виконані з легкоплавкого маслобензостійкого матеріалу, наприклад, поліетилену, з температурою плавлення менше 200°C. З виникненням полум'я всередині резервуару і досягненням температури плавлення пакетів, гранульований матеріал, що гасить, прокидається на поверхню нафтопродукту і, розпливаючись, гасить вогнище займання. Технічним результатом винаходу є забезпечення самогасіння резервуаром загорянь, недопущення розвитку потужності горіння нафтопродукту та підвищення ефективності

пожежогасіння, внаслідок чого знижується температурна радіація на навколишнє середовище [15].

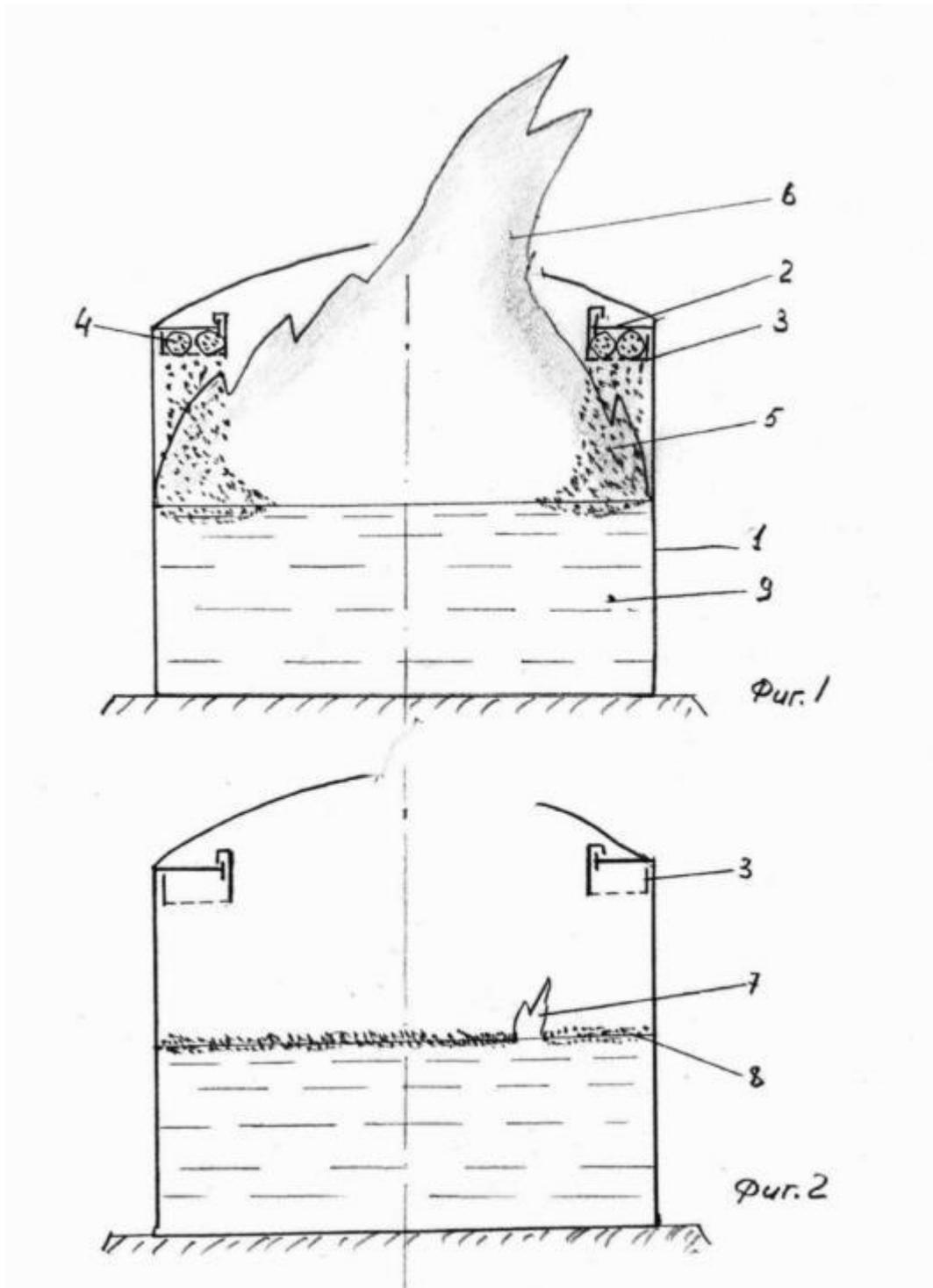


Рис. 2.7 – Резервуар для технологічних операцій із нафтою чи нафтопродуктами із самогасінням загорянь у резервуарі

На фігурі 1 (рис. 2.7) схематично показані розташовані по периметру і закріплені на кільці жорсткості 2 ґратчасті касети 4 з пакетованим гасінням

матеріалом 3 і гасить, що прокидався матеріал 5 після плавлення та розгерметизації пакетів, обрис полум'я 6 всередині стінок 1 в резервуарі.

На фігурі 2 (рис. 2.7) зображені касети 3 після розплавлення пакетів і прокидання на поверхню нафтопродукту гасіння матеріалу, що розплився на поверхні нафтопродукту 9 гасіння матеріал 8 і можливі дрібні незакриті гасять матеріалом вікна на поверхні нафтопродукту з дрібними мовами полум'я.

Спосіб протипожежного захисту резервуарів для зберігання рідких горючих речовин та вогнестійке теплоізолююче покриття. На малюнку 1 (рис. 2.8) представлена схема реалізації способу протипожежного захисту резервуарів для зберігання рідких горючих речовин після утворення теплоізолюючого шару, виконаного у вигляді додаткового вогнестійкого покриття, нанесеного на всій площі зовнішньої поверхні пористих сферичних гранул; на малюнку 2 представлений збільшений вид заявляється вогнестійкого теплоізолюючого покриття (в розрізі).

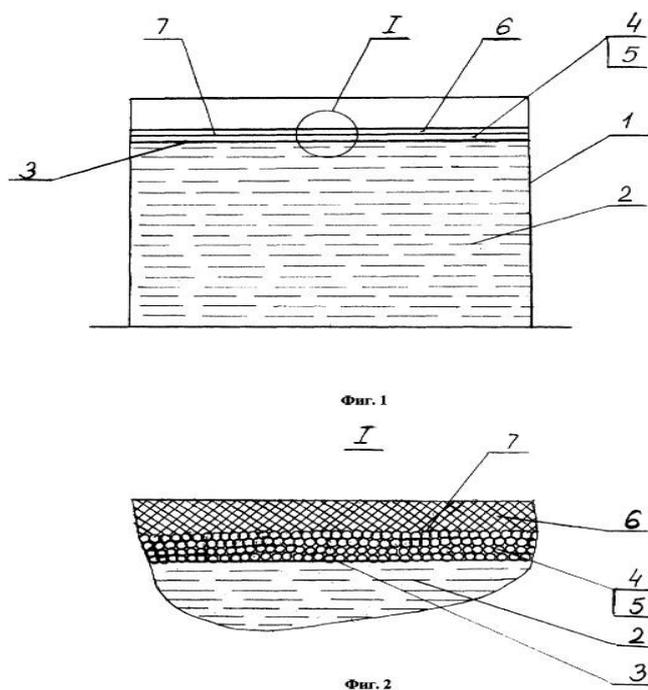


Рис. 2.8 – Спосіб протипожежного захисту резервуарів для зберігання гідких горючих речовин та вогнестійке теплоізолююче покриття

При створенні рівномірного шару додаткового вогнестійкого теплоізолюючого покриття б піна швидкотвердіюча розтікається в рідкій фазі по зовнішній поверхні пористих сферичних гранул 5. При цьому піна затікає у всі утворені названими гранулами порожнечі, де вона у зв'язку з великою швидкістю полімеризації швидко твердне.

Заявляється вогнестійке теплоізолююче покриття має підвищену термостійкість і газонепроникність. Використання для формування цього покриття швидкотвердіючою піни дозволяє практично виключити надходження парів, газів та теплових потоків у зону горіння. Після полімеризації швидкотвердіючої піни вона утворює жорсткий каркас [16].

Спосіб зниження втрат нафтопродуктів, що зберігаються в резервуарах вертикальних сталевих. Спосіб зниження втрат нафтопродуктів, що зберігаються в резервуарах вертикальних сталевих, полягає в тому, що зовнішню поверхню резервуарів вертикальних сталевих забарвлюють в білий колір, який відрізняється тим, що додатково встановлюють електричну, автоматичну систему управління, що знижує до рівня середньої нічної і регулюючу температуру холодоагенту. Вертикальних сталевих, де вона знижує та стабілізує температуру нафтопродукту в заданих межах, наприклад $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

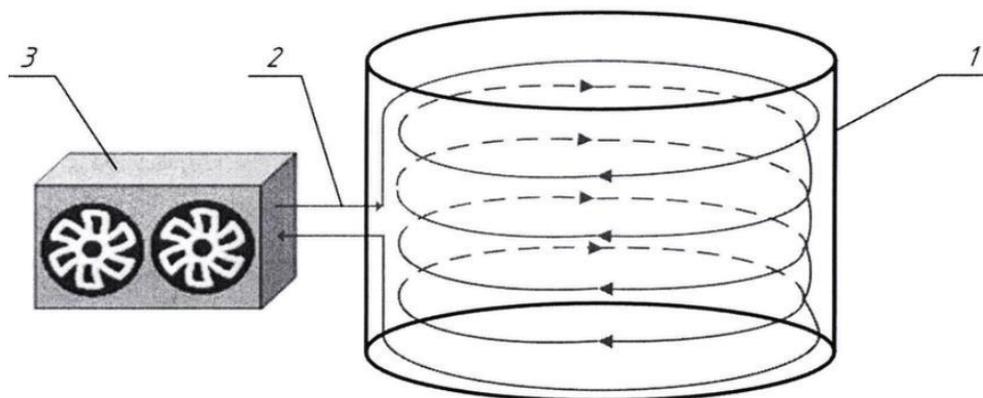


Рис. 2.9 – Спосіб зниження втрат нафтопродуктів, що зберігаються у резервуарах вертикальних сталевих

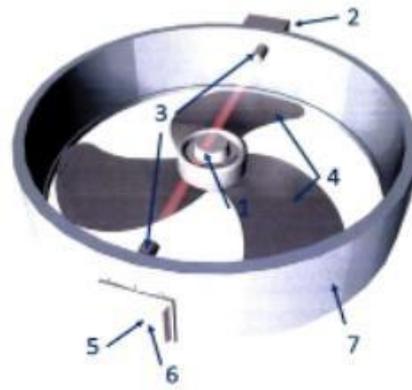
На рис. 2.9 представлена принципова схема РВС з системою охолодження і стабілізації нафтопродукту, де показані: вертикальний резервуар сталевий з бічною стінкою 1, автоматична система управління, що включає прокладений по внутрішній бічній поверхні резервуара за кільцевою схемою хладагент 2, а також конденсатор повітряного охолодження .

Блок обліку та контролю випарів нафти. Винахід відноситься до області вимірювання витрати і концентрації потоку парів нафти або нафтопродуктів з резервуарів через дихальний патрубок і може бути використано в нафтовій, нафтопереробній та нафтохімічній промисловості для визначення кількості та концентрації викидів нафтопродуктів з резервуарів, з метою визначення втрат нафтопродуктів від «дихання» резервуарів і витоків вибухонебезпечної суміші, а також оцінки екології навколишнього середовища.

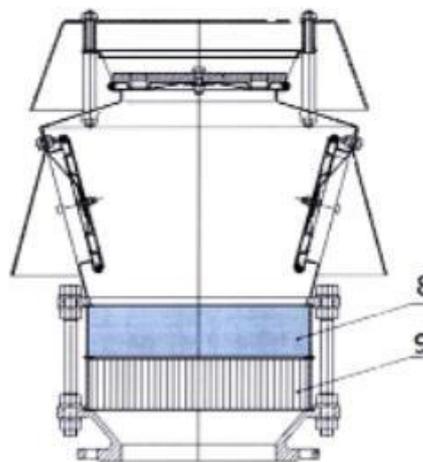
Принцип роботи блоку обліку і контролю випарів нафти ось у чому.

Блок обліку та контролю випарів нафти (8) встановлюється на фланець кріплення (10) дихального патрубка над касетою вогнеперегороджувача (9). При диханні резервуара середовище, проходячи через дихальний патрубок, надає руху лопаті (4), заряджають генератор постійного струму (1). При цьому дані про кількість обертів лопатей (4) надходять на модуль керування (6). За кількістю оборотів лопатей (4) визначається обсяг середовища, що вийшло і увійшло [18].

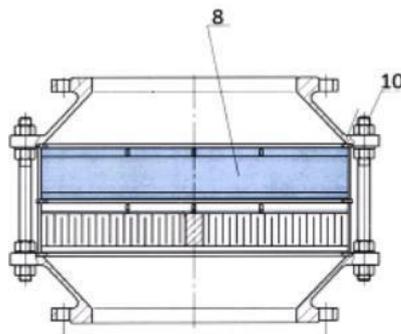
Блок обліку та контролю випарів нафти включає (Рис. 2.10): корпус (7), генератор постійного струму (1) у вибухозахищеному виконанні, з'єднаний з лопатями із пластику, розташовані на зовнішній стороні корпусу (7), акумуляторну батарею (2) з іскробезпечним електричним ланцюгом, блок радіопередачі (5) (наприклад, Wi-fi модуль) та керуючий модуль (6), на внутрішній стороні корпусу (7) розташований інфрачервоний датчик - приймач (3) у вибухозахищеному виконанні.



Фиг.1



Фиг. 2



Фиг. 3

Рис. 2.10 – Блок обліку та контролю випаровування нафти

Пристрій діагностування витоків з днища наземного вертикального резервуару з використанням пластин з різних металів. Пристрій містить

пластини з різних металів, розташованих групами перпендикулярно днищу та паралельно один одному. Кожна група складається з трьох пластин, дві пластини з міді та одна з алюмінію або нікелю, при цьому зазначені групи пластин встановлені діаметром резервуара так, що кожній з них відповідає певний ділянку днища резервуара. Пристрій також містить лінії зв'язку, електронний комутатор та комп'ютер. Всі три пластини, що входять до однієї групи, через лінії зв'язку з'єднані з клемми електронного комутатора. До електронного комутатора підключений мультиметр для вимірювання опорів ґрунту між пластинами з міді та напруги ґрунту між пластинами з міді та алюмінію (нікелю), при цьому мультиметр пов'язаний з комп'ютером.

Винахід працює в такий спосіб. Через приймальний трубопровід нафтопродукт надходить у резервуар. З метою діагностування днища резервуара із встановленою періодичністю, яка залежить від термінів експлуатації резервуара за допомогою ліній зв'язку електронного комутатора та мультиметра виробляються почергові виміри опорів ґрунту між пластинами з міді, що виводяться на комп'ютер. У разі відхилення значень опорів від експериментально отриманих значень при початковому вимірі ґрунту оператор проводить додаткові вимірювання. Визначаються напруги ґрунту між пластинами з міді та алюмінію (нікелю).

За вимірами опору та напруги ґрунту між пластинами визначається не тільки витік нафтопродукту з днища резервуара, а й її конкретне місце з метою ефективного ремонту резервуара. Відхилення значень від експериментально отриманих при початковому вимірі опорів і напруги ґрунту, свідчить про наявність витоку з резервуара. Значення з високим опором та низькою напругою відносяться до накопичення нафтопродуктів.

Обладнання встановлюється на резервуар стаціонарно та працює у автоматичному режимі (не потребує додаткових розрахунків виявлення витоку).

Великою перевагою пропонованого винаходу є те, що воно має одразу 3 пластини в одній групі. Отже, при виході з ладу однієї з пластин обладнання може продовжувати працювати з колишньою ефективністю.

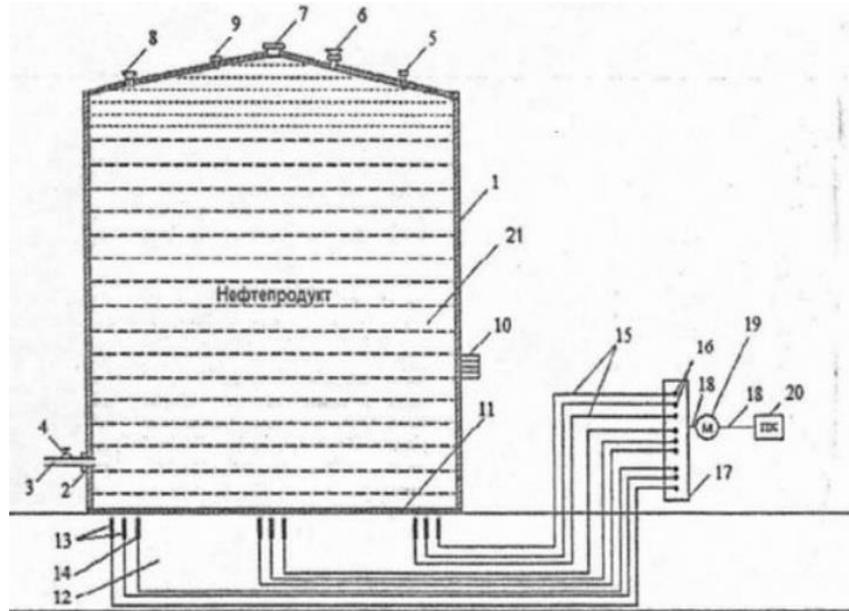


Рис. 2.11 – Розріз резервуару із пристроєм діагностування витоків:

- 1 – резервуар; 2 – ПРП; 3 – трубопровід для прийому та видачі нафти;
- 4 – засувка; 5,6 – світловий та вимірний люки; 7 – вентиляційний люк;
- 8,9 – вентиляційні патрубки; 10 – люк-лаз; 11 - днище; 12 – ґрунт;
- 13 – пластини із міді; 14 - пластина з алюмінію (нікелю); 15 – лінії зв'язку;
- 16 – клеми; 17 – комутатор; 18 – лінія зв'язку; 19 – мультиметр;
- 20 – комп'ютер

За рахунок використання цього пристрої збільшується ефективність визначення витоків нафтопродуктів з днища резервуара без його звільнення, підвищується надійність РВСП, скорочується час визначення витоків, а також зростає точність визначення конкретного місця витоків з днища резервуара (за рахунок моніторингу всієї площі днища [19])

2.3 Розрахункова частина

2.3.1 Розрахунок втрати нафти при великому диханні

Розрахуємо втрати бензину при великому диханні резервуара.

Маса парів нафти за одне велике дихання визначається за формулою:

$$G = [V_B - V_G \cdot \left(\frac{P_2 - P_1}{P_2 - P_S}\right)] \cdot \frac{P_S \cdot M_B}{T \cdot R},$$

де:

V_B - об'єм нафти в резервуарі, м³; V_G - об'єм газового простору в резервуарі, м³;

P_1, P_2 - абсолютні тиски в газовому просторі в кінцевий і початковий момент часу закачування бензину, Па;

P_S - тиск насичених парів нафти при температурі поверхні резервуара 30°C - 37500 Па;

M_B - молекулярна маса парів нафти, кг/кмоль;

T - температура в газовому просторі, К;

R - універсальна газова стала, Дж/(моль·К).

$$P_1 = P_A + P_B,$$

де

P_A - атмосферний тиск, приймаємо 100000Па;

P_B - вакуум, при якому спрацьовує дихальний клапан, Па.

$$P_1 = 100000 + 250 = 100250 \text{ Па}, P_2 = P_A + P_1,$$

де P_1 - надлишковий тиск, при якому спрацьовує дихальний клапан,

Па.

$$P_2 = 100000 + 2000 = 102000 \text{ Па.}$$

Молекулярна маса парів нафти визначається за формулою:

$$M_B = 60 + 0.3 \cdot t_{\text{н.к.}} + 0.001 \cdot t_{\text{н.к.}}^2,$$

де

$t_{\text{н.к.}}$ - температура початку кипіння нафти, °С.

$$M_B = 60 + 0,3 \cdot 50 + 0,001 \cdot 50^2 = 77,5 \frac{\text{КГ}}{\text{МОЛЬ}}.$$

Тоді маса нафти при великому видусі становитиме:

$$G = [10000 - 6000 \cdot (\frac{102000-100250}{102000-37500})] \cdot \frac{37500 \cdot 77,5}{295,5 \cdot 8314,3} = 11636 \text{ КГ.}$$

2.3.2 Оцінка ефективності застосування понтонів для резервуарів

Зменшення втрат, що забезпечується встановленням понтона, може бути оцінене за формулою [20]:

$$S_n = b_{0s} \cdot b_{1s} \cdot n^{b_{2s}}.$$

де:

n - кількість резервуарів,

b_{0s}, b_{1s}, b_{2s} - постійні числові коефіцієнти, що залежать від номінальної місткості резервуара та коефіцієнта оборотності резервуара (таблиця 1).

Таблиця 2.1

Величини числових коефіцієнтів з метою оцінки ефективності понтонів

	$N \leq 10$ 1/рік	$10 < n \leq 40$ 1/рік
--	-------------------	------------------------

Номинальна місткість резервуарів, м ³	10 ² ·b _{1s} , %	10 ² ·b _{1s} , %·рік ^b ₂	B _{2s}	10 ² ·b _{0s} , %	10 ² ·b _{1s} , %·рік ^b _{2s}	B _{2s}
400	-	1.65	0.845	-	2.35	0.688
700	-	3.21	0.736	-	3.56	0.697
1000	-	4.01	0.703	3	3.85	0.683
2000	-	18.00	0.410	26	5.95	0.545
3000	-	27.10	0.275	32	6.27	0.519
5000	10	20.30	0.347	40	4.46	0.563
10000	26	16.94	0.384	52	4.52	0.529
20000	40	11.910	0.439	67	0.90	0.834
50000	63	13.30	0.284	82	0.59	0.915

Якщо річна оборотність родовища менше 10 та резервуарний парк складається з 6 резервуарів об'ємом 2000 м³, то ефективність застосування понтонів складе:

$$S^n = 1 \cdot 18 \cdot 6^{0,410} = 0,375$$

Ефективність застосування понтонів склала 38% від їх загальної кількості втрат. Пристрій понтонів дає незначний результат зниження втрат вуглеводнів.

2.3.3 Оцінка застосування УУЛФ (установка уловлювання легких фракцій)

Таблиця 2.2

Вихідні дані

Конструкція резервуару	Наземний, вертикальний	
Температура початку закипання нафти, °С		50
Об'єм резервуара, м ³	V	2000

Кількість резервуарів, шт	N_p	6
Фактичне приймання нафти, м ³ /рік	B	1 375 000
Продуктивність закачування, м ³ /год	$V_{\text{ч}}$	130
Тиск насиченої пари, мм.рт.ст	P_{38}	330
Молекулярна маса парів рідини	m	73,8
Дослідний коефіцієнт для $V=2000$ м ³	K_p^{max}	0,8
Дослідний коефіцієнт для $P_t=540,0$	K_B	1
Дослідний коефіцієнт для $t = +30$	K_t^{max}	0,74
Дослідний коефіцієнт для $t = +10$	K_t^{min}	0,417
Дослідний коефіцієнт для $V=2000$ м ³	K_p^{cp}	0,56
Дослідний коефіцієнт оборотності	$K_{\text{об}}$	1,35
Щільність рідини т/ м ³	$\rho_{\text{ж}}$	0,8

Проведемо розрахунок валового викиду за формулою:

$$G = \frac{P_{\text{зв}} \cdot m \cdot (K_t^{\text{max}} \cdot K_B + K_t^{\text{min}}) \cdot K_p^{\text{cp}} \cdot K_{\text{об}} \cdot B^{0,294}}{10^7 \cdot \rho_{\text{ж}}},$$

(6)

$$G = 861,14 \text{ т/рік}$$

Згідно з даними дослідження НДІ, ефективність системи УЛФ становить 98%.

Отже, встановленням уловлювання фракцій вдалося знизити втрати нафти на $864,14 \cdot 0,98 = 843,92$ т/рік.

2.3.4 Застосування поверхнево активних речовин (ПАР) при транспортуванні та зберіганні нафти

Проблема скорочення втрат нафти залишається актуальною. Втрати через випаровування можуть становити 5-6 мільйонів тон на рік. Більше 75% втрат нафти припадають на її випаровування. Втрати можуть бути при зберіганні, зливів, наповненні, транспортуванні тощо. Основні втрати нафти внаслідок її випаровування здійснюються у резервуарах. Такі випари є не лише економічною проблемою, а й завдають шкоди природі. Тому скорочення втрат нафти є дуже важливим при її зберіганні в резервуарі.

Застосування ПАР дозволяє зменшити втрати ПВ від випаровування без будь-яких витрат на реконструкцію, знизити забруднення навколишнього середовища, зберегти кількість та якість нафти. Спосіб є недорогим, високо ефективним, легким у використанні, нетоксичним та нешкідливим для людей.

У табл. 2.3 представлені результати того, як солі калію СЖК впливають на тиск насиченої пари (ТНП) при різній концентрації. Найнижче значення ТНП при концентрації ПАР 20 мг/кг. Далі при збільшенні концентрації солей калію СЖК відбувається збільшення тиску насиченої пари. Збільшення концентрації призводить до асоціації молекул ПАР, отже розширюється поверхня випаровування.

Таблиця 2.3.

Залежність тиску насиченої пари нафти від концентрації $C_nH_{2n+1}COOK$

Концентрація $C_nH_{2n+1}COOK$, мг/кг	Тиск насиченої пари, кПа
0	29,32
10	25,79
20	19,32
30	26,58
40	27,85

Виявили, що випаровуваність знизилася до 55%.

Залежність маси випареної нафти від насиченого тиску парів, подана на формулі 7.

$$W = S \cdot A \cdot (P_s - P_d), \text{г/год}$$

де

W – маса випареної нафти, г/год;

S - коефіцієнт випаровування, г / (мар · м² · год);

P_s - парціальний тиск, Па;

P_d – тиск насиченої пари, Па.

Подача ПАР може здійснюватися: на гирлі свердловини, на колійних трубопроводах та безпосередньо на установці з підготовки нафти (УПН) до скидання підтоварної води періодичним або постійним методом через насос дозування безпосередньо з ємностей.

2.3.5 Визначення залишкового ресурсу резервуару

Основні дані щодо сталевих вертикальних циліндричних резервуарам для нафти та нафтопродуктів наведено у таблиці 4

Таблиця 2.4.

Вихідні дані

Номинальний об'єм, м ³	Діаметр, м	Висота, м	Висота покрівлі, м	Резервуар без понтону	Резервуар зі сталевим понтоном			
			Конічної	Сферичної	Геометрична місткість, м ³	Маса, т	Геометрич на місткість, м ³	Маса, т
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2000	15,18	11,92	0,38	3,0	2157	44,25	1910	51,44

Визначення геометричних параметрів резервуару. Вибір розмірів сталевих прокатних листів для виготовлення стінки

Розміри аркуша. Відповідно до рекомендацій ПБ 03-605-03 для виготовлення стінки вибираємо сталевий лист з розмірами у поставці 1600×6400 мм. З урахуванням обробки кромки листа з метою отримання правильної прямокутної форми при подальших розрахунках приймаються такі розміри 1680 × 6720 мм.

Спочатку вибираємо висоту резервуару. Для цього використовуємо рекомендації ПБ 03-605-03 (Додаток А). Відповідно до цих рекомендацій переважна висота резервуару від 6 до 22 м.

Висота резервуару. Для резервуару об'ємом $V = 2000 \text{ м}^3$ приймаємо номінальну висоту резервуару $H_n = 12 \text{ м}$. Відповідно, кількість поясів у резервуарі дорівнюватиме $N_n = 7$. Точна висота резервуару:

$$H = 1680 \cdot 7 = 11760 \text{ мм.}$$

Попередній радіус резервуару. Радіус резервуару визначається з формули для об'єму циліндра:

$$V = \pi \cdot R_2 \cdot H,$$

Звідси виводимо R:

$$R = \sqrt{\frac{V}{\pi H}} = \sqrt{\frac{2000 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 11760}} = 7358 \text{ мм.}$$

Периметр резервуару L_n і число листів у поясі N_p :

$$L_n = 2 \cdot \pi \cdot R = 2 \cdot 3,14 \cdot 7358 = 46206$$

$$N_{\ell} = \frac{L_n}{L} = \frac{46206}{6720} = 6,9.$$

Переважно округляти число листів (рис. 2.12) у поясі до цілого або обирати останній лист рівним половині довжини листа.

Приймаємо число листів у поясі $N_{\ell} = 7$. Тоді периметр резервуара:

$$L_n = 7 \cdot 6720 = 47040 \text{ мм},$$

а остаточний радіус:

$$R = \frac{L_n}{2 \cdot \pi} = \frac{26880}{2 \cdot 3,14} = 7490 \text{ мм}.$$

Уточнений об'єм резервуара

$$V = \pi \cdot R^2 \cdot H = 3,14 \cdot 4280^2 \cdot 6,720 = 2072 \text{ м}^3.$$

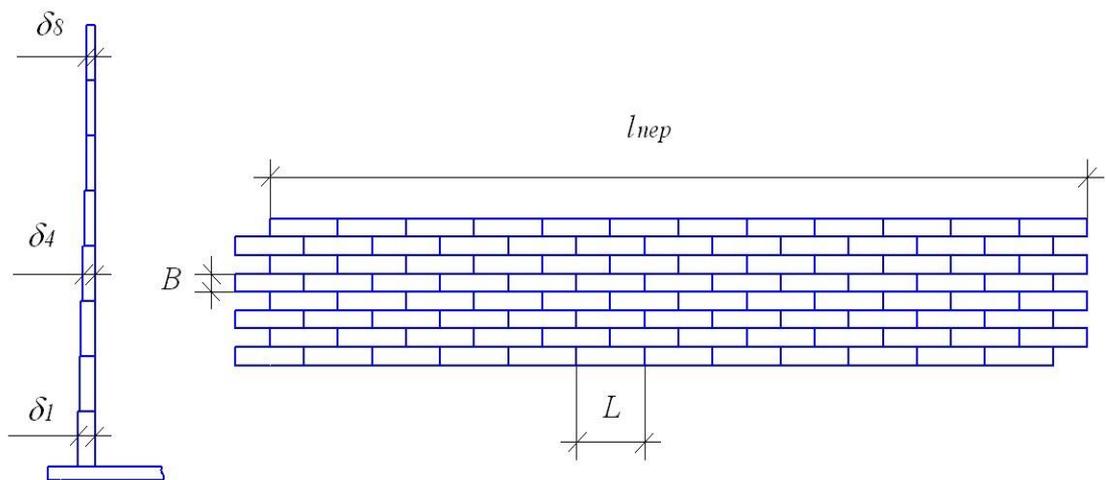


Рис. 2.12 – Розгортання та переріз стінки вертикального резервуара.

Визначення товщини стінки резервуару. Визначення методики та параметрів, необхідних для розрахунку.

Мінімальна товщина листів стінки резервуару РВС для умов експлуатації розраховується за формулою

$$\frac{[n_1 \cdot \rho_H \cdot g \cdot (H_{max} - x_i) + n_2 \cdot p_{взб}] \cdot R}{\gamma_c \cdot R_y}$$

де

$n_1 = 1,05$ – коефіцієнт надійності за навантаженням гідростатичного тиску;

$n_2 = 1,2$ – коефіцієнт надійності за навантаженням від надлишкового тиску та вакууму;

ρ_H - густина нафти, 850 кг/м^3 ;

R - радіус стінки резервуара, м;

H_{max} – максимальний рівень зливу нафти в резервуарі, м;

x_i - відстань від днища до розрахункового рівня, м;

$p_{нб} = 2,0 \text{ кПа}$ - нормативна величина надлишкового тиску;

γ_c – коефіцієнт умов роботи,

$\gamma_c = 0,7$ для нижнього пояса, $\gamma_c = 0,8$ для інших поясів;

R_y - розрахунковий опір матеріалу пояса стінки за межею текучості,

Па.

Розрахунковий опір матеріалу стінки резервуарів за межею текучості визначається за формулою:

$$R_y = \frac{R_y^H}{\gamma_m \gamma_n},$$

де

R_y^H - нормативний опір розтягання (стисненню) металу стінки, що дорівнює мінімальному значенню межі текучості, прийнятому за державними стандартами та технічними умовами на листовий прокат;

$\gamma_m = 1,025$ - коефіцієнт надійності за матеріалом;

$\gamma_n = 1,1$, оскільки об'єм резервуара менший за $10\,000 \text{ м}^3$ (300 м^3).

Стінка резервуара належить до основних конструкцій підгрупи «А», для яких повинна застосовуватися сталь класу С345 з нормативним розрахунковим опором $R_y^H = 345$ МПа.

Обчислимо розрахунковий опір:

$$R_y = \frac{345}{1,025 \cdot 1,1} \approx 306 \text{ МПа.}$$

Обчислення попередньої товщини стінки для кожного пояса резервуара. Для обчислення використовуємо формулу, у якій, починаючи з другого пояса, єдиним змінним параметром при переході від нижнього пояса до верхнього є координата нижньої точки кожного пояса:

$$x_i = B(i - 1),$$

де

i - номер пояса знизу вгору;

B - ширина листа.

Основні геометричні розміри резервуара під час проведення міцнісних розрахунків округлюємо в більшу сторону до номінальних розмірів так, щоб похибка ішла в запас міцності: $H = 7,5$ м; $B = 1,6875$ м; $R = 12$ м.

Товщина першого пояса визначається при $\gamma_c = 0,7$, $H_{\max} = H$, $x_1 = 0$:

$$\begin{aligned} \delta_1 &= \frac{[n_1 \cdot \rho_h \cdot g \cdot (H_{\max} - x_1) + n_2 \cdot p_{36}] \cdot R}{\gamma_c \cdot R_y}, \\ &= \frac{[1,05 \cdot 850 \cdot 9,81 \cdot (7,5 - 0) + 1,2 \cdot 2000] \cdot 4,28}{0,7 \cdot 306 \cdot 10^6} \approx 0,00369 \approx 3,7 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Для другого пояса при $\gamma_c = 0,8$, $x_2 = 1,6875$:

$$\delta_2 = \frac{[1,05 \cdot 850 \cdot 9,81 \cdot (7,5 - 1,6875) + 1,2 \cdot 2000] \cdot 4,28}{0,8 \cdot 293 \cdot 10^6} \approx 0,0028$$

$$\approx 2,8 \text{ мм.}$$

Для інших поясів резервуара отримані значення товщини стінки наведені в табл. 2.5.

Таблиця 2.5.

Товщина стінки поясів резервуару

Номер поясу	Товщина стінки, мм	Номер поясу	Товщина стінки, мм
1	3,7	5	1,4
2	2,8	6	1,01
3	2,3	7	0,6
4	1,9		

Вибір номінального (остаточного) розміру товщини стінки. Значення мінімальної товщини стінки для умов експлуатації збільшується на величину мінусового допуску на прокат і округляється до найближчого значення сортаментного ряду листового прокату. Отримане значення порівнюється з мінімальною конструктивною товщиною стінки $\delta_{\text{КС}}$.

Як номінальна товщина $\delta_{\text{НОМ}}$ кожного пояса стінки вибирається значення більшої з двох величин, округлене до найближчого значення з сортаментного ряду листового прокату:

$$\delta_{\text{НОМ}} \geq \max(\delta_i + C_i + \Delta; \delta_{\text{КС}}),$$

де C_i - припуск на корозію, мм;

Δ - значення мінусового допуску на товщину листа, мм;

$\delta_{\text{КС}}$ - мінімальна конструктивна товщина стінки.

Величину мінусового допуску визначають по граничним відхиленням виготовлення листа.

Припуск на корозію елементів резервуара є замовником (2-3 мм).

У табл. 2.6 наводяться всі дані вибору номінального розміру товщини стінки.

Таблиця 2.6.

Номер поясу	δ_i , мм	C_i , мм	Δ_i , мм	$\delta_i + C_i + \Delta_i$	$\delta_{кс}$	δ_n
1	3,7	2,0	0,45	6,15	7,0	7,0
2	2,8			5,25		7,0
3	2,3			4,75		7,0
4	1,9			4,35		7,0
5	1,4			3,85		7,0
6	1,01			3,46		7,0
7	0,6			3,05		7,0

Приймаємо:

1. Паспортна товщина поясів стінки резервуару – $S_{пасп} = 9$ мм.
2. Реальний час від моменту виготовлення резервуара - $t = 15$ років.
3. Плюсний допуск на товщину листів стінки під час прокатки - $C = 1,0$ мм.

Визначаємо швидкість рівномірної корозії стінки (см/рік) за формулою:

$$a = \frac{S_{пасп} + C - S}{t} = \frac{9 + 1 - 0.6}{15} = 0.2,$$

де

S - мінімальна фактична товщина стінки в розрахунковому поясі.

Розрахуємо розрахункову товщину стінки резервуара S_p за формулою:

$$S_p = \frac{[n_1 \cdot \rho \cdot (H_{\text{пр}} - x)] \cdot D}{200 \cdot \gamma_c \cdot R_{\text{max}}} = \frac{1.05 \cdot 850 \cdot (12 - 0) \cdot 15.18}{200 \cdot 0.7 \cdot 306} = 3.8 \text{ мм},$$

де:

- n_1 - коефіцієнт перевантаження для гідростатичного тиску (1,05);
- $H_{\text{пр}}$ – точна висота резервуара (12000 мм);
- x – відстань від днища до розрахункового рівня (0, оскільки розрахунковий рівень - перший лист);
- D – діаметр резервуара, м;
- γ_c - коефіцієнт умов роботи (для першого листа дорівнює 0,7);
- ρ - густина нафти, 850 кг/м³;
- $R_{\text{тек}}$ – розрахунковий опір сталі за межею плинності, 306 МПа.

Залишковий ресурс резервуара, що зазнає дії корозії, визначався за формулою:

$$T_k = \frac{S - S_p}{a} = \frac{9 - 3.8}{0.2} = 8.3.$$

Висновок: за наслідками розрахунків приймаємо залишковий ресурс резервуара 8 років.

Розрахунок граничного рівня наливу нафтопродуктів у резервуар.

Граничний рівень наливу нафтопродуктів визначається за формулою:

$$H_{\text{предел}} = \frac{200 \cdot \gamma_c \cdot R_{\text{тек}} \cdot S}{D \cdot n_1 \cdot \rho} - n_2 \cdot P_2 + x,$$

де

n_2 – коефіцієнт перевантаження для надлишкового тиску під покрівлею, $n_2 = 1,2$.

Підставимо числові значення:

$$H_{\text{предел}} = \frac{200 \cdot 0.7 \cdot 306 \cdot 9}{15.18 \cdot 1.05 \cdot 850} - 1.2 \cdot 200 + 0 = 28,19 \text{ м.}$$

Висновок: за результатами розрахунків подальша експлуатація резервуара можлива без обмеження граничної висоти наливу нафтопродуктів.

Загальний висновок за наслідками перевірконого розрахунку.

За результатами розрахунків подальша експлуатація резервуару можлива протягом 8 років без обмеження граничною висотою наливу нафтопродуктів.

Перевірочний розрахунок стінки резервуара на міцність.

Допустима умова міцності стінки резервуара має вигляд:

$$y < \gamma_c \cdot R_{\text{тек}},$$

де y - напруження в розрахунковому поясі резервуара, МПа.

Воно визначається за формулою:

$$y = \frac{[n_1 \cdot \rho \cdot (H_0 - x) + n_2 \cdot P_2] \cdot D}{200 \cdot S}.$$

Обчислення:

$$y_1 = \frac{[1.05 \cdot 850 \cdot (11.92 - 0) + 1.2 \cdot 200] \cdot 15.18}{200 \cdot 9} = 91,74 \text{ МПа.}$$

Результати розрахунків наведені у табл. 2.7.

Таблиця 2.7.

Результати розрахунків стінки резервуара РВС-3000 на міцність

№ пояса	1	2	3	4	5	6	7
y , МПа	91,74	79,04	66,34	53,64	40,94	28,24	15,53

$\gamma_z \cdot R_{тек}$	214,2	244,8	244,8	244,8	244,8	244,8	244,8
--------------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Висновок: умова міцності стінки виконується всім поясів.

Обмежувати висоту наливу нафтопродукту в резервуар не потрібно.

Розрахунок стінки резервуара на стійкість. Перевірка стійкості стінки резервуара виконується за формулою:

$$\frac{\sigma_{1i}}{\sigma_{10i}} + \frac{\sigma_2}{\sigma_{02}} \leq 1,0,$$

де:

σ_{1i} - розрахункові осьові напруження в стінці резервуара, МПа;

σ_2 - розрахункові кільцеві напруження в стінці резервуара, МПа;

σ_{10i} - критичні осьові напруження в стінці резервуара, МПа;

σ_{02} - критичні кільцеві напруження в стінці резервуара, МПа.

Осьові напруження визначаються за мінімальною товщиною стінки пояса, кільцеві напруження – за середньою товщиною стінки.

Розрахункові осьові напруження для резервуарів РВС визначаються за формулою:

$$\sigma_{1i} = \frac{n_3 \cdot (G_{кр} + G_{c.r.i}) + \psi \cdot (n_{ch} \cdot G_{ch} + n_2 \cdot G_{бак})}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot \delta_i},$$

де:

$n_3 = 1,05$ – коефіцієнт надійності за навантаженням від власної ваги;

$n_{ch} = 1,4$ – коефіцієнт надійності за сніговим навантаженням;

$G_{кр}$ - вага покриття резервуара, Н;

$G_{c.r.i}$ - вага вищележних поясів стінки, Н;

G_{ch} - повне розрахункове значення снігового навантаження на горизонтальну

проекцію покриття, Н;

G_{bak} — вага покриття резервуара, Н;

δ_i — розрахункова товщина стінки i -го поясу резервуара, м.

Визначення ваги покриття

Вага покриття резервуара розраховується за нормативним тиском покриття p_{kp} :

$$G_{kp} = p_{kp} \cdot \pi \cdot R^2.$$

Для резервуара об'ємом $V = 2000 \text{ м}^3$ тиск покриття $p_{kp} = 0,55 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2}$.

$$G_{kp} = 0,55 \cdot 3,14 \cdot 7,490^2 = 96,89 \text{ кН}.$$

Визначення ваги стінки резервуару

Вага вищележних поясів стінки резервуара визначається з умови, що висота всіх поясів однакова і дорівнює ширині листа B :

$$G_{c.r.i} = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot B \cdot \gamma_{st} \cdot \sum_{k=i}^a \delta_k,$$

де:

a - номер останнього поясу, якщо початок відліку знизу;

$\gamma_{st} = 78,5 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$ — питома вага сталі.

Вага стінки при розрахунку першого поясу

$$G_{c.r.1} = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot B \cdot \gamma_{st} \cdot \sum_{k=1}^7 \delta_k = 2 \cdot 3,14 \cdot 7,490 \cdot 2,0 \cdot 78,5 \cdot (7 \cdot 7) \cdot 10^{-3} \\ \approx 361,86 \text{ кН.}$$

Результати розрахунків ваги стінки для всіх поясів наведено у табл. 2.8.

Таблиця 2.8.

Вага стінки резервуару

Номер поясу	Вага стінки G_{cm} , кН	Номер поясу	Вага стінки G_{cm} , кН
1	361,86	5	155,08
2	310,16	6	103,69
3	258,47	7	51,69
4	206,76		

Визначення осьових напружень у кожному поясі стінки резервуара від вертикального навантаження.

Визначення напружень

- у першому поясі

-

$$\sigma_{11} = \frac{n_3 \cdot (G_{kp} + G_{c.r.1}) + \psi \cdot (n_{ch} \cdot G_{ch} + n_2 \cdot G_{vak})}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot \delta_1}$$

Підстановка числових значень:

$$\sigma_{11} = \frac{1,05(18,05 + 103,6) + 0,9(1,4 \cdot 144,4 + 1,2 \cdot 15,04)}{2 \cdot 3,14 \cdot 7,49 \cdot 7 \cdot 10^{-3}} \approx 0,53 \text{ МПа.}$$

Значення осьової напруги в інших поясах наведені в табл. 2.9.

Напруги до розрахунку стінки резервуара на стійкість

№ пояса	σ_1 , МПа	σ_{01} , МПа	σ_1/σ_{01}	σ_2 , МПа	σ_{02} , МПа	σ_2/σ_{02}	$\sigma_1/\sigma_{01} + \sigma_2/\sigma_{02}$
1	3,2	15,7	0,20	0,7	2,1	0,33	0,53
2	3,06	15,7	0,19	0,7	2,1	0,33	0,52
3	2,9	15,7	0,18	0,7	2,1	0,33	0,62
4	2,7	15,7	0,18	0,7	2,1	0,33	0,51
5	2,6	15,7	0,17	0,7	2,1	0,33	0,50
6	2,4	15,7	0,15	0,7	2,1	0,33	0,48
7	2,2	15,7	0,14	0,7	2,1	0,33	0,47

Розрахунок на стійкість виконується.

Визначення осьових критичних напружень

Осьові критичні напруження визначаються за формулою:

$$\sigma_{01} = C \cdot E \cdot \frac{\delta_i}{R},$$

де

$E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа – модуль пружності сталі;

C – коефіцієнт, що приймається.

Для визначення коефіцієнта C необхідно обчислити середню товщину стінки:

$$\delta_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n \delta_i}{n} = 7 \text{ мм.}$$

Визначаємо відношення радіуса резервуара до середньої товщини стінки:

$$\frac{R}{\delta_{\text{cp}}} = \frac{7,49}{7 \cdot 10^{-3}} \approx 1070.$$

Обираємо коефіцієнт $C = 0,08$ за СНІП 2.01.07-85 «Навантаження і впливи».

Обчислюємо осьові критичні напруження:

— для першого пояса:

$$\sigma_{01} = C \cdot E \cdot \frac{\delta_i}{R} = 0,08 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot \frac{7 \cdot 10^{-3}}{7,49} \approx 15,7 \text{ МПа.}$$

— для другого пояса

$$\sigma_{02} = 0,08 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot \frac{7 \cdot 10^{-3}}{7,49} \approx 15,7 \text{ МПа.}$$

Інші значення критичної сили наведені в табл. 2.7.

Розрахункові кільцеві напруження в стінці при розрахунку на стійкість резервуара визначаються за формулою:

$$\sigma_2 = \frac{p_B \cdot n_B + p_{\text{max}} \cdot n_2}{\delta_{\text{cp}}} \cdot R,$$

де

p_B – нормативне значення вітрового навантаження на резервуар, Па;

$n_B = 1,4$ – коефіцієнт надійності за вітровим навантаженням;

δ_{cp} – середня арифметична товщина стінки резервуара, м.

Нормативне значення вітрового навантаження визначається за формулою:

$$p_v = W_0 \cdot k_2 \cdot C_i,$$

де

W_0 – нормативне значення вітрового тиску для розглядуваного району, Па;

k_2 – коефіцієнт, що враховує зміну вітрового тиску за висотою;

C_i – аеродинамічний коефіцієнт.

Томська область належить до другого району за вітровим тиском, за СНіП 2.01.07-85 «Навантаження і впливи», обираємо

$$W_0 = 0,3 \text{ кПа.}$$

Коефіцієнт

$$k_2 = 1,0.$$

Аеродинамічний коефіцієнт C_i вибирається за СНіП 2.01.07-85 «Навантаження і впливи».

Обчислюємо відношення:

$$\frac{H}{2R} = \frac{11,92}{2 \cdot 7,49} \approx 0,79.$$

Обираємо

$$C_i = 0,8$$

за таблицею з використанням методу лінійної інтерполяції.

Обчислюємо вітрове навантаження (тиск):

$$p_B = W_0 \cdot k_2 \cdot C_i = 0,3 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \approx 0,24 \text{ кПа.}$$

Обчислюємо кільцеві напруження:

$$\sigma_2 = \frac{p_B \cdot n_B + p_{\text{вак}} \cdot n_2}{\delta_{\text{ср}}} \cdot R = \frac{0,24 \cdot 1,4 + 0,25 \cdot 1,2}{7 \cdot 10^{-3}} \cdot 7,49 \approx 0,7 \text{ МПа.}$$

Критичні кільцеві напруження визначаються за формулою:

$$\sigma_{02} = 0,55 \cdot E \cdot \frac{R}{H} \left(\frac{\delta_{\text{ср}}}{R} \right)^{\frac{3}{2}},$$

де H – геометрична висота стінки резервуара, м.

$$\sigma_{02} = 0,55 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot \frac{7,49}{11,76} \cdot \left(\frac{7 \cdot 10^{-3}}{7,49} \right)^{\frac{3}{2}} \approx 2,1 \text{ МПа.}$$

Якщо за результатами розрахунку умова стійкості не виконується, значення номінальної товщини стінки для відповідних поясів стінки резервуара повинні бути збільшені.

Висновки до розділу 2

У другому розділі було здійснено всебічний аналіз резервуарного парку як ключового елемента технологічної інфраструктури підприємства зберігання та транспортування нафти. Розглянута структура резервуарного господарства дала змогу визначити особливості функціонування, основні технічні характеристики та вимоги до експлуатаційної надійності.

Проведена класифікація резервуарів дозволила систематизувати типи ємностей за геометричною формою, конструктивними ознаками, технологічним призначенням та умовами експлуатації. Це створило основу для обґрунтованого вибору оптимальних конструкцій при оновленні або модернізації резервуарного парку. Окрему увагу приділено обладнанню резервуарів та допоміжних систем, зокрема дихальній арматурі, системам контролю, протипожежному та запобіжному обладнанню, що визначає рівень технологічної безпеки та екологічного захисту.

На основі аналізу сучасних технологічних рішень обґрунтовано комплекс заходів, спрямованих на підвищення надійності та безпеки резервуарного парку. Розглянуто можливості застосування прогресивних конструктивних, експлуатаційних і технологічних підходів, включно з автоматизацією контролю параметрів, удосконаленням систем герметизації, оптимізацією режимів зберігання та підвищенням ефективності протиаварійного захисту.

У розрахунковій частині виконано визначення втрат нафти при великих диханнях резервуарів. Результати розрахунків дали змогу оцінити величину випаровувань і обґрунтувати доцільність впровадження установки уловлювання легких фракцій (УУЛФ), здатної суттєво знизити екологічні викиди та економічні втрати підприємства. Окремо проаналізовано перспективність застосування поверхнево активних речовин (ПАР) з метою зменшення енергетичних витрат на транспортування нафти, зниження корозійної активності та покращення умов зберігання. Їх ефективність підтверджено як технологічними, так і економічними показниками.

Також проведено оцінку залишкового ресурсу резервуарів, що має критичне значення для планування технічного обслуговування, вибору стратегій продовження ресурсу, а також прогнозування потенційних ризиків експлуатації. Визначення фактичного стану стінок, днища та зварних з'єднань дозволило сформулювати обґрунтовані висновки щодо подальшої безпечної роботи резервуарів.

Узагальнюючи виконані дослідження, можна стверджувати, що розділ комплексно висвітлює технічний стан резервуарного парку, визначає ключові напрями підвищення його надійності та безпеки, а також пропонує сучасні технологічні рішення й розрахункові обґрунтування, необхідні для ефективної та екологічно безпечної експлуатації нафтотранспортної інфраструктури.

РОЗДІЛ 3 ВИМОГИ ДО КАДРОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБ'ЄКТУ ГАЛУЗІ

3.1 Вимоги до кадрового забезпечення персоналу резервуарного парку

Ефективність та безпека експлуатації резервуарного парку значною мірою залежать від рівня професійної підготовки персоналу, здатності працівників оперативно реагувати на зміну технологічних параметрів, дотримуватися регламентів роботи та забезпечувати надійне функціонування обладнання. З огляду на високі ризики, пов'язані зберіганням, транспортуванням та переміщенням нафти і нафтопродуктів (пожежонебезпечність, токсичність, можливість аварій із масштабними наслідками), вимоги до кадрового забезпечення мають бути системними, комплексними та обґрунтованими.

У цьому розділі сформовано розширені вимоги до компетентності, кваліфікації, професійної підготовки та організації роботи персоналу резервуарного парку, що є необхідною умовою для безаварійної та ефективної експлуатації системи.

3.1 Загальні вимоги до професійної компетентності персоналу

Базова професійна підготовка. Персонал повинен мати профільну технічну освіту (нафтогазова, хімічна, механічна, електротехнічна або автоматизації) відповідно до займаної посади. Наявність освітнього рівня молодший спеціаліст, бакалавр або магістр *підвищує якість виконання* технологічних операцій та забезпечує розуміння специфіки функціонування технологічних систем резервуарного парку.

Спеціальна підготовка. Працівники повинні пройти курси цільового призначення:

- технологія зберігання і транспортування нафти та нафтопродуктів;
- правила експлуатації резервуарів, дихальної арматури, насосного обладнання;

- основи корозійного захисту;
- промислова безпека і правила роботи у вибухонебезпечних зонах;
- охорона праці та протипожежна підготовка.

Вміння працювати з автоматизованими системами керування (АСУ ТП). З огляду на широке впровадження автоматизації персонал повинен володіти навичками роботи з:

- системами контролю рівня, температури, тиску й густини нафти;
- системами безперервного моніторингу герметичності;
- цифровими платформами управління технологічними операціями.

Це забезпечує зниження людського фактору та підвищує точність технологічних рішень.

3.2. Кваліфікаційні вимоги до персоналу різних рівнів

Оператори резервуарного парку:

- Знання конструкції резервуарів, призначення арматури та принципу роботи системи дихання.
- Уміння проводити операції з приймання, зберігання та відпуску нафтопродуктів.
- Володіння методами візуального, інструментального та газоаналізного контролю.
- Навички локалізації нештатних ситуацій (мікротріщини, непланові викиди, перевищення тиску, витоки).
- Здатність вести відповідну технічну документацію.

Інженерно-технічні працівники (ІТП):

- Поглиблені знання нормативної документації (ДСТУ, НПАОП, галузеві стандарти).

- Навички аналізу технічного стану резервуарів, оцінки залишкового ресурсу, виявлення корозійно небезпечних зон.
- Вміння застосовувати розрахункові методи оцінки втрат нафти, моделювати режими великого і малого дихання.
- Компетенції з проектування та впровадження технологічних рішень (УУЛФ, ПАР, модернізація герметизації).

Спеціалісти з охорони праці та пожежної безпеки

- Знання норм безпечної експлуатації вибухопожежонебезпечних об'єктів.
- Володіння методами оцінки ризиків та розроблення інструкцій.
- Навички організації тренувань, протипожежних навчань, моделювання аварійних ситуацій.

Керівний персонал (начальники змін, дільниць, парку)

- Глибоке розуміння технологічних процесів та можливих аварійних сценаріїв.
- Уміння ухвалювати оперативні управлінські рішення у критичних ситуаціях.
- Компетентність у плануванні ремонтів, формуванні графіків технічних оглядів та контролю технічного стану.

3.3 Психофізіологічні та професійно-особистісні вимоги

Психофізіологічна готовність. Працівники повинні відповідати таким характеристикам:

- стійкість до стресових ситуацій;
- висока концентрація уваги та відповідальність;
- здатність працювати у змінному графіку;
- відсутність медичних протипоказань до роботи в умовах підвищеної небезпеки.

Особистісні компетенції:

- дисциплінованість та точність виконання інструкцій;
- здатність працювати у команді;
- комунікативність при взаємодії з диспетчерськими та ремонтними службами;
- оперативність у прийнятті рішень.

3. 4. Вимоги до системи підвищення кваліфікації

Регулярність перепідготовки. Не рідше ніж один раз на 1–2 роки персонал повинен проходити повторні курси:

- протиаварійних тренувань;
- роботи в умовах загазованості;
- дій при розгерметизації резервуарів;
- оновлення знань щодо АСУ ТП.

Атестація персоналу. Проводиться за такими напрямками:

- знання технологічних інструкцій;
- практичні навички управління обладнанням;
- готовність до дій у нештатних ситуаціях;
- рівень володіння сучасними технологічними методами (УУЛФ, ПАР, цифровий контроль).

Підготовка у форматі тренажерних занять. Рекомендовано впровадження VR/AR-тренажерів для моделювання:

- пожеж;
- переливів;
- аварійних викидів;
- порушень роботи арматури;
- пошкодження резервуарів.

Це дозволяє мінімізувати ризики помилок у реальних умовах.

3.5. Організаційні вимоги до кадрового забезпечення

- Формування штатного розпису відповідно до обсягів резервуарного парку, складності технології та інтенсивності руху нафти.
- Забезпечення цілодобового чергування кваліфікованого персоналу.
- Чіткий розподіл функціональних обов'язків і зон відповідальності.
- Наявність резервного складу працівників для підміни у разі форс-мажорних обставин.
- Система внутрішнього контролю та регулярного аудиту компетенцій співробітників.

Висновки до розділу 3

У цьому розділі обґрунтовано комплексні вимоги до кадрового забезпечення персоналу резервуарного парку, що включають професійні, кваліфікаційні, психофізіологічні та організаційні аспекти. З огляду на високу небезпеку об'єктів зберігання та транспортування нафти, належний рівень підготовки персоналу є ключовим чинником безаварійної роботи системи.

Сформовані вимоги підкреслюють необхідність:

- базової та спеціальної технічної підготовки;
- знання сучасних технологічних рішень і автоматизованих систем;
- періодичної атестації та підвищення кваліфікації;
- суворого дотримання правил охорони праці та промислової безпеки.

Виконання цих положень забезпечує зменшення ризиків аварій, підвищення надійності роботи резервуарного парку та створює передумови для впровадження сучасних технологій зберігання і транспортування нафти.

РОЗДІЛ 4

РОЗРОБКА ДИДАКТИЧНОГО ПРОЄКТУ ВИКЛАДАННЯ ТЕМИ «ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА БЕЗПЕКИ РОБІТ СИСТЕМ ТА ОБЛАДНАННЯ НА ВИРОБНИЦТВІ», ЩО ВИВЧАЄТЬСЯ У ПРОЦЕСІ ПІДВИЩЕННЯ КВАЛІФІКАЦІЇ КАДРОВОГО СКЛАДУ РЕЗЕРВУАРНОГО ПАРКУ

4.1. Вихідні дані

Розробка ефективної програми підвищення кваліфікації персоналу резервуарного парку повинна базуватися на аналізі виробничих умов, професійного досвіду слухачів, рівня їх компетентностей та наявних ресурсів навчальних центрів або корпоративних освітніх платформ. Вихідні дані визначають логіку формування навчального змісту, методів та форм підготовки, спрямованих на підвищення професійної компетентності персоналу та забезпечення безпечної і надійної експлуатації резервуарного обладнання.

Цільова аудиторія. Програми підвищення кваліфікації орієнтовані на інженерно-технічний персонал, що здійснює обслуговування, діагностику та контроль стану резервуарного обладнання. Серед слухачів можуть бути:

- фахівці середньої та вищої кваліфікації: інженери-експлуатанти, механіки, енергетики, спеціалісти з автоматизації та контрольно-вимірювальних систем;
- працівники підприємств нафтопереробної та нафтотранспортної галузі, відповідальні за безпечну експлуатацію резервуарів і допоміжних систем;
- спеціалісти з обробки та аналізу технічних даних, що готують експертні висновки та беруть участь у плануванні технічного обслуговування;
- молоді інженери з базовим досвідом роботи, яким необхідне поглиблене навчання для виконання експертних функцій.

Рівень попередньої підготовки слухачів. Зазвичай учасники програм підвищення кваліфікації володіють:

- базовими знаннями з експлуатації механічного, насосно-технологічного та електротехнічного обладнання;
- розумінням принципів роботи резервуарних систем, запірно-регулюючої арматури та допоміжних систем автоматизації;
- досвідом роботи з технічною документацією, регламентами ППР, актами контролю та експлуатаційними журналами;
- навичками ідентифікації дефектів та оцінки порушень режимів роботи обладнання;
- основами промислової безпеки, охорони праці та нормативів щодо експлуатації небезпечних технічних об'єктів.

Типи підприємств, де працюють слухачі. Програми розраховані на фахівців, що працюють на:

- магістральних нафтотранспортних компаніях та їх структурних підрозділах;
- нафтоперекачувальних станціях та нафтобазах;
- сервісних і експертних організаціях, що надають послуги технічної діагностики та контролю стану резервуарів;
- підприємствах з модернізації, капітального ремонту та технічного обслуговування насосно-технологічного обладнання;
- лабораторіях неруйнівного контролю та центрах вібраційної і термографічної діагностики.

Місця проведення навчання. Підготовка фахівців може проводитися в:

1. Корпоративних навчальних центрах підприємств, обладнаних тренажерними стендами, макетами резервуарів, лабораторіями неруйнівного контролю та цифровими симуляторами;
2. Профільних технічних університетах і інститутах післядипломної освіти, що забезпечують спеціалізовану підготовку в галузі технічної діагностики та промислової безпеки;

3. Центрах промислової безпеки, де навчальні програми відповідають міжнародним стандартам сертифікації (ISO, API, EN);

4. Лабораторіях та випробувальних центрах сервісних компаній, що пропонують практичні модулі з роботи на реальному обладнанні.

Тривалість навчальних програм варіюється залежно від рівня підготовки та змісту курсу і може становити від одного до чотирьох місяців. Поглиблені курси для експертів з технічної оцінки резервуарного обладнання можуть тривати довше.

Форми та методи навчання. Навчальний процес організовується у змішаному форматі, що включає:

- лекційні заняття з розглядом конструктивних особливостей резервуарів, методів діагностики та нормативних вимог;
- практичні роботи з аналізу даних вібраційного, ультразвукового та термографічного контролю;
- лабораторні модулі з демонстрацією дефектів і налаштуванням діагностичних систем;
- тренажерні заняття для відпрацювання аварійних та нестандартних ситуацій;
- кейс-методи та групові дискусії для формування експертних висновків;
- роботу з цифровими симуляторами для моделювання роботи резервуарів і прогнозування ресурсів;
- самостійну роботу з аналізу нормативної документації та технічних звітів.

4.2. Види та зміст професійної діяльності фахівця

Аналіз професійної діяльності кадрового складу резервуарного парку наведений в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Аналіз професійної діяльності фахівця

Вид діяльності	Функції діяльності	Процес діяльності
1	2	3
Експлуатаційна діяльність	Забезпечення безперебійної роботи резервуарів та допоміжних систем, підтримка нормативних параметрів роботи, контроль режимів експлуатації.	Контроль рівня та тиску рідин у резервуарах, моніторинг температурних режимів, перевірка стану арматури та насосів, виконання регламентних операцій.
Технічна діагностика та контроль	Виявлення дефектів, оцінка залишкового ресурсу обладнання, прогнозування розвитку несправностей.	Проведення неруйнівного контролю (візуального, ультразвукового, вібраційного, термографічного), аналіз даних моніторингу, складання звітів про технічний стан обладнання.
Планування та організація ремонтних робіт	Формування графіків технічного обслуговування, підготовка заходів щодо усунення дефектів, оптимізація міжремонтних періодів.	Аналіз стану обладнання, підготовка планів профілактичного та капітального ремонту, координація роботи ремонтних бригад, контроль виконання робіт.
Управління безпекою та ризиками	Забезпечення дотримання норм промислової безпеки, попередження аварійних.	Проведення інструктажів з охорони праці, контроль дотримання нормативних вимог, оцінка ризиків при виконанні технологічних

Продовження табл.4.1

1	2	3
	ситуацій, управління виробничими ризиками	операцій, розробка планів дій у аварійних ситуаціях.
Аналітична та звітна діяльність	Обробка даних експлуатації, формування технічних висновків, участь у прийнятті управлінських рішень.	Збір і аналіз експлуатаційної інформації, складання звітів, підготовка експертних висновків щодо стану резервуарного обладнання та рекомендацій з оптимізації роботи.
Професійний розвиток та навчання	Підвищення кваліфікації, освоєння нових методів діагностики та контролю, обмін досвідом з колегами.	Участь у навчальних програмах, тренінгах, семінарах, освоєння сучасних цифрових і діагностичних інструментів, проведення внутрішніх навчальних сесій.

4.3. Кваліфікаційні вимоги до кадрового складу резервуарного парку

Кваліфікаційні вимоги до кадрового складу резервуарного парку представлені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

Кваліфікаційні вимоги до фахівця

Фахівець повинен уміти	Фахівець повинен знати
1	2
Виконувати технічне обслуговування резервуарів та допоміжного обладнання.	Конструктивні особливості резервуарів, насосних агрегатів та систем обв'язки.
Проводити регулярний контроль параметрів роботи резервуарів (рівень, тиск, температура).	Нормативні значення параметрів експлуатації та методи їх контролю.

1	2
Виконувати діагностику обладнання за допомогою сучасних методів неруйнівного контролю (ультразвуковий, вібраційний, термографічний).	Принципи роботи методів неруйнівного контролю та інтерпретації результатів.
Ідентифікувати дефекти та несправності обладнання, оцінювати їх критичність.	Види можливих дефектів, їхні причини та наслідки для роботи резервуарного парку.
Прогнозувати залишковий ресурс обладнання та планувати міжремонтні періоди.	Методи оцінки залишкового ресурсу, принципи планування профілактичних та капітальних ремонтів.
Дотримуватися норм промислової безпеки, охорони праці та екологічних вимог.	Діючі стандарти безпеки, нормативні документи та вимоги законодавства у сфері промислової безпеки.
Використовувати цифрові системи моніторингу та автоматизації для контролю роботи резервуарів.	Принципи роботи систем автоматизованого контролю, інтерфейси цифрових платформ, обробка та аналіз даних.
Складати технічну документацію, звіти та експертні висновки щодо стану обладнання.	Правила оформлення технічних звітів, методики складання експертних висновків та протоколів обстеження

4.4. Постановка цілей вивчення навчальної теми «Забезпечення надійності та безпеки робіт систем та обладнання на виробництві»

Сформувати у слухачів системне розуміння принципів забезпечення надійності та безпеки роботи технологічних систем і обладнання на виробництві, розвинути практичні навички управління ризиками та профілактики аварійних ситуацій.

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 основні терміни та концепції безпечної експлуатації обладнання. – Ознайомитися з чинними стандартами, нормативами та процедурами контролю технічного стану. – Розглянути приклади аварій та наслідків порушення правил безпеки. – Визначити потенційні джерела аварійних ситуацій. – Вивчити принципи роботи основних систем виробничого обладнання. – Ознайомитися з методами контролю та діагностики технічного стану. – Засвоїти методи неруйнівного контролю та інструментальної діагностики. – Відпрацювати аналіз показників роботи обладнання та систем моніторингу. – Оцінювати критичність виявлених несправностей та визначати пріоритети для усунення. – Відпрацювати алгоритми дій при аварійних ситуаціях за допомогою тренажерів та симуляторів. – Навчитися прогнозувати розвиток подій та оцінювати можливі наслідки. – Формувати навички взаємодії з іншими підрозділами під час ліквідації аварій. – Складати протоколи контролю та технічні висновки. – Готувати рекомендації щодо оптимізації режимів роботи та профілактичного обслуговування. – Розробляти плани заходів з підвищення надійності та безпеки систем. – Аналізувати реальні кейси виробничих аварій і порушень режимів експлуатації. – Проводити оцінку ризиків та пропонувати рішення для їх мінімізації.

1	2
	Розробляти комплексні рекомендації щодо підвищення надійності та безпеки виробничих процесів.

4.5. Перелік літературних джерел з теми

1. Іваненко, О.І. Надійність та безпека виробничих систем: теорія та практика. – Київ: Наукова думка, 2020. – 312 с.
2. Петренко, В.П. Технічна діагностика та контроль обладнання на виробництві. – Харків: Фоліо, 2019. – 280 с.
3. Сидоренко, М.М., Коваленко, Ю.О. Управління ризиками на промислових підприємствах. – Львів: Видавництво ЛНУ, 2021. – 256 с.
4. ISO 45001:2018. Occupational health and safety management systems – Requirements with guidance for use. – International Organization for Standardization, 2018.

4.6. Конструювання дидактичних матеріалів з теми «Забезпечення надійності та безпеки робіт систем та обладнання на виробництві»

Розробка дидактичних матеріалів для навчання персоналу резервуарного парку та інших виробничих підрозділів повинна враховувати специфіку обладнання, ризики виробничих процесів та рівень попередньої підготовки слухачів. Матеріали мають сприяти формуванню системних знань, практичних навичок і компетентностей для забезпечення надійної та безпечної роботи виробничих систем.

Принципи конструювання матеріалів.

1. Орієнтація на практичну діяльність. Матеріали мають відображати реальні виробничі ситуації, аварійні сценарії та приклади нестандартних режимів роботи обладнання.

2. Інтеграція теоретичних та практичних знань. Поєднання нормативних вимог, методів діагностики, правил експлуатації та інструментів контролю.

3. Послідовність та логічність викладу. Матеріали формуються за принципом «від простого до складного», включають блоки: ознайомлення, аналіз, моделювання та практичне застосування знань.

4. Використання сучасних технологій навчання. Інтерактивні презентації, цифрові симулятори, віртуальні моделі обладнання, а також тренажери для відпрацювання аварійних ситуацій.

5. Врахування різних рівнів підготовки слухачів. Матеріали мають включати базові теоретичні блоки для початкового рівня та поглиблені кейси для досвідчених фахівців.

Структура дидактичних матеріалів.

1. Теоретичний блок:

- Основи надійності та безпеки виробничих систем;
- Нормативно-правова база та стандарти (ISO, ДСТУ, правила охорони праці);

- Конструктивні та технологічні особливості обладнання;

- Методи оцінки ризиків та прогнозування несправностей.

2. Практичний блок:

- Лабораторні роботи з діагностики резервуарів, насосів, арматури та допоміжних систем;

- Використання сучасних методів контролю (візуальний, ультразвуковий, вібраційний, термографічний);

- Моделювання аварійних та нестандартних ситуацій з подальшим аналізом дій персоналу;

- Відпрацювання алгоритмів прийняття рішень та планування ремонтів.

3. Аналітичний блок:

- Кейс-аналіз реальних виробничих аварій та відмов;
- Складання технічних звітів, експертних висновків та рекомендацій щодо оптимізації роботи обладнання;
- Оцінка ефективності застосованих заходів та розробка пропозицій з підвищення надійності.

4. Методи самостійної роботи:

- Аналіз нормативної документації та регламентів обслуговування;
- Робота з технічними звітами та базами даних аварійних ситуацій;
- Підготовка аналітичних доповідей та презентацій на основі отриманих результатів.

Методи та засоби навчання

- Лекційні заняття з використанням мультимедійних презентацій;
- Практичні та лабораторні роботи на реальному та тренажерному обладнанні;
- Інтерактивні кейси та групові дискусії для розвитку аналітичного мислення;
- Цифрові симулятори та моделюючі програми для прогнозування роботи систем;
- Контрольні завдання та тести для оцінки засвоєння знань та формування компетентностей.

Конструювання дидактичних матеріалів має забезпечувати цілісне формування знань, умінь і компетентностей персоналу для безпечної та ефективної роботи систем та обладнання на виробництві. Системний підхід до розробки матеріалів дозволяє поєднати теоретичні знання, практичні навички та аналітичні здібності слухачів, сприяючи підвищенню надійності виробничих процесів.

4.7. Аналіз базових умов навчання з теми «Забезпечення надійності та безпеки робіт систем та обладнання на виробництві»

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
Тема 1. Основи надійності виробничих систем	<p>Методи: усне опитування. Форми: фронтальна. Засоби: контрольні питання.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Що таке надійність технічної системи та які основні параметри її оцінки? 2. Як класифікують обладнання за критичністю та ризиком? 3. Які методи прогнозування залишкового ресурсу обладнання застосовуються на виробництві? 4. У чому полягає управління відмовами та аварійними ситуаціями?
Тема 2. Нормативно-правові основи безпечної експлуатації	<ol style="list-style-type: none"> 1. Які основні міжнародні та державні стандарти регламентують безпеку виробництва? 2. Які обов'язки персоналу передбачаються правилами охорони праці та промислової безпеки? 3. Що включають регламентні документи підприємства (ППР, технічні інструкції)? 4. Які вимоги ставляться до сертифікації та атестації персоналу?
Тема 3. Технологічні системи та їхні критичні вузли	<ol style="list-style-type: none"> 1. Які основні конструктивні елементи виробничого обладнання? 2. Які типові несправності обладнання можуть вплинути на безпеку виробництва? 3. Які методи профілактичного обслуговування використовуються для забезпечення надійності? 4. Як визначають критичні вузли систем та обладнання?

Тема 4. Методи діагностики та контролю	<ol style="list-style-type: none"> 1. Які методи неруйнівного контролю застосовуються для оцінки стану обладнання? 2. Як працюють системи моніторингу та автоматизації на виробництві? 3. Які параметри експлуатації слід контролювати для своєчасного виявлення дефектів? 4. <input type="checkbox"/> Як оцінюється залишковий ресурс обладнання за допомогою інструментальних методів?
Тема 5. Управління ризиками та аварійними ситуаціями	<ol style="list-style-type: none"> 1. Які етапи оцінки ризиків на виробництві? 2. Які дії включає планування на випадок аварійних ситуацій? 3. Як проводиться моделювання аварійних сценаріїв для навчання персоналу? 4. Які заходи застосовують для мінімізації негативних наслідків аварій?
Тема 6. Документування та звітність	<ol style="list-style-type: none"> 1. Які основні документи складає персонал для обліку стану обладнання? 2. Які вимоги до оформлення технічних звітів та експертних висновків? 3. Як ведеться журнал обслуговування та контролю? 4. Що включають плани профілактичних та ремонтних робіт?

4.8. Проєктування мотиваційних технологій

Проєктування мотиваційних технологій навчання з теми «Забезпечення надійності та безпеки робіт систем та обладнання на виробництві», характеристика і текст мотивації, використання якої доцільно при викладанні навчального матеріалу (табл. 4.5).

Обрання методів мотивації навчальної діяльності

Вид і методи мотивації	Вступна мотивація
1	2
Вступна мотивація, мотивуючий вступ	<p>Доброго дня, шановні слухачі! Надійність та безпека виробничих систем є ключовими факторами ефективної та стабільної роботи підприємства. Сучасне виробництво, особливо у нафтогазовій, хімічній та енергетичній галузях, характеризується складними технологічними процесами та значними ризиками аварій. Недотримання норм безпеки або неправильна експлуатація обладнання може призвести до серйозних матеріальних втрат, травмування персоналу та негативного впливу на довкілля.</p> <p>Вивчення теми дозволяє слухачам зрозуміти механізми виникнення аварій, навчитися своєчасно ідентифікувати потенційні небезпеки, а також застосовувати сучасні методи контролю та діагностики обладнання. Формування компетентностей у сфері надійності та безпеки забезпечує не лише ефективну роботу виробничих систем, а й підвищує професійну цінність фахівця, його здатність приймати зважені рішення у критичних ситуаціях.</p> <p>Особлива увага приділяється практичним аспектам: моделюванню аварійних ситуацій, роботі з цифровими системами моніторингу, застосуванню методів неруйнівного контролю та аналізу експлуатаційних даних. Такий підхід дозволяє закріпити теоретичні знання та сформувати навички, необхідні для забезпечення безпечного та безперебійного функціонування виробничих систем.</p> <p>Таким чином, опанування цієї теми є важливим кроком у підвищенні професійної компетентності персоналу, зниженні ризику аварійних ситуацій та забезпеченні стабільної роботи підприємства на високому рівні безпеки.</p>

4.9. Проєктування технології формування орієнтовної основи діяльності

Проєктування технології формування орієнтовної основи діяльності при вивчені теми «Забезпечення надійності та безпеки робіт систем та обладнання на виробництві» (табл. 4.6).

Таблиця 4.6

Способи формування ООД з теми

Рівень засвоєння (Блум)	Форми навчання	Методи та засоби навчання
1	2	3
Запам'ятовування. - визначення основних понять надійності та безпеки виробничих систем; -перелік нормативних документів, стандартів і правил охорони праці; -назви основного та допоміжного обладнання, його основні функції; -основні типи дефектів та відмов обладнання.	Лекції, семінари	Пояснювальні лекції, презентації, інфографіка, конспекти, списки термінів
Розуміння: - пояснення взаємозв'язку між технічним станом обладнання та безпекою виробничих процесів; - тлумачення принципів роботи систем контролю та діагностики; - інтерпретація основних параметрів ризику та їх впливу на виробничу діяльність; - аналіз регламентних документів для розуміння вимог до безпечної експлуатації.	Лекції, обговорення в групах	Аналіз нормативних документів, пояснення схем роботи обладнання, інтерактивні дискусії
Застосування: - виконання базових процедур діагностики та контролю обладнання;	Практичні заняття,	Виконання процедур діагностики, використання цифрових

Продовження табл. 4.6

1	2	3
<ul style="list-style-type: none"> - практичне застосування правил безпеки та інструкцій з експлуатації; - використання методів оцінки ризиків у конкретних виробничих ситуаціях; - робота з інструментальними засобами контролю та моніторингу стану обладнання. 	<p>лабораторні роботи</p>	<p>відпрацювання правил безпеки систем моніторингу, практичне</p>
<p>Аналіз: - розбір причин виникнення відмов та аварій на основі реальних кейсів;</p> <ul style="list-style-type: none"> - порівняння ефективності різних методів контролю та діагностики; - визначення критичних вузлів і зон підвищеного ризику у виробничих системах; - аналіз документації та звітів для виявлення слабких місць у організації робіт. 	<p>Кейс-заняття, групові дискусії</p>	<p>Розбір реальних аварійних ситуацій, порівняння методів контролю, аналіз технічної документації</p>
<p>Оцінювання: - формування висновків щодо безпечності та надійності експлуатації обладнання;</p> <ul style="list-style-type: none"> - оцінка відповідності проведених робіт вимогам нормативних документів; - прийняття рішень щодо необхідності ремонтів, модернізації 	<p>Тренінги, семінари</p>	<p>Формування експертних висновків, оцінка відповідності робіт нормативним вимогам, критична оцінка планів дій</p>

1	2	3
<p>або оптимізації режимів роботи; - критична оцінка планів дій у випадку аварійних ситуацій.</p>		
<p>Створення: - розробка планів профілактичного обслуговування та заходів підвищення надійності; - моделювання аварійних і нестандартних сценаріїв для навчання персоналу; - створення рекомендацій та інструкцій щодо безпечної експлуатації систем і обладнання; - проектування інтегрованих процедур контролю та моніторингу для конкретного виробничого підрозділу.</p>	<p>Проектні роботи, симуляції, тренажери</p>	<p>Розробка планів профілактики, моделювання аварійних сценаріїв, створення інструкцій та рекомендацій, інтегровані симуляції обладнання</p>

4.10. Проектування технології формування виконавчих дій.

Проектування технології формування виконавчих дій при вивченні теми «Забезпечення надійності та безпеки робіт систем та обладнання на виробництві» (табл. 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. Аналіз технічного стану обладнання</p> <p>Мета: навчитися оцінювати надійність і безпеку роботи основних систем.</p> <p>Завдання:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ознайомитися з технічною документацією та регламентами обслуговування обладнання; • Провести аналіз останніх записів про технічний стан та відмови обладнання; • Визначити критичні вузли та ймовірні причини несправностей; • Скласти короткий звіт із рекомендаціями щодо профілактичних заходів. <p>Вправа 2. Використання методів неруйнівного контролю</p> <p>Мета: освоїти основні методи контролю стану обладнання.</p> <p>Завдання:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Практична робота з візуальним, ультразвуковим та термографічним контролем; • Зняття показників та оцінка дефектів на прикладі стендів або лабораторного обладнання; • Порівняння результатів із нормативними вимогами; • Висновки щодо безпечності роботи об'єкта. <p>Вправа 3. Моделювання аварійних та нестандартних ситуацій</p> <p>Мета: відпрацювати дії при аваріях і ризикових режимах.</p>

1	2	3
		<p>Завдання:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Робота на тренажерах або цифрових симуляторах; • Імітація аварійних ситуацій (відмова насоса, перевантаження трубопроводу, відмови систем автоматики); • Прийняття рішень щодо відключення, локалізації проблеми та усунення дефекту; <p>Оформлення звіту з описом дій та їх ефективності.</p> <p>Вправа 4. Оцінка ризиків виробничих процесів</p> <p>Мета: навчитися ідентифікувати та оцінювати ризики на виробництві.</p> <p>Завдання:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Складання карти ризиків для конкретної ділянки виробництва; • Визначення ймовірності та потенційних наслідків аварійних ситуацій; • Розробка заходів щодо зниження ризиків та підвищення безпеки; • Презентація результатів групового аналізу. <p>Вправа 5. Документування та складання технічних звітів</p> <p>Мета: освоїти правильне оформлення експертної документації.</p> <p>Завдання:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Складання технічного звіту за результатами діагностики обладнання; • Оформлення рекомендацій щодо профілактичного обслуговування та усунення дефектів; • Аналіз прикладів звітів з підприємств для виявлення сильних і слабких сторін; • Підготовка власного короткого звіту для навчального кейсу. <p>Вправа 6. Інтегроване практичне завдання</p> <p>Мета: застосувати комплекс знань і навичок у реальному сценарії.</p>

1	2	3
		<p>Завдання:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Виконати аналіз виробничого процесу на об'єкті або тренажері; • Провести діагностику обладнання та оцінку ризиків; • Прийняти рішення щодо профілактики або оптимізації режимів роботи; <p>Підготувати підсумковий звіт та представити його групі для обговорення.</p>

4.11. Проектування контрольних дій

Проектування контрольних дій з теми «Забезпечення надійності та безпеки робіт систем та обладнання на виробництві» (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. Що розуміють під надійністю виробничих систем та обладнання? 2. Які основні показники оцінки технічного стану систем? 3. Як визначають критичні вузли обладнання та їх вплив на безпеку виробництва? 4. Які методи прогнозування залишкового ресурсу обладнання застосовуються на підприємствах? 5. Які міжнародні та національні стандарти регламентують безпеку виробництва? 6. Які основні обов'язки персоналу щодо охорони праці та промислової безпеки? 7. Що включають регламентні документи підприємства (ППР, технічні інструкції)?

1	2	3
		8. Які вимоги до сертифікації та атестації персоналу для роботи на небезпечних об'єктах?
		<p>1. Які основні компоненти виробничого обладнання впливають на його надійність?</p> <p>2. Які типові дефекти та несправності обладнання можуть призвести до аварій?</p> <p>3. Які методи профілактичного обслуговування застосовуються для забезпечення безпечної роботи?</p> <p>4. Як визначаються критичні вузли систем та обладнання?</p> <p>5. Які основні методи неруйнівного контролю використовуються для оцінки стану обладнання?</p> <p>6. Як системи моніторингу та автоматизації підвищують безпеку виробництва?</p> <p>7. Які параметри слід контролювати для своєчасного виявлення відхилень у роботі обладнання?</p> <p>8. Як визначається залишковий ресурс обладнання за допомогою діагностичних систем?</p> <p>9. Які етапи оцінки та управління ризиками на виробництві?</p> <p>10. Які дії персоналу передбачаються у випадку аварійної ситуації?</p> <p>11. Як моделюються аварійні сценарії для навчання персоналу?</p> <p>12. Які заходи дозволяють мінімізувати наслідки аварій та підвищити безпеку?</p>

4.12. Розробка програми курсів підвищення кваліфікації

Розробка програми курсів підвищення кваліфікації викладання теми «Забезпечення надійності та безпеки робіт систем та обладнання на виробництві» представлено в таблиці 4.9.

Таблиця 4.9

Програма курсів підвищення кваліфікації

№ з/п	Назва заняття	Тривалість (год.)	Цілі заняття	Тип заняття	Методи та засоби навчання
1	Основи надійності виробничих систем	4	Ознайомлення з поняттями надійності, видами обладнання та основними показниками технічного стану	Лекція	Презентація, пояснювальна лекція, демонстрація схем та інфографіки
2	Нормативно-правові вимоги щодо безпечної експлуатації	4	Засвоєння основних правил охорони праці, стандартів та регламентів	Лекція/семінар	Аналіз нормативних документів, групова дискусія, розбір прикладів
3	Критичні вузли та контрольні точки обладнання	6	Виявлення вузлів підвищеного ризику та оцінка їхнього стану	Практичне заняття	Робота з макетами, схемами, практичний аналіз вузлів обладнання
4	Методи діагностики та неруйнівного контролю	6	Освоєння основних методів оцінки технічного стану	Лабораторна робота	Практичне відпрацювання ультразвукового, вібраційного та термографічного контролю, використання цифрових приладів
5	Управління ризиками та аварійними ситуаціями	6	Формування навичок оцінки ризиків та дій при аваріях	Тренінг/симуляція	Моделювання аварійних сценаріїв, робота на тренажерах, кейс-методи

Продовження табл. 4.9

1	2	3	4	5	6
6	Документування та складання технічних звітів	4	Навчитися правильно оформляти результати контролю та діагностики	Практикум	Складання технічних звітів, експертних висновків, аналіз прикладів документації
7	Інтегрована практика з оцінки надійності та безпеки	8	Закріплення всіх навичок та інтеграція знань у практичну діяльність	Комплексне практичне заняття	Робота з реальними або змодельованими виробничими ситуаціями, розробка заходів підвищення безпеки, презентація результатів

Загальна тривалість курсу: 38 годин

4.13. Розробка сценарію заняття «Методи діагностики та неруйнівного контролю»

Особливості організації навчання

- Використання змішаного формату: лекції, семінари, лабораторні роботи, тренінги, моделювання аварійних ситуацій.
- Акцент на практикоорієнтоване навчання: робота з реальними або тренажерними системами, цифровими інструментами контролю та діагностики.
- Інтеграція знань із технічної експлуатації, охорони праці та управління ризиками.
- Формування компетентностей, необхідних для прийняття експертних рішень щодо безпечної роботи систем та обладнання на виробництві.

Таблиця 4.10

Сценарій заняття

№ з/п	Структурні елементи заняття	Зміст структурних елементів
1	2	3
1	Організаційна частина (5 хвилин)	Привітання учасників, перевірка присутності та готовності до занять. Коротке ознайомлення з планом заняття та його цілями. Встановлення правил безпечної роботи в лабораторії або з обладнанням.
2	Вступна частина (10 хвилин)	Мотивація слухачів: значення методів діагностики та неруйнівного контролю для забезпечення надійності виробничих систем. Обговорення прикладів аварій через недооцінку стану обладнання. Визначення очікуваних результатів заняття.
3	Теоретична частина (30 хвилин)	Ознайомлення з основними методами неруйнівного контролю: візуальний, ультразвуковий, вібраційний, термографічний та комбінований. Пояснення принципів їх роботи, можливостей та обмежень. Розгляд нормативних вимог та критеріїв оцінки стану обладнання. Демонстрація прикладів реальних діагностичних даних.
4	Практична частина (45 хвилин)	Робота з лабораторним або тренажерним обладнанням: проведення візуального огляду та

1	2	3
		неруйнівного контролю конкретних вузлів. Зняття та аналіз показників, визначення дефектів і відхилень від нормативних параметрів. Обговорення результатів у групах, складання коротких висновків щодо безпеки роботи обладнання.
5	Заклучна частина (10 хвилин)	Підведення підсумків заняття, повторення ключових принципів та методів контролю. Відповіді на питання слухачів. Обговорення рекомендацій щодо практичного застосування знань на робочому місці. Завдання для самостійного опрацювання: підготовка короткого звіту за результатами практичної роботи.

Висновки до розділу 4

Розроблений дидактичний проєкт ґрунтується на інтеграції теоретичних знань та практичних навичок, включаючи роботу з цифровими системами моніторингу, неруйнівний контроль, оцінку ризиків та моделювання аварійних ситуацій. Такий підхід забезпечує формування комплексних компетентностей, необхідних для прийняття обґрунтованих рішень щодо безпечної експлуатації обладнання.

Програма включає лекційні, практичні та лабораторні модулі, кейс-методи та тренінги, що дозволяє поетапно засвоювати матеріал від запам'ятовування та розуміння принципів роботи обладнання до застосування знань у нестандартних та аварійних ситуаціях. Це сприяє підвищенню рівня підготовки інженерно-технічного персоналу та зміцненню культури безпеки на підприємстві.

Дидактичні матеріали проєкту охоплюють сучасні технічні засоби навчання: тренажери, макети обладнання, цифрові симулятори та лабораторне обладнання для неруйнівного контролю. Використання таких інструментів підвищує ефективність засвоєння матеріалу і сприяє розвитку

практичних навичок, необхідних для роботи в умовах реального виробництва.

Впровадження проекту у програми підвищення кваліфікації персоналу резервуарного парку дозволяє:

- знизити ризики аварій та технічних відмов;
- підвищити точність оцінки стану обладнання;
- оптимізувати планування профілактичних робіт і ремонтних кампаній;
- формувати у персоналу відповідальність за безпечну експлуатацію систем і обладнання.

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі було проведено дослідження професійної підготовки кадрового складу резервуарного парку до забезпечення надійності та безпеки робіт систем та обладнання на виробництві».

У першому розділі магістерської роботи проаналізовано та обґрунтовано актуальність професійної підготовки кадрового складу резервуарного парку для забезпечення надійності та безпеки функціонування технологічних систем і обладнання на виробництві. Показано, що належний рівень кваліфікації персоналу є стратегічно важливим чинником стабільності та ефективності виробничих процесів. Доведено, що системний, інтегрований і практикоорієнтований підхід до навчання сприяє формуванню висококваліфікованих фахівців, здатних забезпечувати безаварійну експлуатацію резервуарного обладнання, підтримувати оптимальні режими роботи та підвищувати загальну ефективність технологічних операцій.

У другому розділі здійснено всебічний комплексний аналіз резервуарного парку та сформовано технологічно-розрахункові рішення, спрямовані на забезпечення його надійної та безпечної експлуатації. Узагальнення отриманих результатів дає підстави стверджувати, що розділ ґрунтовно розкриває технічний стан резервуарного господарства, окреслює пріоритетні напрями підвищення його надійності й безпеки, а також містить сучасні технологічні підходи та розрахункові обґрунтування, необхідні для ефективної, стабільної та екологічно безпечної роботи нафтотранспортної інфраструктури.

У третьому розділі обґрунтовано комплексні вимоги до кадрового забезпечення персоналу резервуарного парку, що включають професійні, кваліфікаційні, психофізіологічні та організаційні аспекти. З огляду на високу небезпеку об'єктів зберігання та транспортування нафти, належний рівень підготовки персоналу є ключовим чинником безаварійної роботи системи.

Виконання цих положень забезпечує зменшення ризиків аварій, підвищення надійності роботи резервуарного парку та створює передумови для впровадження сучасних технологій зберігання і транспортування нафти

У четвертому розділі представлено розробку дидактичного проєкту викладання теми «Забезпечення надійності та безпеки робіт систем та обладнання на виробництві», що вивчається у процесі підвищення кваліфікації кадрового складу резервуарного парку.

Впровадження проєкту у програми підвищення кваліфікації персоналу резервуарного парку дозволяє:

- знизити ризики аварій та технічних відмов;
- підвищити точність оцінки стану обладнання;
- оптимізувати планування профілактичних робіт і ремонтних кампаній;

формує у персоналу відповідальність за безпечну експлуатацію систем і обладнання

Узагальнюючи результати виконаного дослідження, можна стверджувати, що магістерська робота комплексно розкриває взаємозв'язок між професійною підготовкою персоналу, технічним станом резервуарного парку та рівнем промислової безпеки, а також пропонує практичні рішення для підвищення ефективності та надійності виробничих процесів.

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., Стрельников В.Ю., Стрельников 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. Стрельников, М. В. Стрельников. – 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/>