

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)



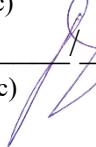
## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

магістра

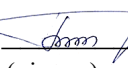
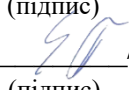
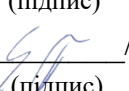
на тему

«Професійна підготовка працівників експлуатаційної служби до  
забезпечення міцності ущільнювальної манжети пристрою перекриття  
трубопроводів під тиском при різних режимах експлуатації»  
(тема кваліфікаційної роботи)

Виконав: студент 2 курсу, групи ЗПОНС24мг  
спеціальності: 015 Професійна освіта (Видобуток,  
переробка та транспортування корисних копалин)  
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

 / Степан РЕВІН  
(підпис) (ім'я та прізвище)  
Керівник  / Олена ПРОКОПЕНКО  
(підпис) (ім'я та прізвище)  
Рецензент  / Олександр АЛЕКСАНДРОВ  
(підпис) (ім'я та прізвище)

«До захисту допущено»

Завідувач 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




6. Консультант:

Розділ	Консультант	Підпис, дата		Оцінка (бали)
		Завдання видав	Завдання прийняв	
1, 4	К.пед.н., доц. Калініченко Т.В.			

7. Дата видачі завдання «06» жовтня 2025 р.

Керівник роботи

 Олена ПРОКОПЕНКО  
(підпис) (ім'я, прізвище)

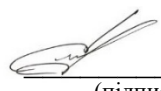
Завдання прийняв до виконання

 Степан РЕВІН  
(підпис) (ім'я, прізвище)

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

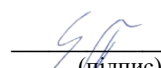
№ з/п	Назва етапів роботи та питань, які мають бути розроблені відповідно до завдання	Термін виконання	Позначки керівника про виконання завдань
1	Аналітичний огляд літератури	06.10.2025 – 15.10.2025	вик.
2	Актуальність професійної підготовки працівників експлуатаційної служби до забезпечення міцності ущільнювальної манжети пристрою перекриття трубопроводів під тиском при різних режимах експлуатації	16.10.2025 – 25.10.2025	вик.
3	Забезпечення міцності ущільнювальної манжети пристрою перекриття трубопроводів під тиском при різних режимах експлуатації	26.10.2025 – 10.11.2025	вик.
4	Вимоги до кадрового забезпечення експлуатаційної служби	11.11.2025 – 14.11.2025	вик.
5	Розробка дидактичного проєкту.	15.11.2025 – 05.12.2025	вик.
6	Оформлення пояснювальної записки та презентації	До 15.12.2025	вик.

Здобувач вищої освіти

  
(підпис)

Степан РЕВІН  
(ім'я, прізвище)

Нормоконтроль

  
(підпис)

Євген КЛЮЧКА  
(ім'я, прізвище)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка дипломної роботи складає: 97 сторінок, 24 рисунки, 16 таблиць, 28 переліків посилань.

Ключові слова: професійна підготовка, експлуатаційна служба, обслуговування обладнання перекриття, трубопровід під тиском

Об'єкт дослідження – процес професійної підготовки працівників експлуатаційної служби, які виконують роботи з обслуговування та використання пристроїв перекриття трубопроводів під тиском.

Предмет дослідження – професійна підготовка працівників експлуатаційної служби до забезпечення міцності та надійної роботи ущільнювальної манжети пристрою перекриття трубопроводів під тиском у різних режимах експлуатації.

Мета дослідження – теоретично обґрунтувати та розробити методичні вказівки до проведення семінару на тему «Проведення капітального ремонту споруд для зберігання нафтопродуктів».

В роботі виявлено особливості професійної діяльності працівників експлуатаційної служби, пов'язаної з використанням пристроїв перекриття трубопроводів під тиском; обґрунтовано зміст, структуру та методи професійної підготовки персоналу для забезпечення безпечної експлуатації манжети в різних режимах роботи; розроблено систему професійної підготовки працівників експлуатаційної служби щодо забезпечення міцності ущільнювальної манжети; розроблено програму, методичне забезпечення та форми підвищення кваліфікації працівників експлуатаційної служби щодо забезпечення міцності ущільнювальної манжети.

## ABSTRACT

An explaining message consists of: 97 pages, 24 pictures, 16 tables, 28 lists of references.

Keywords: professional training, operational service, maintenance of shut-off equipment, pipeline under pressure

The object of the study is the process of professional training of operational service workers who perform maintenance and use of pressure pipeline shut-off devices.

The subject of the study is professional training of operational service workers to ensure the strength and reliable operation of the sealing collar of the pressure pipeline shut-off device in various operating modes.

The purpose of the study is to theoretically substantiate and develop methodological guidelines for holding a seminar on the topic "Conducting major repairs of oil storage facilities".

The work reveals the features of the professional activity of operational service workers associated with the use of pressure pipeline shut-off devices; the content, structure and methods of professional training of personnel to ensure the safe operation of the collar in various operating modes are substantiated; a system of professional training of operational service workers to ensure the strength of the sealing collar is developed; A program, methodological support, and forms of advanced training for operational service employees have been developed to ensure the strength of the sealing collar.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	8	
РОЗДІЛ 1 .....	13	
<b>АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ ПРАЦІВНИКІВ          ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ СЛУЖБИ ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІЦНОСТІ          УЩІЛЬНЮВАЛЬНОЇ МАНЖЕТИ ПРИСТРОЮ ПЕРЕКРИТТЯ          ТРУБОПРОВІДІВ ПІД ТИСКОМ ПРИ РІЗНИХ РЕЖИМАХ          ЕКСПЛУАТАЦІЇ.....</b>		13
1.1 Вимоги до професійної підготовки працівників експлуатаційної служби в умовах сучасних технологічних процесів .....	13	
1.3 Педагогічні підходи до підвищення ефективності професійної підготовки технічного персоналу .....	20	
Висновки до розділу 1 .....	24	
РОЗДІЛ 2 .....	25	
<b>ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІЦНОСТІ УЩІЛЬНЮВАЛЬНОЇ МАНЖЕТИ          ПРИСТРОЮ ПЕРЕКРИТТЯ ТРУБОПРОВІДІВ ПІД ТИСКОМ ПРИ          РІЗНИХ РЕЖИМАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ.....</b>		25
2.1 Механізми для перекриття трубопроводів .....	25	
2.1.1 Устаткування для виконання врізок та перекриття перерізу трубопроводів під тиском від компанії Ravetti. ....	30	
2.1.2 Обладнання та матеріали, необхідні для врізання та перекриття за технологією T.D. Williamson.....	33	
2.3 Система STOPPLE Train.....	38	
2.4 Технологія врізання та перекриття трубопроводів за допомогою стоп- систем STOPPLE .....	39	
2.5 Показники надійності елементів .....	42	
2.6 «Критичний» елемент системи.....	43	
2.7 Манжети .....	44	
2.7.1 Характеристика NBR .....	45	

2.7.2 Фторкаучуки .....	49
2.7.3 Неопрен .....	50
2. 8 Побудова моделі та розрахункова оцінка режимів експлуатації .....	51
2.8.1 Метод кінцевих елементів.....	51
2.8.2 Побудова моделі.....	53
2.9 Розрахункова оцінка матеріалів.....	56
2.10 Аналіз результатів моделювання.....	58
Висновки до розділу 2 .....	64
РОЗДІЛ 3 .....	66
ВИМОГИ ДО КАДРОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ СЛУЖБИ.....	66
Висновки до розділу 3 .....	67
РОЗДІЛ 4 .....	68
РОЗРОБКА ДИДАКТИЧНОГО ПРОЄКТУ ВИКЛАДАННЯ ТЕМИ «ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІЦНОСТІ УЩІЛЬНЮВАЛЬНОЇ МАНЖЕТИ ПРИСТРОЮ ПЕРЕКРИТТЯ ТРУБОПРОВІДІВ ПІД ТИСКОМ ПРИ РІЗНИХ РЕЖИМАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ», ЩО ВИВЧАЄТЬСЯ У ПРОЦЕСІ ПІДВИЩЕННЯ КВАЛІФІКАЦІЇ ПРАЦІВНИКІВ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ СЛУЖБИ.....	68
4.1 Вихідні дані.....	68
4.2 Види та зміст професійної діяльності фахівця.....	70
4.3 Кваліфікаційні вимоги до працівників експлуатаційної служби .....	72
4.4 Постановка цілей вивчення навчальної теми.....	73
4.5 Перелік літературних джерел з теми.....	74
4.6 Конструювання дидактичних матеріалів з теми «Забезпечення міцності ущільнювальної манжети пристрою перекриття трубопроводів під тиском при різних режимах експлуатації» .....	74
4.7 Аналіз базових умов навчання з теми «Забезпечення міцності ущільнювальної манжети пристрою перекриття трубопроводів під тиском при різних режимах експлуатації» .....	77

4.8	Проектування мотиваційних технологій .....	81
4.9	Проектування технології формування орієнтовної основи діяльності ...	82
4.10	Проектування технології формування виконавчих дій при вивченні теми.....	83
4.11	Проектування контрольних дій з теми.....	86
4.12	Розробка програми курсів підвищення кваліфікації .....	88
4.13	Розробка сценарію заняття «Моделювання режимів експлуатації та вплив на герметичність».....	91
	Висновки до розділу 4 .....	92
	ВИСНОВКИ.....	94
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	95

## ВСТУП

Сучасні трубопровідні системи є ключовою складовою інфраструктури промисловості, енергетики, життєзабезпечення населення та транспортування рідких і газоподібних продуктів. Значна частина комунікацій працює у режимах підвищених навантажень, високих тисків та агресивних фізико-хімічних умов, що висуває особливі вимоги до обладнання та персоналу, який забезпечує його безпечну й ефективну експлуатацію. Одним із найбільш відповідальних технологічних процесів є перекриття трубопроводів під тиском — операція, що виконується без зупинки технологічного циклу й потребує високої технічної точності, дотримання технологічних регламентів та здатності персоналу працювати у потенційно небезпечних умовах.

У цьому процесі вирішальну роль відіграє справність та міцність ущільнювальної манжети пристрою перекриття трубопроводів, оскільки саме вона забезпечує герметизацію, утримання робочого середовища і запобігання техногенним аваріям. Манжета піддається дії складного комплексу навантажень: внутрішнього тиску, температурних коливань, тертя, механічних деформацій, впливу середовища та циклічних режимів роботи. Втрата її міцності, навіть часткова, може призвести до витоків, аварійних зупинок, пошкодження обладнання, небезпечних для персоналу ситуацій та суттєвих економічних збитків. Тому питання забезпечення надійності та міцності ущільнювальних елементів є не лише інженерним завданням, а й проблемою організації якісної підготовки персоналу.

Важливо усвідомлювати, що більшість відмов обладнання, пов'язаних із руйнуванням чи зношенням манжет, є наслідком людського фактора: неправильного встановлення манжети, відхилення від технологічних вимог, некоректної оцінки режимів експлуатації, недостатнього контролю технічного стану або помилок у діях під час зміни тиску та температури. Це свідчить про потребу у системній, компетентісно орієнтованій професійній підготовці працівників експлуатаційної служби, що поєднує технічні знання, практичні

навички, відповідальність за техногенну безпеку та здатність діяти у нестандартних умовах.

Актуальність теми посилюється також тим, що технології перекриття трубопроводів під тиском постійно вдосконалюються. На ринку з'являються нові конструкційні матеріали для манжет, інноваційні пристрої, сучасні інструменти контролю та діагностики. У зв'язку з цим професійна підготовка працівників експлуатаційної служби повинна відповідати сучасним технічним стандартам та враховувати зміни в нормативно-технічному забезпеченні, що регламентує безпечну роботу таких пристроїв. Без оновлення знань і навичок персоналу впровадження прогресивних технологій стає неефективним або навіть небезпечним.

Водночас реальний стан підготовки фахівців у багатьох підприємствах залишається недостатнім. Працівники часто опановують необхідні знання без системного педагогічного супроводу – через короткі інструктажі або «передавання досвіду» від старших колег. Такий підхід не забезпечує формування стійких компетентностей, особливо коли йдеться про роботи під тиском та елементи, від надійності яких залежить безпека цілого виробництва. Наявна практика свідчить про дефіцит методичного забезпечення, навчальних програм та інструментів для якісної підготовки персоналу саме в аспекті забезпечення міцності ущільнювальних манжет.

Крім того, сучасна система професійної освіти переходить до компетентнісної моделі, у межах якої увага зосереджена не лише на засвоєнні теоретичних знань, але й на сформованості практичних умінь, здатності аналізувати виробничі ситуації, приймати відповідальні рішення та прогнозувати можливі ризики. Для працівників експлуатаційної служби ці компетентності особливо важливі, оскільки їхня професійна діяльність нерозривно пов'язана з ризиком, що потребує високого рівня технічної грамотності й технологічної культури.

Актуальність дослідження також обумовлена глобальними тенденціями підвищення стандартів промислової безпеки, зниження допустимих рівнів

аварійності, модернізації підготовки технічного персоналу та впровадження елементів STEM- і технічної освіти у програми професійного навчання. У міжнародних практиках значна увага приділяється симуляційним методам підготовки, аналізу помилок, технічному моделюванню напружено-деформованого стану елементів обладнання. В українській системі професійної освіти такі підходи лише частково інтегровані, що робить дослідження з удосконалення професійної підготовки фахівців особливо важливим.

Окремо варто відзначити, що питання безпеки трубопровідного транспорту та експлуатації обладнання під тиском є предметом підвищеної уваги з боку державних контролюючих органів, оскільки аварії на таких об'єктах можуть мати значні екологічні, економічні та соціальні наслідки. У цьому контексті якісна підготовка персоналу стає ключовою умовою гарантування надійності технічних систем, а отже — важливим фактором національної безпеки.

Таким чином, актуальність обраної теми визначається поєднанням низки взаємопов'язаних чинників: високими вимогами до безпеки експлуатації трубопроводів під тиском, необхідністю забезпечення міцності та надійності ущільнювальної манжети, недостатньою розробленістю методичного забезпечення професійної підготовки персоналу, потребою оновлення змісту навчання відповідно до сучасних технічних і нормативних стандартів, а також потребою формування у працівників компетентностей, що забезпечують безаварійну роботу обладнання.

Комплексне вирішення цих питань можливе лише за умови науково обґрунтованого підходу до організації професійної підготовки працівників експлуатаційної служби та розроблення відповідної педагогічної моделі, що робить дане дослідження важливим і своєчасним.

Об'єкт дослідження – процес професійної підготовки працівників експлуатаційної служби, які виконують роботи з обслуговування та використання пристроїв перекриття трубопроводів під тиском.

Предмет дослідження – професійна підготовка працівників експлуатаційної служби до забезпечення міцності та надійної роботи ущільнювальної манжети пристрою перекриття трубопроводів під тиском у різних режимах експлуатації.

Мета дослідження – теоретично обґрунтувати та розробити ефективну систему професійної підготовки працівників експлуатаційної служби, спрямовану на формування компетентностей, необхідних для забезпечення міцності та безпечної експлуатації ущільнювальної манжети пристрою перекриття трубопроводів під тиском у змінних режимах роботи.

Гіпотеза дослідження: Професійна підготовка працівників експлуатаційної служби буде ефективною та сприятиме забезпеченню міцності ущільнювальної манжети пристрою перекриття трубопроводів під тиском, якщо:

- у змісті навчання передбачити вивчення фізичних, механічних та матеріалознавчих основ роботи ущільнювальних елементів, факторів їхнього зношування, впливу тиску, температури та робочого середовища на міцність манжети, а також методів діагностики і прогнозування можливих відмов;

- у навчальному процесі забезпечити міждисциплінарні зв'язки з курсами технічної механіки, опору матеріалів, експлуатації трубопроводів, промислової безпеки, моделювання напружено-деформованого стану та технічної діагностики;

- у процесі підготовки персоналу застосовувати інтерактивні та практикоорієнтовані технології навчання.

Завдання дослідження:

1. Виявити особливості професійної діяльності працівників експлуатаційної служби, пов'язаної з використанням пристроїв перекриття трубопроводів під тиском.

2. Обґрунтувати зміст, структуру та методи професійної підготовки персоналу для забезпечення безпечної експлуатації манжети в різних режимах роботи.

3. Розробити систему професійної підготовки працівників експлуатаційної служби щодо забезпечення міцності ущільнювальної манжети.

4. Розробити програму, методичне забезпечення та форми підвищення кваліфікації працівників експлуатаційної служби щодо забезпечення міцності ущільнювальної манжети.

Методи дослідження: аналіз технічної, нормативної, методичної та педагогічної літератури з питань експлуатації трубопроводів, промислової безпеки та професійної підготовки персоналу; порівняльний аналіз існуючих програм професійної підготовки; ситуацій з метою визначення вимог до компетентностей персоналу; педагогічне проектування й розроблення дидактичної моделі підготовки.

Наукова новизна дослідження полягає в тому, що: уперше комплексно обґрунтовано зміст професійної підготовки працівників експлуатаційної служби, зорієнтованої на забезпечення міцності ущільнювальної манжети під час роботи пристрою перекриття трубопроводів під тиском; запропоновано дидактичну модель підготовки працівників, яка поєднує технічну та педагогічну складові, інтерактивні методи навчання та практичні тренування;

Практична значущість дослідження полягає в тому, що: розроблені рекомендації можуть бути впроваджені у систему підвищення кваліфікації працівників експлуатаційних служб підприємств трубопровідного транспорту.

Магістерська кваліфікаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел.

## РОЗДІЛ 1

# АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ ПРАЦІВНИКІВ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ СЛУЖБИ ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІЦНОСТІ УЩІЛЬНЮВАЛЬНОЇ МАНЖЕТИ ПРИСТРОЮ ПЕРЕКРИТТЯ ТРУБОПРОВІДІВ ПІД ТИСКОМ ПРИ РІЗНИХ РЕЖИМАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

### 1.1 Вимоги до професійної підготовки працівників експлуатаційної служби в умовах сучасних технологічних процесів

Сучасні трубопровідні системи функціонують у режимах підвищених навантажень, що зумовлено зростанням обсягів транспортування вуглеводнів, підвищенням робочих тисків, використанням складного ремонтного обладнання та необхідністю здійснювати технологічні операції без зупинки виробництва. Однією з таких операцій є перекриття трубопроводів під тиском із застосуванням спеціальних пристроїв, у конструкції яких ключову роль відіграє ущільнювальна манжета. Міцність, надійність та довговічність цієї манжети залежать не лише від характеристик матеріалу чи технічного стану обладнання, а значною мірою — від рівня професійної підготовки персоналу, який відповідає за монтаж, обслуговування і використання пристрою.

У цих умовах підвищуються вимоги до компетентності працівників експлуатаційної служби, оскільки будь-яка технологічна похибка в роботі з обладнанням під тиском може призвести до виникнення аварійних ситуацій, порушення герметичності та масштабних техногенних наслідків. Саме тому професійна підготовка персоналу має бути системною, орієнтованою на розвиток спеціальних технічних умінь, аналітичного мислення, здатності працювати в умовах ризику та приймати оперативні рішення.

Діяльність персоналу експлуатаційної служби, залученого до роботи з пристроями перекриття трубопроводів під тиском, характеризується

комплексністю, високою відповідальністю та необхідністю точного дотримання регламентів. На відміну від багатьох інших технологічних операцій, робота з обладнанням під тиском передбачає виконання процедур на діючих ділянках трубопроводів без можливості повної їх депресуризації. Це вимагає від фахівця здатності орієнтуватися на кількох рівнях одночасно: контролювати технічні параметри процесу, оцінювати стан обладнання, аналізувати ризики та прогнозувати можливі відхилення.

До ключових особливостей професійної діяльності належать:

1. Висока концентрація уваги та точність виконання операцій. Працівник повинен забезпечувати коректність кожного етапу монтажу і введення пристрою в дію, оскільки навіть незначне відхилення від технологічної схеми може призвести до деформації манжети, нерівномірного тиску або часткової втрати герметичності.

2. Орієнтація на роботу в умовах підвищеного ризику. Пристрої перекриття під тиском застосовуються у ситуаціях, де відсутня можливість повного припинення транспортування продукту. Працівник повинен бути психологічно готовий до роботи в екстремальних умовах, зберігати самоконтроль і точність дій.

3. Вміння працювати з інструментами точного технічного контролю. Обслуговування манжети вимагає використання вимірювальних пристроїв, знання принципів дії манометрів, датчиків тиску, систем контролю навантажень та параметрів ущільнення.

4. Оцінювання стану обладнання в реальному часі. Працівник повинен миттєво реагувати на зміни тиску, виявляти ознаки перевантаження, дисбалансу чи передчасного зношування манжети.

5. Робота в команді та дотримання технологічної дисципліни. Експлуатаційні роботи виконуються групою фахівців, які повинні діяти злагоджено та відповідно до інструкцій. Непогоджені дії навіть одного працівника становлять небезпеку для всього технологічного процесу.

Таким чином, діяльність персоналу має виражений професійно-технічний характер, але водночас передбачає розвиток широкого спектра аналітичних та психологічних навичок, що висуває підвищені вимоги до побудови системи професійної підготовки.

Якісна підготовка працівників експлуатаційної служби має ґрунтуватися на компетентнісному підході, який передбачає формування цілісної системи знань, умінь, навичок і практичного досвіду. У контексті роботи з ущільнювальною манжетою у пристроях перекриття під тиском особливо значущими є такі групи компетентностей:

### 1. Технічні компетентності.

До них належать: знання конструкції пристроїв перекриття трубопроводів; принципи роботи та властивості матеріалів ущільнювальних манжет; розуміння закономірностей розподілу тиску в трубопровідних системах; уміння проводити монтаж і демонтаж приладів згідно з регламентами; здатність аналізувати технічний стан обладнання та визначати причини можливих дефектів.

Технічні компетентності забезпечують здатність працівника орієнтуватися у складній технологічній системі та виконувати операції в суворій відповідності до технологічної документації.

### 2. Аналітичні компетентності.

У процесі роботи з обладнанням під тиском працівник має вміти: оцінювати вихідні параметри перед початком операцій; прогнозувати можливі відхилення при різних режимах роботи; приймати рішення щодо коригувальних дій; аналізувати технологічні ризики та обґрунтовувати вибір методів їх усунення.

Аналітичне мислення дозволяє своєчасно виявляти загрози та запобігати аваріям, пов'язаним із пошкодженням манжети.

### 3. Операційні компетентності.

Операційність дій має першочергове значення, оскільки робота з ущільнювальними манжетами вимагає: відпрацьованих практичних навичок роботи у вузьких просторах та під тиском часу; точності вимірювань і контролю; вміння переносити алгоритми навчання

на реальні виробничі ситуації; здатності швидко орієнтуватися в умовах зміни параметрів середовища.

4. Безпекові компетентності. Безпека технологічного процесу є ключовим критерієм успішної роботи персоналу. Тому працівник має володіти: знаннями норм техногенної та промислової безпеки; умінням діяти за аварійними сценаріями; навичками оцінки небезпечних ситуацій у режимі реального часу; навичками взаємодії з аварійними службами та засобами індивідуального захисту.

Усі перелічені компетентності в комплексі формують готовність працівника до безпечної експлуатації пристрою перекриття під тиском, забезпечують ефективність технологічних операцій та знижують ризик пошкодження манжети.

Професійна підготовка працівників експлуатаційної служби повинна бути організована відповідно до чинної нормативної бази, яка визначає вимоги до безпечної експлуатації обладнання під тиском та встановлює обов'язки роботодавців щодо підготовки персоналу. Нормативно-технічні документи регламентують режими роботи обладнання, порядок проведення ремонту й технічного обслуговування, процедури контролю якості, а також критерії оцінювання професійної готовності працівників.

До основних складових нормативної бази належать:

1. Закони та державні стандарти у сфері промислової безпеки. Вони визначають загальні вимоги до експлуатації небезпечних об'єктів, правила організації виробничих процесів і порядок атестації персоналу.

2. Правила технічної експлуатації трубопровідних систем. У них закріплено вимоги щодо роботи з обладнанням під тиском, включно з умовами використання пристроїв перекриття та ущільнювальних елементів.

3. Галузеві регламенти та технологічні інструкції. Ці документи містять опис конструкцій обладнання, технологію його застосування та критерії якості виконання робіт.

4. Стандартизовані програми підготовки персоналу. Передбачають обов'язкові курси, навчально-практичні модулі, тренінги з безпеки, а також процедури тестування та сертифікації працівників.

5. Міжнародні норми та рекомендації. У нафтогазовій сфері часто застосовуються практики міжнародних організацій, що підвищує вимоги до якості підготовки та створює умови для імплементації сучасних методик навчання.

Нормативно-технічна база встановлює не лише вимоги до змісту підготовки, а й до її періодичності, обсягів практичних навчань, вимог до тренажерів, засобів індивідуального захисту та компетентності викладачів.

## **1.2. Зарубіжний і вітчизняний досвід підготовки фахівців для роботи з високотехнічним обладнанням під тиском**

Ефективність роботи персоналу у сфері високотехнологічного обладнання під тиском залежить не лише від рівня технічної оснащеності підприємства, але й від якості професійної підготовки фахівців. Сучасні технологічні процеси, що передбачають роботу з небезпечними середовищами та високим тиском, вимагають від операторів високого рівня компетентності, сформованих практичних умінь і стійкої психологічної готовності до дій у критичних ситуаціях. Досвід зарубіжних і вітчизняних систем підготовки персоналу в різних галузях промисловості дозволяє виділити найбільш ефективні методики та підходи, які можуть бути адаптовані до умов українських підприємств.

У зарубіжній практиці підготовка персоналу для роботи з високотехнічним обладнанням під тиском реалізується у контексті комплексного підходу, що поєднує теоретичне навчання, практичні тренінги та симуляційне моделювання аварійних ситуацій.

Наприклад, у Німеччині та Франції підготовка операторів високотехнологічного обладнання у газотранспортній та енергетичній галузях включає:

Симуляційне навчання – моделювання аварійних ситуацій, відпрацювання алгоритмів реагування на зміни тиску та витоку середовища;

Компетентнісний підхід – розвиток системи знань, умінь і навичок, що дозволяє оператору приймати обґрунтовані рішення у нестандартних ситуаціях;

Інтерактивні методи навчання – використання віртуальних тренажерів, кейсів із реальних аварійних подій, колективних дискусій, аналізу помилок;

Періодична атестація та сертифікація – регулярна перевірка знань і навичок, що забезпечує підтримку високого професійного рівня.

У Сполучених Штатах та Канаді професійна підготовка операторів обладнання під тиском відбувається за модульною системою. Кожен модуль охоплює окремий аспект діяльності: технічне обслуговування, контроль тиску, аварійні ситуації, безпеку робіт під тиском. Такі програми передбачають поетапне нарощування компетентностей від базового рівня до рівня експерта, що дозволяє поступово адаптувати фахівців до складних виробничих умов.

У хімічній промисловості Нідерландів і Бельгії впроваджено систему навчання «High-Risk Operator Training», яка передбачає інтеграцію психофізіологічних тестів, симуляційних вправ і практичних занять у контрольованих умовах. Це дозволяє мінімізувати людський фактор та запобігти аварійним ситуаціям, зокрема пов'язаним із виходом із ладу ущільнювальних систем обладнання під тиском.

У газотранспортній сфері та енергетиці оператори високого ризику виконують роботи в умовах підвищеної небезпеки, коли від їхніх дій залежить герметичність трубопроводів та безпека технологічного процесу. У Німеччині та Австрії для таких операторів розроблені спеціальні програми підвищення кваліфікації, що включають:

1. Теоретичну підготовку – вивчення конструкції обладнання, фізико-хімічних властивостей транспортуваного середовища, законів збереження тиску, принципів роботи ущільнювальних манжет.

2. Практичні тренінги – відпрацювання монтажу, контролю і демонтажу пристроїв перекриття трубопроводів, робота з вимірювальними приладами та датчиками тиску.

3. Симуляційні навчання – моделювання аварійних ситуацій, перевірка реакцій на несподівані зміни параметрів, формування навичок швидкого прийняття рішень.

4. Оцінка компетентності та сертифікація – щорічне тестування знань та практичних умінь, яке є обов'язковим для продовження роботи з високотехнологічним обладнанням.

У хімічній промисловості США та Німеччини особлива увага приділяється інтеграції безпекових компетентностей. Працівники проходять навчання з охорони праці, реагування на хімічні витoki, оцінки ризиків та виконання робіт у захисному спорядженні. Паралельно вони набувають технічних компетентностей, що дозволяють контролювати тиск, стан ущільнень та працездатність механічних вузлів.

Вітчизняна практика, на жаль, у багатьох випадках відстає від зарубіжної, особливо у застосуванні симуляційного навчання та комплексної оцінки компетентностей. Проте на провідних українських підприємствах, таких як магістральні газопроводи, енергетичні об'єкти і хімічні заводи, починають впроваджувати модульні програми навчання та інтерактивні тренінги, що включають практичні вправи на тренажерах і аналіз аварійних кейсів. Це створює базу для формування висококваліфікованих фахівців, здатних діяти у критичних ситуаціях.

Аналіз зарубіжного та вітчизняного досвіду дозволяє виділити низку ключових тенденцій та підходів, що можуть бути адаптовані для українських підприємств:

1. Комплексний підхід до підготовки – поєднання теорії, практики та симуляційних методів навчання. У вітчизняній системі акцент зазвичай

робиться на теоретичній підготовці; інтеграція практичних тренувань може значно підвищити ефективність навчання.

2. Модульна структура навчання – послідовне формування компетентностей від базових до експертних. Цей підхід дозволяє адаптувати навчальні програми під конкретні виробничі умови та рівень підготовки працівників.

3. Періодична атестація та сертифікація – контроль знань та навичок через регулярні тестування та практичні перевірки, що є стандартом у зарубіжних програмах високого рівня ризику.

4. Симуляційне навчання та тренажери – використання віртуальних або фізичних моделей для відпрацювання аварійних ситуацій. Вітчизняні підприємства можуть адаптувати цей метод, використовуючи доступні тренажери або інтегроване комп'ютерне моделювання.

5. Компетентнісний підхід – орієнтація навчання не лише на знання, але й на формування практичних умінь, аналітичного мислення та безпекових навичок. Адаптація цього підходу дозволяє українським працівникам ефективніше діяти у критичних умовах.

Таким чином, поєднання зарубіжного досвіду і кращих практик української системи підготовки персоналу створює основу для формування ефективної моделі навчання операторів високотехнологічного обладнання під тиском, орієнтованої на підвищення безпеки, надійності та професійної компетентності працівників.

### **1.3 Педагогічні підходи до підвищення ефективності професійної підготовки технічного персоналу**

Сучасні технологічні процеси, особливо ті, що пов'язані з роботою обладнання під тиском, висувають підвищені вимоги до професійної підготовки технічного персоналу. Працівники експлуатаційної служби повинні володіти не лише теоретичними знаннями про конструкцію і принцип

роботи пристроїв перекриття трубопроводів та ущільнювальних манжет, але й практичними навичками управління ризиками, контролю параметрів тиску, оцінки стану обладнання та прийняття швидких рішень у критичних ситуаціях. Забезпечити формування таких компетентностей можливо лише за умов використання ефективних педагогічних підходів, що поєднують знання, практику і психологічну готовність до дій у виробничому середовищі.

Компетентнісний підхід у професійній підготовці персоналу передбачає, що навчання спрямоване не тільки на засвоєння теоретичних знань, а й на розвиток практичних умінь, аналітичного мислення, здатності оцінювати ризики та приймати обґрунтовані рішення у виробничому середовищі. Основною метою компетентнісного підходу є формування цілісної системи професійної компетентності, яка включає:

1. Знання – розуміння принципів роботи обладнання, фізичних і хімічних процесів, що відбуваються під тиском, технологічних регламентів та вимог безпеки.

2. Уміння – здатність застосовувати отримані знання у реальних виробничих ситуаціях, контролювати стан манжет, реагувати на зміни параметрів тиску та температури, виконувати монтаж і демонтаж пристроїв перекриття.

3. Навички – відпрацьовані дії, що забезпечують точність виконання технологічних операцій, безпеку робіт та надійність обладнання.

4. Ставлення та мотивація – відповідальне ставлення до виконання операцій, усвідомлення важливості безпеки та якісного виконання робіт, готовність до самовдосконалення.

Компетентнісний підхід дозволяє інтегрувати різні види навчання – теоретичне, практичне та симуляційне, що забезпечує комплексний розвиток професійних умінь та гарантує, що працівник зможе ефективно діяти навіть у нестандартних та аварійних ситуаціях. У контексті роботи з пристроями перекриття трубопроводів під тиском компетентнісний підхід сприяє формуванню таких здатностей, як точність у виконанні операцій, оцінка стану

обладнання в реальному часі та прогнозування можливих відмов ущільнювальної манжети.

Модульно-практичний підхід передбачає поділ навчальної програми на окремі тематичні блоки або модулі, кожен з яких охоплює конкретний аспект професійної діяльності. Така структура дозволяє поступово формувати компетентності та ефективно інтегрувати практичне навчання з теоретичними знаннями.

Ключові переваги модульно-практичного підходу полягають у наступному:

1. Поетапне формування навичок – кожен модуль присвячений конкретному аспекту діяльності: конструкції обладнання, контролю параметрів тиску, монтажу манжет, оцінці стану системи. Це дозволяє студентам послідовно нарощувати складність знань і умінь.

2. Практична спрямованість – навчання включає відпрацювання технологічних операцій на тренажерах або у контрольованих виробничих умовах, що забезпечує перенесення навичок у реальну професійну діяльність.

3. Можливість диференціації навчання – програми можуть адаптуватися під рівень підготовки кожного працівника, враховувати специфіку обладнання та реальні виробничі умови.

4. Контроль та оцінка компетентностей – кожен модуль передбачає перевірку засвоєних знань та практичних умінь, що дозволяє своєчасно виявляти недоліки та коригувати навчальний процес.

Модульно-практичний підхід особливо ефективний у підготовці працівників експлуатаційної служби, оскільки дозволяє максимально наблизити навчальні завдання до реальних виробничих ситуацій, де необхідна точність та швидкість виконання операцій.

Сучасні підходи до підготовки технічного персоналу все частіше включають елементи дуальної освіти, симуляційного навчання та практикоорієнтованих методів, які дозволяють максимально наблизити освітній процес до реальних виробничих умов.

Дуальна система передбачає поєднання навчання у закладі освіти з практичною діяльністю на підприємстві. Такий підхід дозволяє:

- поєднувати теоретичні знання з реальними навичками;
- формувати професійну компетентність через безпосередню роботу з обладнанням;
- навчати працівників виконувати операції у реальних виробничих умовах під наглядом досвідчених наставників.

Дуальна освіта особливо ефективна для роботи з високотехнологічним обладнанням під тиском, оскільки дозволяє фахівцю поступово набувати досвід, знижуючи ризик помилок і аварій.

Симулятори та тренажери дозволяють моделювати аварійні ситуації, контролювати параметри тиску, оцінювати стан ущільнювальних манжет та відпрацьовувати алгоритми реагування без ризику для обладнання чи персоналу. Симуляційне навчання сприяє: розвитку аналітичного мислення та швидкого прийняття рішень; формуванню психологічної стійкості у стресових ситуаціях; відпрацюванню складних операцій, що важко реалізувати на реальному обладнанні.

Практикоорієнтовані методи. Вони включають кейс-стаді, роботу над виробничими сценаріями, аналіз аварійних ситуацій, групові вправи та проєктні завдання. Практикоорієнтоване навчання:

- сприяє інтеграції теоретичних знань і практичних навичок;
- дозволяє оцінити готовність працівника до дій у реальних виробничих умовах;
- підвищує мотивацію та відповідальність за результати своєї роботи.

Використання таких методів у комплексі з модульним підходом і компетентнісною моделлю забезпечує високий рівень підготовки фахівців, здатних безпечно і ефективно працювати з пристроями перекриття трубопроводів під тиском.

## Висновки до розділу 1

Професійна підготовка працівників експлуатаційної служби, що працюють з пристроями перекриття трубопроводів під тиском, має відповідати високим вимогам сучасних технологічних процесів. Складність обладнання, відповідальність операцій, ризики для довкілля і персоналу вимагають розвитку широкого спектра компетентностей — технічних, аналітичних, операційних і безпекових. Нормативно-технічна база визначає стандарти професійної діяльності та забезпечує контроль за якістю підготовки, що робить її важливою складовою формування кваліфікованого персоналу. Таким чином, ефективна підготовка працівників є ключовою умовою забезпечення міцності й надійності ущільнювальної манжети та безпеки всього технологічного процесу.

Ефективна професійна підготовка технічного персоналу у сфері роботи з обладнанням під тиском неможлива без використання сучасних педагогічних підходів. Компетентнісний підхід дозволяє інтегрувати знання, уміння, навички та безпекові компетентності. Модульно-практичний підхід забезпечує послідовне формування професійних навичок та контроль засвоєння матеріалу. Дуальна освіта, симуляційне та практикоорієнтоване навчання сприяють формуванню реальних професійних компетентностей, підвищенню безпеки і надійності виробничих процесів. Використання комплексного педагогічного підходу створює передумови для підготовки висококваліфікованих працівників експлуатаційної служби, здатних забезпечити міцність ущільнювальних манжет пристроїв перекриття трубопроводів у різних режимах роботи.

## РОЗДІЛ 2

### ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІЦНОСТІ УЩІЛЬНЮВАЛЬНОЇ МАНЖЕТИ ПРИСТРОЮ ПЕРЕКРИТТЯ ТРУБОПРОВОДІВ ПІД ТИСКОМ ПРИ РІЗНИХ РЕЖИМАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

#### 2.1 Механізми для перекриття трубопроводів

Ремонтні роботи виконуються на діючих трубопроводах, проводяться з метою усунення дефектів, модернізації, заміни пошкоджених ділянок трубопроводу, заміни арматури та іншого обладнання, встановленого на трубопроводі.

Більшість ремонтних робіт трубопроводу здійснюється заміною дефектної ділянки труби, або заміною сполучних деталей. Для безпечного виконання робіт необхідно зупинити процес перекачування середовища, що транспортується. При використанні традиційних методів ремонту, що вимагають тимчасової зупинки перекачування, в більшості випадків необхідно відключення великої ділянки трубопроводу, тиск в якому має бути знижений, а продукт, що транспортується, відкачаний, тільки в цьому випадку може бути гарантована безпека при проведенні зварювальних робіт.

Однак не завжди можна замінити дефектну ділянку відразу, тому що в зимовий час перекачування в трубопроводі зупиняти в жодному разі не можна, навіть якщо є обвідна лінія. Так як це призведе до замерзання продукції трубопроводу, а стравити такі обсяги продукту просто нікуди чи не завжди є така можливість.

Аварійний ремонт, що виробляється за допомогою накладення латок, притискних елементів, хомутів, заглушок (чопиків), відноситься до екстрених методів, може застосовуватися як тимчасові заходи.

В індустрії трубопровідного транспорту іноді виникає необхідність ізолювати секцію трубопроводу без зупинки перекачування продукту, що поставляється споживачеві, незалежно від того, чи є споживач великим

виробником, або приватним домовласником. Така ж необхідність може виникнути на нафтопереробному або нафтохімічному заводі, де зниження тиску є небажаним.

Технологія врзання та байпасування під тиском відноситься до безупинних методів. Такий підхід забезпечує оперативне ізолювання пошкодженої ділянки труби. При цьому в решті лінійного транспортного каналу зберігаються робочі параметри.

Устаткування для перекриття перерізу трубопроводів STOPPLE, розроблене компанією Т.Д. Вільямсон, призначений для цих цілей.

Механізми для перекриття перерізу трубопроводів STOPPLE, служать як тимчасові засувки, які встановлюються в будь-якому місці трубопроводу. Вони використовуються для ізоляції секції трубопроводу для ремонтних робіт або приєднань нових ліній без зупинки перекачування продукту у трубопроводі [5].

В даний час існують дві, добре зарекомендовані себе технології, що дозволяють виконувати роботи з ремонту, реконструкції, заміни та підключення нових трубопроводів без припинення транспортування продукту: технологія компанії T. D. Williamson (США, Бельгія); технологія Ravetti (Італія). Обидві технології підходять для роботи в обмежених умовах, що дуже зручно при ремонтних роботах в котловані за умови підземної прокладки трубопроводу, а також мають ряд переваг і недоліків.

Ця технологія дозволяє проводити заміну дефектних ділянок трубопроводів, ремонт або встановлення засувок, запірної арматури та інші види реконструкції трубопроводу без припинення постачання продукту та зниження тиску [6]. Технології перекриття, розроблені цими компаніями, підходять для роботи в обмежених умовах, що дуже зручно при ремонтних роботах в котловані за умови підземної прокладки трубопроводу, а також мають ряд відмінних рис.

Технологічні можливості обладнання компанії T.D.Williamson дозволяють виробляти вирізку отвору діаметром від 15 до 1420 мм, перекриття

трубопроводу з діаметром від 15 до 2400 мм, з тиском у трубопроводі до 11,8 МПа [7].

Компанія Ravetti також займається розробкою технологій та відповідного обладнання для виконання врізок та перекриття перерізу трубопроводів під тиском [5]. Технологічні можливості обладнання компанії Ravetti дозволяють проводити вирізку отвору діаметром від 12 до 900 мм, перекриття трубопроводу з діаметром від 15 до 900 мм, з тиском у трубопроводі до 8,0 МПа [10].

Технологія компанії TD Williamson передбачає перекриття трубопроводу для ремонту за допомогою обладнання «STOPPLE» за наступними етапами: монтаж чотирьох розрізних трійників на магістральну частину трубопроводу; встановлення тимчасових "SANDWICH" засувок на трійники; монтаж свердлильного встановлення; свердління отвору в трубопроводі через засувку та перехідний пристрій за допомогою фрези з центруючим свердлом; видалення фрези з вирізаним купоном та закриття «SANDWICH» засувки; свердління отворів інших трьох трійниках; монтаж байпасу і його заповнення середовищем, що транспортується; перекриття ділянки трубопроводу за допомогою запірних головок механізму «STOPPLE» та наповнення тиску в цій ділянці.

Технологія компанії Ravetti передбачає перекриття трубопроводу для ремонту за допомогою обладнання «СТОП-СИСТЕМА» за наступними етапами: приварювання двох розрізних трійників (фітингів) на ділянку трубопроводу з подальшим встановленням на них сендвіч-клапанів; установка на сендвіч-клапан машини для врізання з подальшим врізанням під тиском в діючий трубопровід; вилучення через сендвіч-клапан вирізаної частини трубопроводу та його закриття; встановлення переглядового пристрою для зачистки внутрішньої поверхні труби від відкладень; установка стоп-системи Ravetti на сендвіч-клапан для перекриття трубопроводу та транспортування середовища по байпасній лінії, яка, в свою чергу, встановлюється на саму стоп-систему Ravetti.

Розглядаючи дані технології врізання загалом, слід виділити такі переваги: зниження трудовитрат унаслідок відсутності необхідності робіт з відключення та повторного пуску споживачів, що зводить газонебезпечні роботи до мінімуму; можливість проведення контролю якості заміненої ділянки трубопроводу після завершення зварювальних робіт до підключення до діючого трубопроводу; значне скорочення викидів газу в атмосферу під час роботи з газопроводом; значне скорочення тимчасових витрат, наприклад, за технологією Ravetti, перекриття ділянки трубопроводу з умовним діаметром 500 мм займає близько доби, коли час робіт з відключенням споживачів займає більше 10 днів.

У ході порівняння етапів врізання за технологіями двох компаній варто відзначити перевагу технології від компанії Ravetti, яка полягає у зменшенні трудомісткості роботи з перекриття трубопроводу в порівнянні з технологією від компанії T. D. Williamson, а саме, у кількості трійників, що приварюються, на трубопровід для подальшого його перекриття. За технологією компанії T. D. Williamson проводиться приварювання чотирьох фітингів, на два з яких встановлюється байпасна лінія, а на два інших встановлюються пристрої STOPPLE.

Що стосується технології Ravetti, то в даній технології необхідно лише два фітинги, на які встановлюються «Стоп-системи», що містять у своїй конструкції клапани байпасу, що передбачає встановлення байпасної лінії безпосередньо на самій «Стоп-системі». Отже, технологія врізання від компанії Ravetti дозволяє значно скоротити час на роботи з перекриття трубопроводу, а також знизити кількість обладнання, що використовується.

Порівняння технічних можливостей обладнання з урізання та перекриття трубопроводу обох компаній представлені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

## Порівняння технічних параметрів методів T. D. Williamson і Ravetti

Технічні параметри	T. D. Williamson	Ravetti
Діаметр трубопроводів, що перекриваються.	від 15 мм до 1420 мм	від 12 мм до 900 мм
Тиск середовища у трубопроводі під час перекриття	до 11,8 МПа	до 8 МПа
Максимальна робоча температура продукту при стандартних ущільненнях	до 82 °С	до 130 °С

Виходячи з технічних можливостей обладнання двох компаній, технологія компанії T. D. Williamson для врізання і перекриття трубопроводу є більш універсальною і дозволяє працювати з трубопроводами значно більшого діаметру і тиском середовища в них, в порівнянні з обладнанням від компанії Ravetti, але коли ремонтні роботи припадають на трубопровід, технічні параметри якого дозволяють застосовувати обидві технології, тоді раціональним є Ravetti, що дозволить скоротити фінансові витрати, час проведення робіт із перекриття трубопроводу, а також кількість необхідного обладнання [11].

Розглядаючи дані технології врізання загалом, слід виділити такі переваги: зниження трудовитрат унаслідок відсутності необхідності робіт з відключення та повторного пуску споживачів, що зводить газонебезпечні роботи до мінімуму; можливість проведення контролю якості заміненої ділянки трубопроводу після завершення зварювальних робіт до підключення до діючого трубопроводу; значне скорочення викидів газу в атмосферу під час роботи з газопроводом; значне скорочення тимчасових витрат за проведення ремонтних робіт [8].

### **2.1.1 Устаткування для виконання врізок та перекриття перерізу трубопроводів під тиском від компанії Ravetti.**

Стоп-системи використовуються для перекриття трубопроводів від 2 до 20 під тиском (25 бар) і установки байпасної лінії, щоб проводити ремонтні роботи без зупинки перекачування продукту споживачеві.

Під час проведення робіт з перекриття потоку та встановлення байпасних ліній, основна проблема – це, як правило, невеликі пропуски продукту, що транспортується (газ, нафта, хімія), які викликані похибкою внутрішніх діаметрів та поздовжніми зварювальними швами.

Для вирішення цієї проблеми використовується "СТОП-СИСТЕМА", яка дозволяє працювати в широкому діапазоні невідповідності внутрішніх діаметрів.

Трапецієподібне секційне кільце тимчасового перекриваючого пристрою може розширюватися і стискатися вздовж внутрішніх стінок труби, забезпечуючи велику площу зіткнення та гарантоване перекриття потоку в заданій ділянці трубопроводу.

За рахунок встановленій на корпусі "СТОП-СИСТЕМИ" кульового клапана, який потрібен для вирівнювання тиску, відбувається встановлення байпасної лінії, якщо труба перекривається з двох сторін.

Особливості цієї системи:

- надійність роботи при робочому тиску до 25 бар і робочої температури до 140 °С газових і рідких середовищ, що перекачуються;
- висока застосовність під час роботи з поганою якістю трубопроводів (зварні шви, бруд та ін.);
- ця система може бути використана в будь-якому необхідному положенні (горизонтально або вертикально);
- можливість встановлення байпасної лінії, без потреби відключення споживачів та зупинки подачі середовища, що транспортується.

Створюючи спрощений дизайн та компактність обладнання RAVETTI, враховувався невеликий простір, який доступний оператору при монтажі-демонтажі. Завдяки цьому для виконання робіт з перекриття трубопроводів за допомогою «СТОП-СИСТЕМИ» потрібна мінімальна кількість людей та часу.

Елементи «СТОП-СИСТЕМИ» показано на рис. 2.1:

1. Сендвіч-клапан;
2. Головка «Стоп-системи» (з гумовою прокладкою, що розширюється);
3. Склянка;
4. Перехідний фланець;
5. Клапан байпасу;
6. Стрижень, що з'єднує голівку "Стоп-системи" із зовнішньою ручкою.

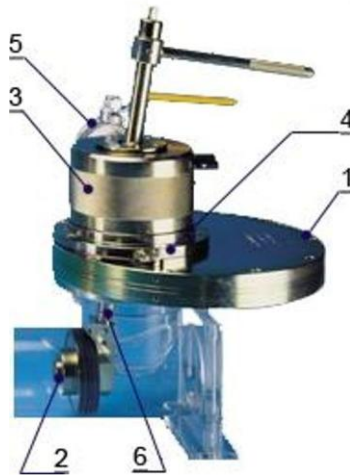


Рис. 2.1 Елементи «СТОП-СИСТЕМИ»

Різні стани «СТОП-СИСТЕМИ» показано на рис. 2.2.

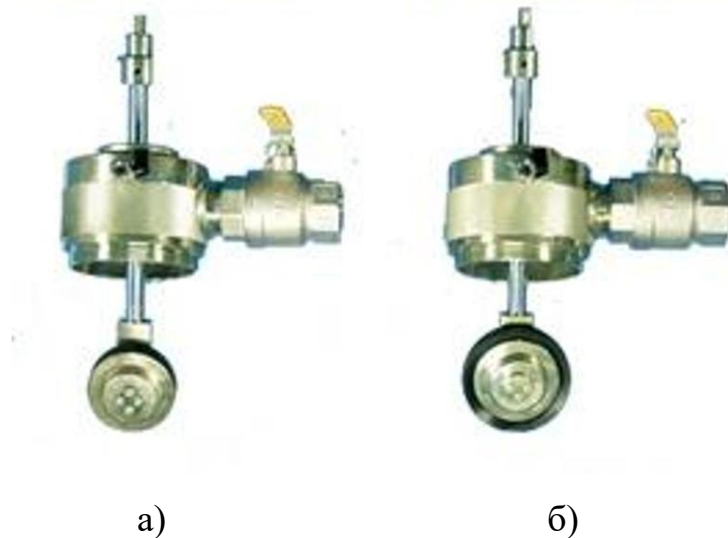


Рис. 2.2 «СТОП-СИСТЕМА»:  
у стислому (а) та розтиснутому (б) стані

Переваги порівняно з альтернативами:

1. Максимальна безпека

Це основна особливість, яка враховувалася під час розробки «СТОП-СИСТЕМИ». Під час роботи на трубопроводах найголовніша проблема – це, як правило, невеликі витікання газу.

Вони можуть бути викликані:

- великою похибкою внутрішніх діаметрів;
- поздовжніми дефектами при зварюванні;
- задирки, що важко піддаються видаленню.

Система дозволяє працювати при широкому діапазоні похибок будь-якого номінального діаметра, оскільки трапецієподібне секційне гумове кільце може розширюватися і стискатися вздовж внутрішніх стінок труби, широка площа зіткнення усуває можливість витоку.

2. Подача не переривається.

Якщо труба перекривається у двох місцях, тиск може підтримуватися на одному рівні завдяки «СТОП-СИСТЕМІ», яка дозволяє підключати трубу байпасу до кульового клапана, встановлений у корпус «СТОП-СИСТЕМИ».

### 2.1.2 Обладнання та матеріали, необхідні для врізання та перекриття за технологією T.D. Williamson

Пристрій STOPPLE. Механізм для закупорки STOPPLE призначений для тимчасової ізоляції секції трубопроводу при проведенні ремонтних робіт або приєднанні нових ліній без зупинки перекачування продукту, що транспортується в трубопроводі. Процес ізоляції секції трубопроводу відбувається шляхом введення STOPPLE-головки для закупорки через два заздалегідь прорізані в трубопроводі отвори.

Механізм STOPPLE складається із трьох основних частин:

- гідравлічний циліндр, який служить для спуску та підйому запірної головки у трубопровід та приводиться в дію за допомогою силового блоку машини для врізок;

- корпус-адаптер гідроциліндра, призначений для встановлення гідроциліндра на засувку типу SANDWICH і одночасно є корпусом, в який забирається запірна STOPPLE-головка. Має скидний кран та штуцер для лінії вирівнювання тиску;

- закупорювальна головка, яка встановлюється в трубу через засувку типу SANDWICH і служить як тимчасовий запірний пристрій для герметичного перекриття перерізу трубопроводу, [10].

Фітинги STOPPLE – це роз'ємні трійники з повнорозмірним відведенням для використання з механізмами перекриття перерізу трубопроводів. Фітинги з відводами зменшеного діаметра з фланцями LOCK-O-RING використовуються для встановлення тимчасового байпасу.

Фітинги STOPPLE для врізання розроблені для приєднання нових ліній до існуючих магістралей. При їх виробництві проводиться контроль еквівалента вуглецю для того, щоб він відповідав еквіваленту вуглецю трубопроводу, на якому буде проведено приварювання фітингу.

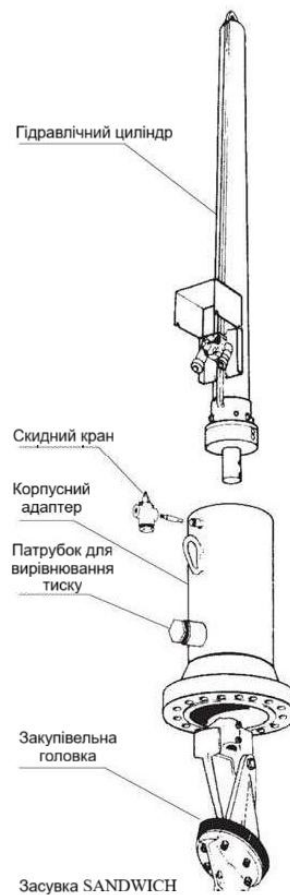


Рис. 2.3 Механізм STOPPLE

Різьбові фітинги THREAD-O-RING використовуються для скидання та вирівнювання тиску у трубопроводі при застосуванні механізму для перекриття трубопроводів STOPPLE. Крім того, фітинги цього типу можуть бути встановлені при монтажі нових трубопроводів з будь-якої сторони лінійної засувки для подальшого використання при продуванні [6].

Фланці та пробки LOCK-O-RING дозволяють демонтувати тимчасові засувки, які використовуються для врізання в трубопровід та застосування механізмів STOPPLE для перекриття перерізу трубопроводів, а також можуть бути використані для підключення нових ліній через постійні засувки.



Рис. 2.4 Фітинги STOPPLE

У цьому випадку всередину фланця встановлюється пробка LOCK-O-RING з решіткою для запобігання попаданню очисних та діагностичних поршнів у фітинг.

За необхідності, пробки LOCK-ORING (фітинги STOPPLE) можуть бути вилучені з фітинга для подальшого встановлення механізмів для перекриття перерізу трубопроводів.



Рис. 2.5 Пробка LOCK-O-RING

Засувки SANDWICH розроблені для використання спільно з обладнанням для врізання та перекриття перерізу виробництва компанії Т.Д. Вільямсон (машини для врізання, обладнання STOPPLE, фітинги з фланцями LOCK-O-RING). Засувки SANDWICH мають невелику висоту (вони плоскі), поверхні під прокладки мають насічки для кращої герметичності.

Засувки SANDWICH виробництва Т.Д. Вільямсон мають невелику відстань між фланцями, яка на 75% менша, ніж у стандартних засувок. Вони простіші в установці порівняно зі стандартними засувками, особливо при роботах в обмеженому просторі.

Засувки SANDWICH не мають «верху» та «низу» і можуть бути встановлені на фітинг будь-якої зі сторін. Засувка може бути встановлена як паралельно, так і перпендикулярно трубопроводу залежно від котловану. Крім того, засувки SANDWICH повнопрохідні оснащені внутрішнім байпасом для вирівнювання тиску.

- умовний прохід від 50мм (2”) до 1200мм (48”);
- тиск до 11,8 МПа (120 bar);
- температура тривалої експлуатації від -60°C до +80°C;
- діапазон робочої температури від -30°C до +40°C;
- тип приводу: ручний або гідропривід.



Рис. 2.6 – Засувки SANDWICH з ручним (а) та гідравлічним (б) приводом

Закупорювальні головки виконують роль тимчасової заглушки, що відсікає ділянку трубопроводу і служить для повної зупинки потоку в трубопроводі.

Через гідравлічний циліндр закупорювальна головка вводиться в порожнину труби і перекриває потік рідини.

Виробляється два види закупорювальних головок:

- закупорювальна головка шарнірного типу;
- закупорювальна головка, що складається.

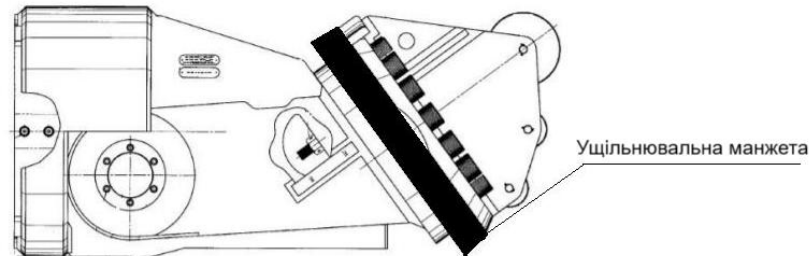


Рис. 2.7 Закупорювальна головка з манжетним ущільненням

Манжети для перекриття – ущільнювальні елементи, що встановлюються на закупорювальну голівку та служать для забезпечення герметизації внутрішньої порожнини трубопроводу. Підбираються виходячи з величини робочого тиску, внутрішнього діаметра труби, температури та складу робочого середовища у призначеному для ремонту трубопроводі.

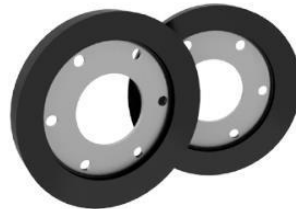


Рис. 2.8 Манжети

Ущільнювальна манжета служить для щільного прилягання головки закупорювання до стінки труби для повної герметизації порожнини труби. Манжета, що складається з полімерних матеріалів, відчуває великі навантаження на стиск, вплив агресивного середовища, вплив температури і тиску, що вимагає високого контролю за станом манжети та її властивостей при експлуатації.

### 2.3 Система STOPPLE Train

Технологія перекриття ділянки трубопроводу з використанням системи STOPPLE Train є вдосконаленою щодо технології перекриття STOPPLE. Конструктивні особливості обладнання STOPPLE Train дозволяють проводити подвійне перекриття трубопроводу в необхідній точці відсікання та контролювати можливі витіки, тим самим підвищуючи рівень безпеки виконання ремонтних робіт, а також знижуючи кількість необхідного обладнання та відповідно обсяг ремонтних робіт.

Обладнання STOPPLE Train є конструкцією з двох незалежних, з'єднаних між собою послідовно, запірних заглушок [11]. Ця система призначена для перекриття порожнини діючих трубопроводів із робочим тиском до 10,2 МПа [11].

Після встановлення цієї системи трубопровід між запірними заглушками утворюється область, що проходить через зливний отвір. Відведення для зливу витоків залишається відкритим і контролюється таким чином, що будь-який продукт, що просочується через ущільнення первинної заглушки, може бути видалений з області між двома запірними заглушками і безпечно відкачений в безпечне місце (рис. 2.9).

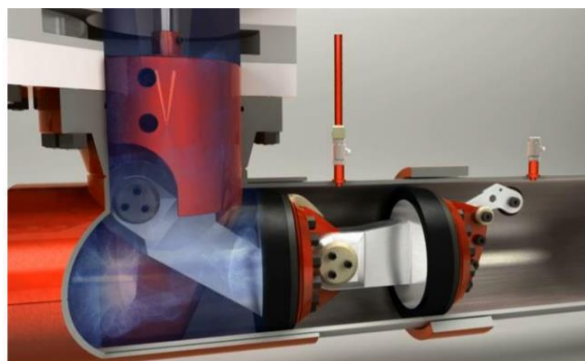


Рис. 2.9 – Перекриття ділянки трубопроводу системою STOPPLE Train

## 2.4 Технологія врізання та перекриття трубопроводів за допомогою стоп-систем STOPPLE

Ремонт відбувається з використанням байпасної лінії, якою пускається потік нафтопродуктів, а дефектна ділянка на основному трубопроводі вирізується. Робочі параметри проведення ремонтних робіт наведено у табл. 2.2

Таблиця 2.2

Робочі параметри проведення ремонтних робіт

Номінальний діаметр отворів, що просвердлюють	Від 12 до 1400 мм
Максимальний робочий тиск	До 11,8 МПа
Допустима температура навколишнього середовища:	
При транспортуванні, зберіганні та проведенні вантажно-розвантажувальних робіт	Від -60°C до +80°C
Під час проведення робіт	Від -40°C до +50°C
Максимальна температура продукту, що перекачується	260°C зі стандартним ущільненням 370°C із спеціальним ущільненням
Контрольний тиск випробувань за температури навколишнього середовища	1,5 кратний робочий тиск

Відбувається це в наступній послідовності:

1 етап - Приварювання фітингів:

На трубопровід приварюються фітинги STOPPLE для подальшого перекриття перерізу трубопроводу, фітинги з фланцями LOCK-O-RING для встановлення байпасу, а також різьбові фітинги для наповнення тиску з відключеної ділянки та подальшого вирівнювання тиску в трубопроводі.

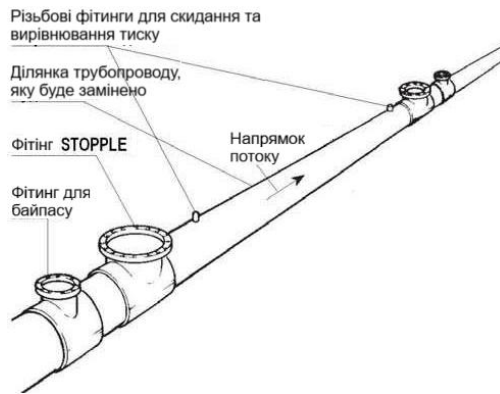


Рис.2.10 Приварювання фітингів

2 етап - Врізання в трубопровід:

На засувки SANDWICH встановлюються машини для врізання (показано на рис. 2. 11), виконують врізання в трубопровід. Після закінчення свердління, шток машини забирається всередину її корпусу, засувки закриваються, машини для врізок демонтуються.

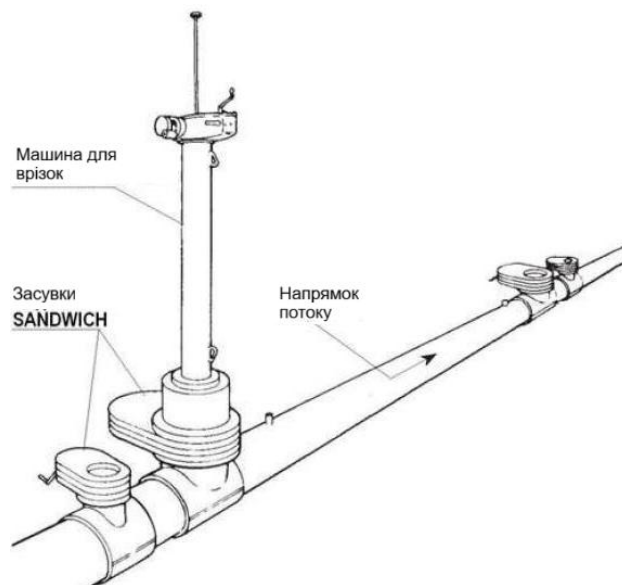


Рис. 2.11 Врізання в трубопровід

3 етап – Перекриття перерізу трубопроводу:

Монтується байпасна лінія, відкриваються її засувки. Потім трубопровід перекривається за допомогою механізмів STOPPLE, тиск стравлюється. Після заміни ділянки трубопроводу тиск у ньому відновлюється шляхом перепуску продукту з корпусних адаптерів STOPPLE через різьбові фітинги.

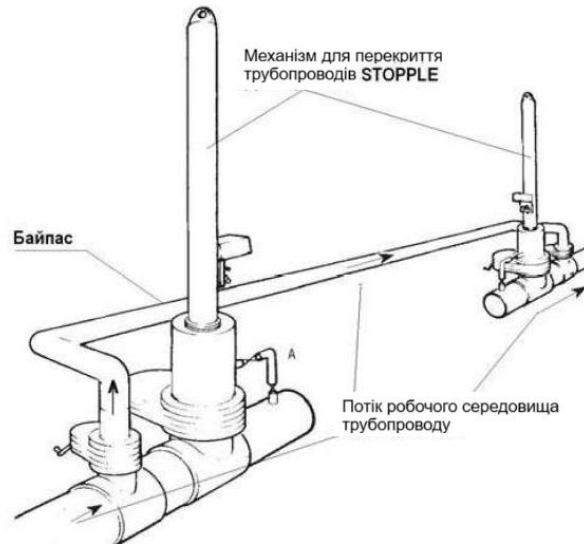


Рис. 2.12 Перекриття перерізу трубопроводу

4 етап – Демонтаж засувок SANDWICH:

На машину для врізання замість тримача фрези встановлюється тримач пробки LOCK-O-RING (разом із пробкою). Затори встановлюються у фланці, засувки демонтуються, на фітинги встановлюються глухі фланці.

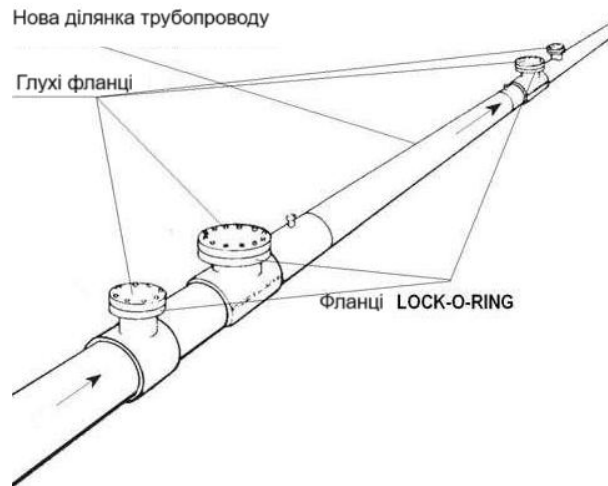


Рис. 2.13 Демонтаж засувок SANDWICH

## 2.5 Показники надійності елементів

Надійність – властивість об'єкта зберігати у часі у встановлених межах значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати необхідні функції.

Безвідмовністю називають властивість об'єкта безперервно зберігати працездатний стан протягом деякого часу напрацювання.

Під довговічністю розуміють здатність об'єкта не досягати протягом досить багато часу граничного стану, тобто. такого, за якого подальше використання об'єкта за призначенням стає неможливим або недоцільним, незважаючи на наявність встановленої системи технічного обслуговування та ремонту. Об'єкт може перейти у граничний стан, залишаючись працездатним, якщо його подальше застосування стане неприпустимим щодо вимог безпеки, економічності чи ефективності.

Безпека – властивість об'єкта при виготовленні та експлуатації та у разі порушення працездатного стану не створювати загрози для населення та/або для навколишнього середовища.

Під відмовою розуміють будь-яку подію, яка полягає у порушенні працездатного стану об'єкта. Відмова може бути повною, коли в результаті

відмови настає повний непрацездатний стан об'єкта, і частковим, коли настає частково непрацездатний стан.

Оцінкою показника надійності є певне тим чи іншим способом чисельне значення показника.

Показники надійності оцінюються:

- за статистичними даними про відмови;
- на базі накопиченого інженерного досвіду (експертним шляхом);
- за даними заводу-виробника та діючих вимог до надійності обладнання;
- спільним використанням статистичного та експертного підходів;
- шляхом накладання щільності розподілу навантажень та щільності розподілу граничних напруг (цей спосіб прийнятий у теорії конструктивної надійності та призначений для оцінки цілісності судин, що знаходяться під внутрішнім тиском).

При прогнозуванні показників надійності слід поєднувати ретроспективну інформацію з якісними оцінками тенденцій зміни та інженерним досвідом (експертними методами). При обробці ретроспективної інформації слід розрізняти типи обладнання, види відмов, умови експлуатації та інші значущі фактори. Обробку інформації слід проводити адекватними методами математичної статистики, використовуючи сучасні комп'ютерні технології разом із неформальним, евристичним аналізом.

## **2.6 «Критичний» елемент системи**

У цій роботі не розглядаються елементи приварних фітингів та інших з'єднань, які можуть мати перепустки.

А саме ущільнювальна манжета, що використовується для герметичного прилягання запірної головки до стінки труби – критично вразливий елемент даної системи. Тим більше, якщо врахувати допустиму ГОСТом овальність

труб, а також корозійно-ерозійні пошкодження внутрішньої стінки труб у процесі експлуатації.

До гумотехнічних виробів, що експлуатуються в нафтогазовій галузі, висуваються все більш високі вимоги до надійності та збереження герметичності в умовах впливу високих тисків та температур. Існує необхідність ущільнювальних елементів, що володіють стійкістю до термостаріння, і зберігає високі фізико-механічні властивості в агресивних умовах, а саме при підвищених температурах, тисках, в середовищах, що містять високі концентрації газів.

Трапецієподібне секційне кільце тимчасового перекриваючого пристрою може розширюватися і стискатися вздовж внутрішніх стінок труби, забезпечуючи велику площу зіткнення та гарантоване перекриття потоку в заданій ділянці трубопроводу.

Паспортні характеристики пристроїв перекриття трубопроводу вказані у табл. 2.3.

Таблиця 2.3

Паспортні характеристики пристроїв перекриття трубопроводу

Параметр	Значення
Тиск	До 11,8 МПа
Максимальна робоча температура	82°С

Однак, при дії високої температури, агресивного середовища та тиску на гумові вироби, їх фізико-механічні властивості зменшуються.

## 2.7 Манжети

Манжета, що складається з полімерних матеріалів, відчуває великі навантаження на стиск, вплив агресивного середовища, вплив температури і тиску, що вимагає високого контролю за станом манжети та її властивостей при експлуатації.



Рис. 2.14 Запірна головка з манжетним ущільненням

Запірна головка має елемент ущільнювача - манжету. Центральна частина манжети кріпиться до корпусу запірної головки, таким чином робочою є периферійна частина манжети.

Основних матеріалів для манжет три:

1. Нітрил-бутадієнова гума (NBR), і це 90% манжети%
2. Фторкаучукові полімери (VITON), і це ще 9% манжети;
3. Неопрен, і це 1% манжет.

### 2.7.1 Характеристика NBR

NBR (Nitrile Butadiene Rubber) – бутадієн-нітрильний каучук (БНК) Бутадієн-нітрильний каучук - основний продукт для отримання гум з високою стійкістю в середовищі нафтопродуктів, синтетичний полімер, продукт співполімеризації бутадієну з акрилонітрилом (НАК, АСН).

Властивості кополімеру залежать від вмісту НАК, чим вище вміст нітрилу в полімері, тим вища його стійкість до олій, але нижча пружність. Зі збільшенням вмісту в каучуку ланок нітрилу акрилової кислоти зростають показники міцності при розтягуванні, твердості, зносостійкості, стійкість до аліфатичних вуглеводнів і олій, термостійкість, газонепроникність, гістерезисні втрати, але знижуються еластичність і морозостійкість, зростає

набухання у полярних (ацетон, метилетилкетон) розчинниках. Завдяки високій стійкості до впливу агресивних агентів NBR широко застосовується при виготовленні різних масло- та бензостійких гумових технічних виробів.

Бутадієн-нітрильний каучук (БНК, NBR) відомий також як нітрильний каучук, дивініл-нітрильний каучук, бутадієн-акрилонітрильний каучук, бутакрил, буна-N, вітчизняне маркування СКН (синтетичний каучук (бутадієн)). Міжнародне позначення NBR (nitrile-butadienerubber), також використовуються назви nitrilerubber, acrylonitrilebutadienerubber, Buna-N, Perbunan та GR-N (Government Rubber-Nitrile).

Основною сферою застосування каучуків є виробництво різних маслобензостійких гумових технологічних виробів – рукавів, прокладок, сальників, бензотари, обкладок різних валків тощо, що застосовуються в автомобільній, нафтовій, поліграфічній та інших галузях промисловості.

Каучуки використовуються для виготовлення теплостійких гумових виробів, призначених для роботи у воді, оліях, розчинниках та інших середовищах при температурах до 150°C. Каучуки знаходять також застосування в обкладальних кислото- і лугостійких гумах, особливо якщо до них одночасно пред'являються вимоги стійкості до неполярних вуглеводнів.

Недоліки матеріалу – незважаючи на те, що гумотехнічні вироби, виготовлені з додаванням БНК, мають цілий комплекс чудових показників (високою міцністю і пластичністю при розтягуванні, відносним подовженням, опором на розрив і стирання, чудовою масло-і бензостійкістю), є у цього. Посилення умов експлуатації, пов'язане зі збільшенням швидкостей механізмів і недоліком охолоджувального масла, призводить до того, що гумові елементи можуть працювати тільки при температурах до +150 градусів. При підвищенні робочої температури вище цього значення, відбувається структурування, та був і руйнація гум, створених з урахуванням БНК. Іншими словами, нагріта гума стає твердою та тендітною. Вплив низьких температур також негативно позначається на гумових виробках, у виробництві яких

використовувався бутадієн-нітрильний каучук. Оптимальною для них вважається робоча температура не нижче  $-35^{\circ}\text{C}$ ?

Розглянемо характеристики NBR/БНК, сумісність із середовищами.

Найбільш важлива властивість гум на основі БНК – стійкість до дії агресивних середовищ, у тому числі нафтопродуктів. БНК (NBR) виявляє хорошу стійкість до води (в т.ч. гарячої), мінеральним маслам і пластичним мастилам на їх основі, аліфатичним вуглеводням (пропан, бутан, бензини неетильовані), холодоагентам ("холодони", "фреони", холодильні агенти В і Н жирів, дизельного палива із вмістом ароматичних вуглеводнів трохи більше 40%).

При кімнатній температурі, БНК стійкий до великої кількості розведених кислот (в т.ч. сірчаної та соляної), основ та сольових розчинів (в т.ч. до морської води). БНК застосовується для гасу, мазуту, гліцерину, етиленгліколю, формальдегіду і, з точки зору бензо-і масло-стійкості, поступається тільки кремнійорганічним каучукам.

БНК виявляє середню стійкість до дизельного палива з вмістом ароматичних вуглеводнів понад 40%, етилованим бензинам, гідравлічним рідинам, що біологічно розкладаються. Силіконові олії можуть спричинити скорочення (стиснення) розмірів виробу з БНК. Багато властивостей БНК істотно залежать від вмісту акрилонітрильних ланок, наприклад, сополімери з великим вмістом акрилонітрильних ланок виявляють більшу стійкість до толуолу та бензолу.

БНК (NBR) застосовується в широкому температурному діапазоні. Загальні виконання мають робочий діапазон  $-30^{\circ}\text{C} \dots +100^{\circ}\text{C}$ . Спеціальні виконання можуть мати низькотемпературний ( $-55^{\circ}\text{C} \dots 80^{\circ}\text{C}$ ) або високотемпературний діапазон ( $-30^{\circ}\text{C} \dots +135^{\circ}\text{C}$ ).

БНК має гарні механічні властивості, високу твердість і для гумових еластомерів щодо високої стійкості до стирання.

Також БНК характеризується високим постійним коефіцієнтом тертя, високою зносостійкістю, у тому числі за підвищеної температури, хорошими динамічними властивостями.

Присутність у макромолекулі каучуку полярних нітрільних груп обумовлює низькі електроізоляційні властивості і, відповідно, порівняно високу електричну провідність гум, що різко зростає зі збільшенням вмісту акрилонітрільних ланок. Чорний БНК (з вмістом сажі) має відмінні антистатичні властивості.

Газо- та водопроникність гум з БНК значно нижча, ніж гум з неполярних каучуків (ізопренових, бутадієнових, бутадієн-стирольних).

Газопроникність тим менше, чим більший вміст каучука акрилонітрільних ланок.

БНК (NBR) добре кріпиться до металів, і тому застосовується для виготовлення гумометалевих деталей, що працюють у паливах та оліях.

БНК нестійкий до дії ароматичних вуглеводнів (толуол, бензол), хлорованих вуглеводнів (трихлор-, перхлоретилен), гальмівних рідин та антифризів на гліколевій основі, холодоагентів групи HFD, ацето-, етиловому, бутиловому і т.д. ефірів. БНК розчиняється в кетонах, етилацетаті та хлороформі.

До недоліків БНК відносяться низька стійкість до світлоозонного та інших видів старіння. У зв'язку з низькою погодною стійкістю необхідно дотримуватись умов зберігання.

За високих температур прискорюється старіння, за рахунок чого матеріал стає твердим і крихким. У кисневій атмосфері (повітря) це проявляється приблизно за 80°C, при перекритті доступу повітря процес старіння значно сповільнюється (наприклад, гарячому маслі). При виготовленні виробів з БНК бік, що має контакт із повітрям, захищають додатковим покриттям з іншого каучуку, більш стійкого до атмосфери.

Діапазон робочих температур ущільнень із гуми NBR: -40°C до +120°C, короткочасно до +130°C, у спеціальному виконанні: -55°C до +150°C. При

підвищеній температурі прискорюється старіння, матеріал твердіє і стає крихким (за відсутності кисню, наприклад, гарячої олії, процес старіння значно уповільнюється).

### 2.7.2 Фторкачуки

Фторкачуки (ФК, фторорганічні качуки, фтореластомери) являють собою велике сімейство синтетичних качуків, одержуваних в результаті кополімеризації мономерів фторвмістних. Завдяки вмісту фтору, дані матеріали мають видатну термостійкість, негорючість і стійкі до дії багатьох агресивних середовищ. Загальними недоліками фторкачуків є висока вартість та небезпека виділення токсичних газів та пар при впливі надвисоких температур. Серед гум ФК займають таке саме місце, як найвідоміший фторполімер, тефлон, серед полімерів.

Фторкачуки використовують для виготовлення таких деталей, як сальники, манжети, герметики, покриття, віброгасники, віброкомпенсатори (вібровставки), прокладки, мембрани, заглушки, діафрагми, термостійкі кільця ущільнювачів (O-ring), ущільнення штоків. Фторкачуки застосовуються у виробництві рукавів, шлангів та трубок для гарячих агресивних рідин та газів, ізоляцій проводів та кабелів, ємностей для зберігання пального, клапанів та інших виробів, що працюють в контакт з маслами, окислювачами та іншими агресивними середовищами при 200°C та вище.

Стійкий: до пального, старіння, агресивних хімічних сполук, мінеральних олій і жирів, силіконових олій і жирів, олій з сірою і високо ароматичних олій, гідравлічних рідин, що біологічно розкладається, озону, аліфатичних вуглеводнів (пропан, бутан, бензини), аромат вуглеводнів, ультрафіолетового випромінювання

Не стійкий до: ефірів, гальмівних рідин на гліколевій основі, органічних кислот, наприклад октової та мурашиної, флюсової кислоти,

хлорносульфонова кислота, кетонів (ацетон, ацетофенон), розпеченої водяної пари, аміаку, амінів, розпечений водяний пар, діоксан)

Діапазон робочих температур:  $-20^{\circ}\text{C}$  до  $+200^{\circ}\text{C}$ , витримує короткочасне нагрівання до  $+230^{\circ}\text{C}$ . Фториста гума на основі спеціального морозостійкого каучуку Viton може бути при температурі до  $-50^{\circ}\text{C}$ .

При виборі типу FPM необхідно враховувати безліч факторів, таких як механічні та хімічні властивості, характеристики робочих та граничних режимів експлуатації, необхідна стійкість до відмов, можливість ремонту та заміни. Залежно від усіх умов вибирається оптимальний варіант із відповідним балансом вартості та характеристик.

### 2.7.3 Неопрен

Неопрен, також званий поліхлоропреновим або хлоропреновим каучуком - синтетичний каучук, отриманий шляхом полімеризації хлоропрену. Неопрен цінується за високу межу міцності на розрив, пружність, маслостійкість та вогнестійкість, а також за стійкість до розкладання під дією кисню та озону.

Розглянемо властивості неопрена.

Спочатку неопрен використовувався як маслостійкий замітник натурального каучуку. У міру розвитку та вдосконалення технології виробництва неопрену, а також виявлення нових характеристик можливості його застосування помітно розширились.

Однією з характерних властивостей є термостійкість. У порівнянні з натуральним каучуком неопрен краще чинить опір газопроникності і може працювати при температурах до  $+121^{\circ}\text{C}$ . Навіть за такої високої температури неопрен не розкладається, тому він краще підходить для тривалого використання у високотемпературних умовах, ніж натуральний каучук. Коли виникає теплова деградація, вона проявляється не у формі плавлення або

розтягування, натомість відбувається затвердіння. Крім того, неопрен відрізняється вогнестійкістю.

Морозостійкість теж відносять до характерних властивостей матеріалу. Крім того, що цей матеріал може працювати при високій температурі, неопрен також витримує температуру до  $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Однак при температурах нижче  $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$  неопрен стає більш жорстким і на той час, коли він досягає  $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$ , нефункціональним для більшості варіантів застосування.

Ще одна властивість - взаємодія з іншими матеріалами. Неопрен можна механічно пов'язати з бавовною та кількома видами металів, включаючи нержавіючу сталь, алюміній, латунь та мідь. Допомогає в цьому процесі основний зв'язуючий агент. При додаванні деяких речовин до неопрену останній може виявляти адгезію до скла та акрилу.

Стійкість до впливів довкілля також є характерною властивістю. Неопрен має низьку швидкість окислення, а також високу стійкість до дії сонця та озону. Це дозволяє використовувати його протягом тривалого часу на свіжому повітрі.

Хімічна стійкість матеріалу варто розглянути окремо. Неопрен має хорошу хімічну інертність і цінується за його здатність протистояти сумішам на нафтовій основі, таким як розчинники, олії та мастила. Крім того, він стійкий до метилових і етилових спиртів, а також лугів, мінеральних кислот і деяких сольових розчинів.

## **2. 8 Побудова моделі та розрахункова оцінка режимів експлуатації**

### **2.8.1 Метод кінцевих елементів**

Метод кінцевих елементів (МКЕ) – це метод наближеного чисельного розв'язання фізичних завдань. У його основі лежать дві основні ідеї: дискретизація об'єкта, що досліджується, на кінцеве безліч елементів і шматково-елементна апроксимація досліджуваних функцій.

Основна відмінність МКЕ від класичних алгоритмів варіаційних принципів та методів нев'язок полягає у виборі базисних функцій. Вони беруться у вигляді кусково-безперервних функцій, які звертаються в нуль усюди, крім обмежених підобластей, що є кінцевими елементами. Це веде до стрічкової розрідженої структури матриці коефіцієнтів системи рівнянь.

Використання варіаційних принципів та методів зважених нев'язок дозволило глибше зрозуміти математичні основи МКЕ та, зокрема, визначити умови збіжності цього чисельного методу до точного рішення.

Головні переваги МКЕ:

- 1) досліджувані об'єкти можуть мати будь-яку форму та різну фізичну природу – тверді тіла, що деформуються, рідини, гази, електромагнітні середовища;
- 2) кінцеві елементи можуть мати різну форму, зокрема криволінійну, та різні розміри;
- 3) можна досліджувати однорідні та неоднорідні, ізотропні та анізотропні об'єкти з лінійними та нелінійними властивостями;
- 4) можна вирішувати як стаціонарні, і нестаціонарні завдання;
- 5) можна вирішувати контактні задачі;
- 6) можна моделювати будь-які граничні умови;
- 7) обчислювальний алгоритм, представлений у матричній формі, формально одноманітний для різних фізичних завдань та задач різної розмірності, що зручно для комп'ютерного програмування;
- 8) на одній і тій самій сітці кінцевих елементів можна розв'язувати різні фізичні задачі, що полегшує аналіз пов'язаних задач;
- 9) роздільна система рівнянь має економічну розріджену симетричну стрічкову матрицю «жорсткості», що прискорює обчислювальний процес на ЕОМ;
- 10) зручно здійснюється ієрархічна дискретизація досліджуваної області на підобласті з утворенням суперелементів, що дозволяє ефективно використовувати паралельне розв'язання задач. Сьогодні МКЕ є потужним

інструментом інженерного аналізу та фізичних досліджень завдяки створенню пакетів комп'ютерних програм, таких як ANSYS, MSC.NASTRAN, MSC.MARC, COSMOS, ABAQUS, які не тільки реалізують обчислювальний процес МКЕ, але й мають зручний інтерфейс для введення вихідних даних, контролю за процесом обчислень та обробки результатів розрахунку [12].

Одним із найпоширеніших комплексів сьогодні є програма ANSYS, яка використовує метод кінцевих елементів. Багатоцільова спрямованість програми, незалежність від апаратних засобів (від персональних комп'ютерів до робочих станцій і суперкомп'ютерів), засоби геометричного моделювання на базі Всплайнів (технологія NURBS), повна сумісність з CAD/CAM/CAE системами провідних виробників і «дружній» інтерфейс застосовували для студентів і студентів. [13].

У будь-якій комплектації, у тому числі – у мінімальній, програмний комплекс дозволяє здійснювати підготовку кінцево-елементної моделі, включаючи завдання властивостей матеріалів, граничних умов, параметрів розбиття на розрахункову сітку тощо, проведення розрахунку, виведення результатів як таблиць, і з допомогою візуалізації.

### **2.8.2 Побудова моделі**

Основним елементом, що зазнає високих навантажень, технології перекриття трубопроводу служить закупорювальна головка, яка, перекиваючи переріз труби, зупиняє потік рідини. Для більш щільного прилягання до поверхні труби на голові запірної присутня ущільнювальна манжета, виконана з гуми. Нерідко манжета піддається різним деформаціям.

Основним елементом, що зазнає високих навантажень, технології перекриття трубопроводу служить закупорювальна головка, яка, перекиваючи переріз труби, зупиняє потік рідини. Для більш щільного прилягання до поверхні труби на голові запірної присутня ущільнювальна

манжета, див. рис. 2.7., виконана з гуми. Нерідко манжета піддається різним деформаціям.

На рис. 2.15 представлено загальний вигляд та основні розміри манжети. Центральна частина манжети кріпиться до корпусу запірної головки, таким чином робочою є периферійна частина манжети.

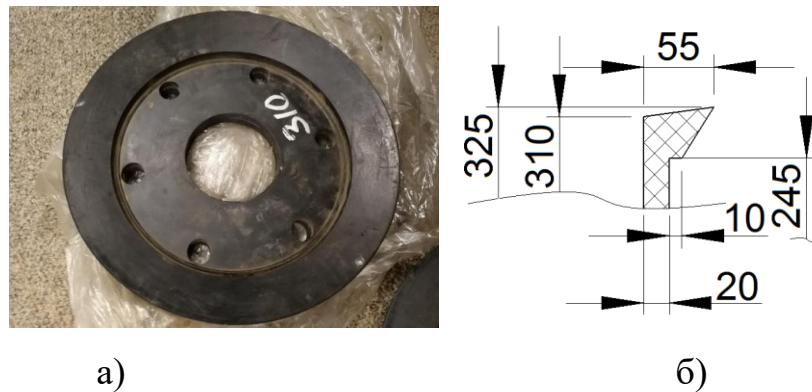


Рис. 2.15 Зовнішній вигляд (а) та основні розміри (б) манжети

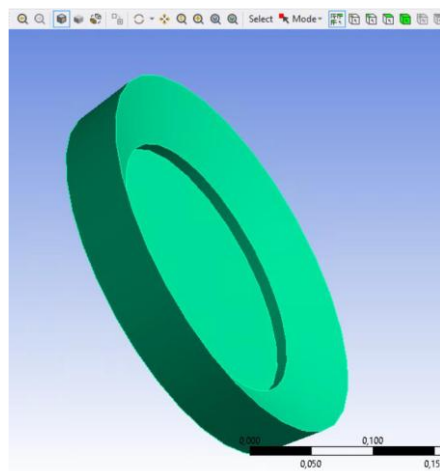


Рис. 2.16 Загальний вигляд манжети

При створенні кінцевоелементної моделі використано чотиризлові оболонкові елементи першого порядку. В силу осьової симетрії напружено деформований стан манжети є плоским.

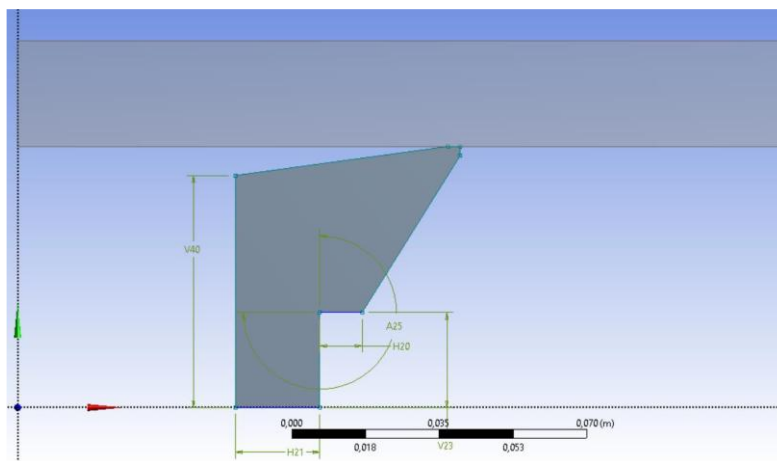


Рис. 2.17 Геометрія перерізу труби та досліджуваної манжети

Для цієї моделі було побудовано сітку, визначено контактні пари.

Сітка близька до регулярної, складається з чотиривузлових чотирикутних елементів, середній розмір елемента 2 мм. Загальна кількість елементів нижньої частини (манжети) 463, кількість вузлів 511. Внутрішній алгоритм ANSYS для перевірки якості сітки не виявив елементів з некоректною формою.

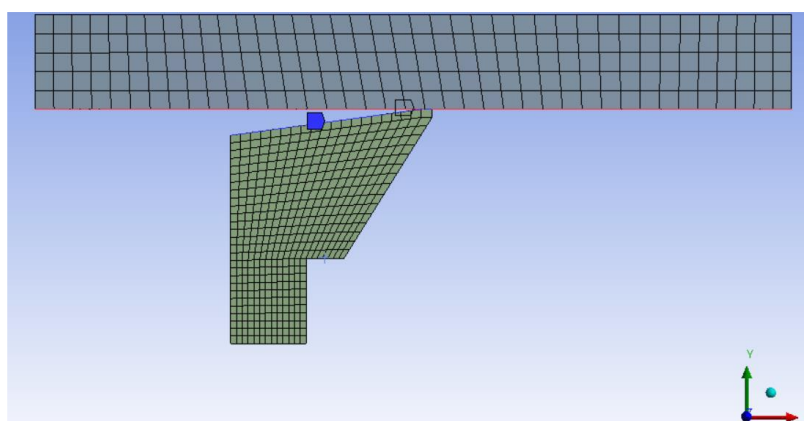


Рис. 2.18 Побудова сітки та визначення контактних пар

На рис. 2.19 наведено задані аналітичні дані. Закріплені ділянки контуру відповідають області манжети, затиснутої металевими елементами конструкції пристрою перекриття трубопроводу під тиском.

Вказано переміщення перерізу площини труби, що забезпечує стискання манжети до внутрішнього діаметра трубопроводу. На задню (праву) частину манжети діє тиск  $P$ .

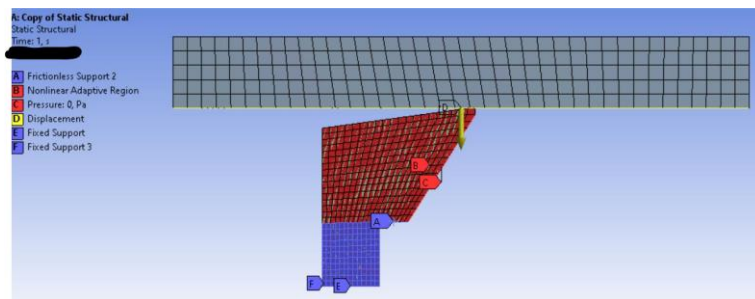


Рис. 2.19 Аналітичні дані

## 2.9 Розрахункова оцінка матеріалів

Найбільш популярний матеріал, що використовується для виготовлення манжет - це гуми на основі бутадієн-нітрильного каучуку (БНК).

Модуль пружності матеріалу манжети визначено специфікацією виробника [12]  $E = 10,425$  МПа. Зважаючи на відсутність даних за іншими пружними характеристиками матеріалу манжети, коефіцієнт Пуассона прийнятий характерним для гум  $\nu = 0,49$ . Зважаючи на відсутність достовірних експериментальних даних, вплив температури на модуль пружності матеріалу (жорсткість манжети) не враховувався. Таким чином, матеріал манжети при розрахунках вважався ізотропним та лінійно пружним. Разом з тим, при визначенні запасу міцності враховано зниження характеристик міцності матеріалу манжети при підвищенні температури.

Завдання вирішувалося у два етапи. На першому етапі визначався напружено-деформований стан манжети при обтисканні її трубою. З другого

краю етапі до обжатої трубою манжеті прикладався робочий тиск (до правої похилої межі моделі).

У табл. 2.4 наведено основні параметри розрахункової моделі.

Таблиця 2.4

## Параметри розрахункової моделі

Найменування параметра, од. вимірювання	Значення параметра
Модуль пружності, МПа	10,425
Коефіцієнт Пуассона	0,49
Діаметр стискаючої труби, мм	307
Тиск, МПа	1 ... 7,5
Температура, °С	20 – 110

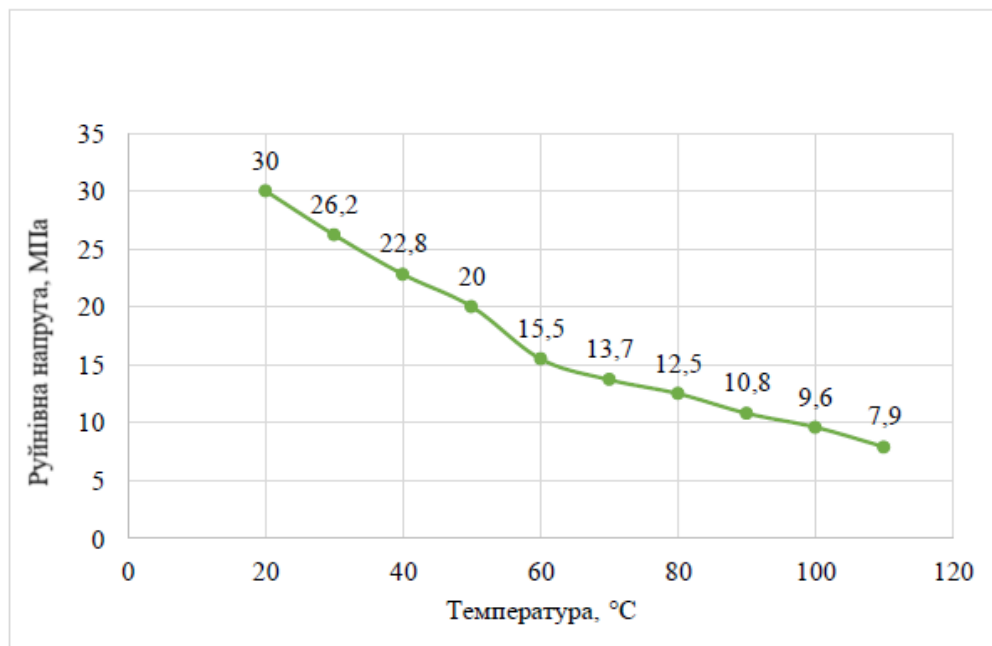


Рис. 2.20 Діаграма температурної залежності властивостей гум - температурна залежність руйнівної напруги гум на основі БНК

Ґрунтуючись на інформації з публікацій [17], було визначено залежності модуля пружності та руйнівної напруги для бутадієн-нітрильних каучуків, зокрема для марки каучуку СКН-18.

За цією діаграмою можна визначити тенденцію зниження механічних властивостей гуми з підвищенням температури. Значення механічних властивостей з кроком 10°C представлені табл. 2.5.

Таблиця 2.5

Справжня міцність за заданої температури  $\sigma_{вс}$

Температура, °C	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Руйнівна напруга, МПа	30	26,2	22,8	20	15,5	13,7	12,5	10,8	9,6	7,9

## 2.10 Аналіз результатів моделювання

На рис. 2.21 наведено кінцево-елементну сітку моделі. Сітка близька до регулярної, складається з чотиривузлових чотирикутних елементів, середній розмір елемента 2 мм. Загальна кількість елементів 463, кількість вузлів 511. Внутрішній алгоритм ANSYS для перевірки якості сітки не виявив елементів з некоректною формою.

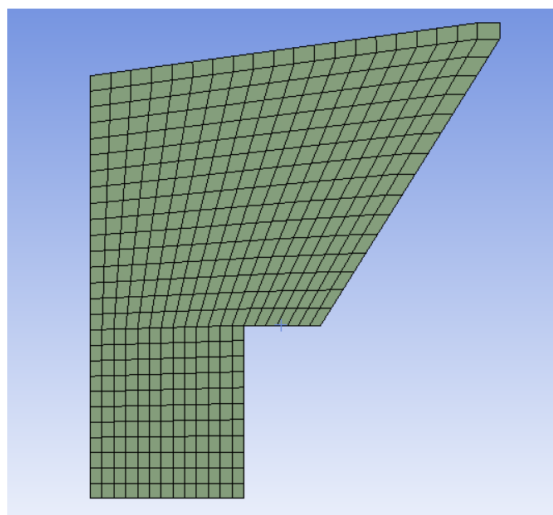


Рис. 2.21 Кінцево-елементна модель

Для визначення напружено-деформованого стану манжети при обтисканні її трубою діаметр обтискувальної труби заданий 307 мм. На рис. 2.22 наведено схему деформування кінцево-елементної моделі у разі даного впливу. Вісь збігається з віссю труби.

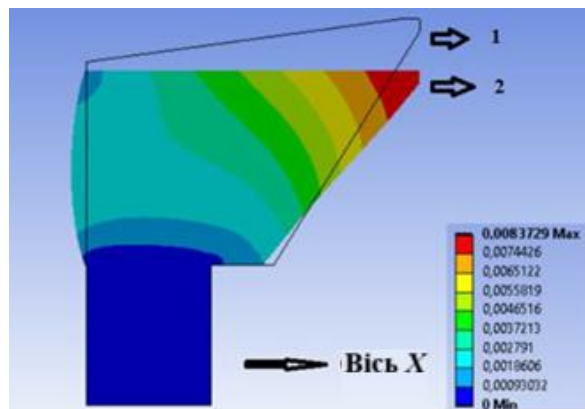


Рис. 2.22 Схема деформування кінцево-елементної моделі манжети при обтисканні трубою (сумарні переміщення, м):  
1 – недеформований стан; 2 – деформована геометрія

Синім кольором позначені області із мінімальними значеннями переміщень, червоним – максимальними.

Для оцінки впливу робочого тиску на обжату трубою манжету, до правої похилій межі моделі прикладався робочий тиск. На рис. 2.23 показано розподіл інтенсивності напруг за деформованою моделлю при додатку навантаження (тиск 1 МПа).

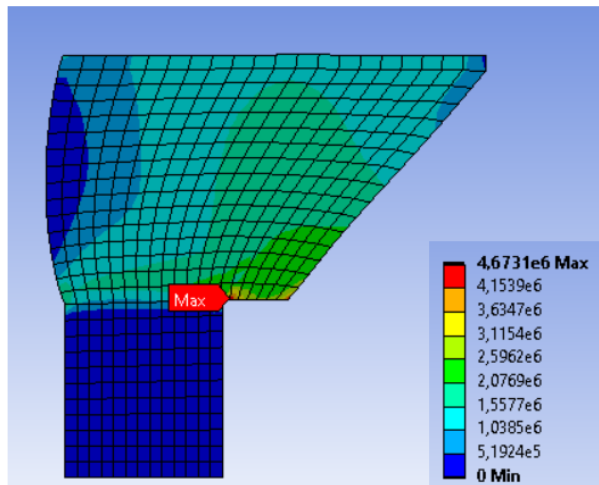


Рис. 2.23 Розподіл інтенсивності напруги по перерізу манжети, МПа

Синім кольором позначені області з мінімальними значеннями інтенсивності напруг, червоним – максимальними.

Напружено-деформований стан моделі оцінювався за величині інтенсивності напруг, що визначається як

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{(\sigma_{11} - \sigma_{22})^2 + (\sigma_{22} - \sigma_{33})^2 + (\sigma_{33} - \sigma_{11})^2}{2} + 3(\sigma_{12}^2 + \sigma_{23}^2 + \sigma_{13}^2)} \quad (2.1)$$

де  $\sigma_i$  – інтенсивність напруг,  $\sigma_{11}$ ,  $\sigma_{12}$ ,  $\sigma_{13}$ ,  $\sigma_{21}$ ,  $\sigma_{22}$ ,  $\sigma_{23}$ ,  $\sigma_{31}$ ,  $\sigma_{32}$ ,  $\sigma_{33}$ , – компоненти тензора напруг.

За методикою, викладеною [14], визначено мінімально необхідний коефіцієнт запасу міцності  $k$ . Вказаний коефіцієнт визначено як твір

$$k = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3, \quad (2.2)$$

де  $k_1$  - коефіцієнт, що враховує неточності у визначенні навантажень і похибки розрахунку напружено-деформованого стану;

$k_2$  – коефіцієнт, що враховує відхилення механічних характеристик матеріалу виробу від нормативних, внаслідок неоднорідності, залишкової напруги, похибок технології виготовлення тощо;

$k_3$  – коефіцієнт відповідальності виробу.

Оскільки кінцево-елементне моделювання відноситься до способів розрахунку з підвищеною точністю, прийнято  $k_1 = 1$ . Для  $k_2, k_3$  прийнято  $k_2 = 1,3$ ;  $k_3 = 1$  – мінімальне рекомендування [10] значення. Таким чином, результуючий мінімально необхідний коефіцієнт запасу міцності  $k = 1,3$ .

У табл. 2.6 наведено значення розрахункових коефіцієнтів запасу міцності  $k_c$  для манжети при різних робочих тисках та температурах.

Розрахунковий коефіцієнт запасу міцності визначено як відношення істинної міцності при заданій температурі  $\sigma_{вс}$  (див. табл. 2.5) до максимальної розрахункової інтенсивності напруг:

$$k_c = \frac{\sigma_{вс}}{\sigma_{ic}} \quad (2.3)$$

Таблиця 2.6

## Коефіцієнти запасу міцності за різних температур

Температура, °С	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	
Рабочее давление, МПа	Кoeffициент запаса $k_c$										
Максимальная интенсивность расчетных напряжений в манжете $\sigma_{ic}$ , МПа											
1	4,67	6,42	5,61	4,88	4,28	3,32	2,93	2,68	2,31	2,06	1,69
2	6,43	4,67	4,07	3,55	3,11	2,41	2,13	1,94	1,68	1,49	1,23
3	8,24	3,64	3,18	2,77	2,43	1,88	1,66	1,52	1,31	1,17	0,96
4	10,00	3,00	2,62	2,28	2,00	1,55	1,37	1,25	1,08	0,96	0,79
5	11,80	2,54	2,22	1,93	1,69	1,31	1,16	1,06	0,92	0,81	0,67
6	13,41	2,24	1,95	1,70	1,49	1,16	1,02	0,93	0,81	0,72	0,59
7	15,00	2,00	1,75	1,52	1,33	1,03	0,91	0,83	0,72	0,64	0,53
7,5	15,70	1,91	1,67	1,45	1,27	0,99	0,87	0,80	0,69	0,61	0,50

Як очевидно з даних табл. 2.6 безпечними, тобто за значення коефіцієнта запасу  $\geq 1,3$ , вважатимуться робочі тиски:

- при тиску 1 МПа використання манжети вважається безпечним по всьому діапазоні температур;

- при тиску 2 МПа використання манжети вважається безпечним до підвищення температури до 107 ° С (розраховано на підставі отриманих даних);

- при тиску 3 МПа використання манжети вважається безпечним до підвищення температури до 90 ° С;

- при тиску 4 МПа використання манжети вважається безпечним до підвищення температури до 70 ° С;

- при тиску 5 МПа використання манжети вважається безпечним до підвищення температури до 60 °С;
- при тиску 6 МПа використання манжети вважається безпечним до підвищення температури до 56 °С (розраховано на підставі отриманих даних);
- при тиску 7 МПа використання манжети вважається безпечним до підвищення температури до 50 °С
- при тиску 7,5 МПа використання манжети вважається безпечним до підвищення температури до 48 °С (розраховано на основі отриманих даних).

Для наочності на рис. 2.24 побудовано діаграму за даними табл. 2.6.

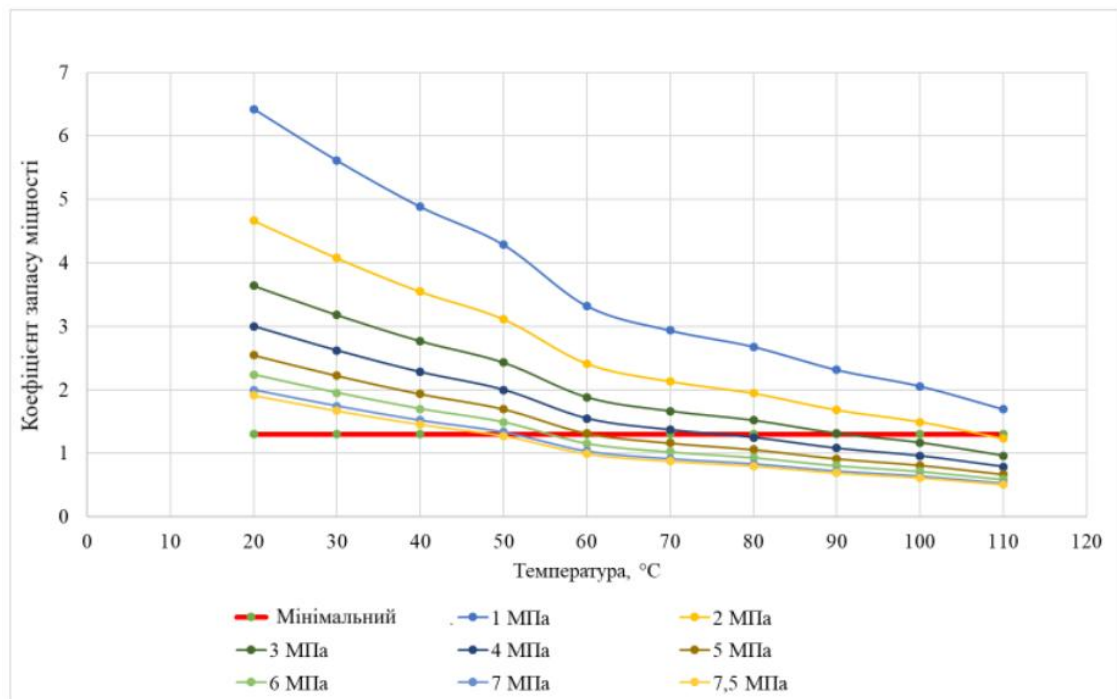


Рис. 2.24 Діаграма коефіцієнтів запасу міцності за різних температур

На діаграмі зазначено мінімальне значення коефіцієнта запасу міцності (червона жирна лінія). Нижче за цю лінію значення перестають задовольняти вимоги  $k_c \geq 1,3$ , що може вплинути на безпеку використання даних манжет.

Розрахунковим шляхом визначено такі робочі межі безпечної експлуатації технології:

- до 7,5 МПа при температурі до 48°C,
- до 5 МПа при температурі до 60°C,
- до 2 МПа при температурі до 107°C.

## **Висновки до розділу 2**

У другому розділі кваліфікаційної магістерської роботи було обґрунтовано, що будь-який вид ремонту на магістральному трубопроводі має свої особливості, тому необхідно правильно підібрати технологію ремонту та розрахувати всі економічні та технологічні ризики.

У ході роботи було розглянуто та описано техніку та технологію по врізанню та перекриттю трубопроводу без зупинки перекачування, були виявлені переваги технології T.D. Williamson як економічні, так і технологічні і встановлені норми безпечних умов праці.

Проведено розрахунки для обґрунтування ресурсоефективності запропонованого варіанта проведення робіт.

Визначено перелік матеріалів, які застосовуються для виготовлення манжет та залежність їх механічних характеристик від температури.

Побудовано кінцево-елементну модель манжети для оцінки її напружено-деформованого стану в різних режимах експлуатації.

Проведено серію обчислювальних експериментів за результатами яких вказати безпечні комбінації температури та тиску для аналізованої манжети.

Показано, що підвищення температури суттєво знижує характеристики міцності манжети. При підвищенні температури до 60°C подовження відповідає вимогам, проте справжня міцність у 2 рази нижча, вона знижується з 30 МПа до 15,5 МПа. При температурі вище 110 С механічні властивості перестають задовольняти стандартним значенням застосування даної технології.

Здійснено оцінку критичних режимів роботи ущільнювального пристрою при тисках від 1 МПа до 7,5 МПа та температурах від 20 до 110°C,

на основі чого визначено обмеження умов застосування – жорсткіші, ніж заявлено виробником. Так для трубопроводів діаметром 150-300 мм заявлено робочий тиск до 6,2 МПа і температура середовища, що транспортується, до 82 °С [10]. Проте розрахунковим шляхом визначено такі робочі межі безпечної експлуатації технології:

- до 7,5 МПа при температурі до 48°С,
- до 5 МПа при температурі до 60°С,
- до 2 МПа при температурі до 107°С.

Результати проведеного дослідження свідчать про неприпустимість використання виробу при максимальних значеннях температури та тиску одночасно. Таким чином, проведені дослідження дали змогу визначити можливі умови порушення цілісності манжетних ущільнень.

## РОЗДІЛ 3

### ВИМОГИ ДО КАДРОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ СЛУЖБИ

Вимоги до кадрового складу експлуатаційного підрозділу трубопровідного транспорту включають високий рівень технічної підготовки, знання сучасних ремонтних технологій та здатність діяти в умовах підвищеного ризику. Компетентність персоналу є критичним чинником безпеки та надійності трубопровідних систем.

Основні вимоги до персоналу експлуатаційного підрозділу є такі:

- професійна технічна освіта;
- спеціалізація в галузі трубопровідного транспорту, механіки, матеріалознавства або енергетики;
- знання будівельних норм, стандартів безпеки та правил технічної експлуатації трубопроводів;
- практичні навички роботи з трубопроводами;
- вміння виконувати діагностику, дефектоскопію, монтажні та зварювальні роботи;
- досвід роботи з аварійними методами ремонту: накладні латки, хомути, заглушки;
- здатність працювати з технологіями врізання та перекриття без зниження тиску.
- знання матеріалів та ущільнювальних елементів;
- розуміння властивостей гумотехнічних матеріалів, їх поведінки під тиском і в агресивному середовищі;
- навички підбору ущільнювальних манжет з урахуванням різних температурних і тискових режимів;
- уміння працювати в екстремальних умовах;
- готовність до роботи в зимовий період без зупинки перекачування;

- здатність діяти швидко та ефективно в аварійних ситуаціях.

Окремо необхідно звернути увагу на компетенції в сфері безпеки:

- знання правил охорони праці, пожежної безпеки та екологічних норм;
- вміння забезпечити герметичність та надійність трубопроводу під час ремонтних робіт;
- командна робота та комунікація;
- здатність працювати у складі спеціалізованих ремонтних бригад;
- вміння координувати дії з іншими службами (технічними, аварійними, логістичними).

Додаткові вимоги згідно з нормативними актами

- формування спеціальних підрозділів з бронюванням персоналу для підвищення надійності в особливий період;
- проведення передпускової діагностики та виконавчої зйомки перед початком робіт;
- технічне перезасвідчення об'єктів після досягнення амортизаційного строку служби.

Компетентний кадровий склад — це основа безпечної та ефективної експлуатації трубопровідного транспорту. В умовах зростаючої складності ремонтних технологій, особливо без зниження тиску, персонал має володіти не лише технічними знаннями, а й гнучкістю, відповідальністю та здатністю до швидкого прийняття рішень.

### **Висновки до розділу 3**

У третьому розділі роботи обґрунтовано та сформульовано вимоги до фахівців інжинірингового центру, які виконують модернізацію шламових насосів систем очищення свердловин, та показано шляхи їх ефективного формування.

## РОЗДІЛ 4

### **РОЗРОБКА ДИДАКТИЧНОГО ПРОЄКТУ ВИКЛАДАННЯ ТЕМИ «ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІЦНОСТІ УЩІЛЬНЮВАЛЬНОЇ МАНЖЕТИ ПРИСТРОЮ ПЕРЕКРИТТЯ ТРУБОПРОВОДІВ ПІД ТИСКОМ ПРИ РІЗНИХ РЕЖИМАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ», ЩО ВИВЧАЄТЬСЯ У ПРОЦЕСІ ПІДВИЩЕННЯ КВАЛІФІКАЦІЇ ПРАЦІВНИКІВ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ СЛУЖБИ**

Для створення ефективного дидактичного проєкту необхідно враховувати професійні особливості слухачів, умови їхньої роботи, рівень підготовки та можливості навчального середовища. Нижче наведено основні вихідні дані, на основі яких буде розроблено навчальну програму.

#### **4.1 Вихідні дані**

Посада: працівники експлуатаційної служби, що здійснюють контроль, монтаж, технічне обслуговування та експлуатацію пристроїв перекриття трубопроводів під тиском.

Категорія слухачів: фахівці середньої та вищої кваліфікації, відповідальні за безпеку технологічного процесу та стан ущільнювальних манжет.

Рівень попередньої підготовки: базові знання з експлуатації трубопроводів та правил охорони праці; обов'язковий практичний досвід роботи на об'єктах газотранспортної системи.

Місце роботи слухачів:

- основні підприємства: «Укртрансгаз» та інші газотранспортні компанії.
- характеристика виробничого середовища: високотехнологічні об'єкти з роботою під тиском, небезпечні технологічні операції, суворе

дотримання стандартів безпеки, необхідність оперативного прийняття рішень у критичних ситуаціях.

Місце підвищення кваліфікації.

Навчальні центри та курси при великих газотранспортних компаніях:

- Укртрансгаз: спеціалізовані підрозділи компанії організують курси з безпеки праці та експлуатації обладнання під тиском.

- Спеціалізовані освітні заклади:

- Український науково-дослідний інститут охорони праці (УНДІОП): програми підвищення кваліфікації для фахівців з охорони праці та безпеки на виробництві, включаючи газову та енергетичну сфери.

- Державний навчальний центр безпеки життєдіяльності: курси для працівників підприємств підвищеного ризику, орієнтовані на актуальні стандарти безпеки.

Інститути підвищення кваліфікації при технічних університетах:

- Київський національний університет будівництва і архітектури (КНУБА): курси підвищення кваліфікації за спеціальностями охорони праці та управління ризиками на виробництві.

- Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут» (КПІ): навчальні програми для фахівців газової та енергетичної галузі, що включають практичні заняття та аналіз реальних виробничих ситуацій.

Міжнародні курси та тренінги.

- Міжнародна організація праці (МОП): програми підвищення кваліфікації та сертифікації за міжнародними стандартами охорони праці та безпеки на об'єктах підвищеного ризику.

- Міжнародний центр безпеки та охорони праці (ICOSH): навчальні курси для працівників різних індустрій, у тому числі газовидобувної та газотранспортної, із застосуванням міжнародних стандартів безпеки.

Науково-технічні семінари та конференції.

– Газотранспортні підприємства та профільні організації організовують внутрішні семінари, конференції та тренінги з актуальних питань охорони праці та безпеки.

Тривалість курсів: 3-10 днів (залежно від програми та рівня підготовки слухачів).

Форма проведення: комбіноване навчання – лекції, практичні заняття, тренінги на тренажерах, групові дискусії, аналіз кейсів аварійних ситуацій.

#### 4.2 Види та зміст професійної діяльності фахівця

Аналіз професійної діяльності працівників експлуатаційної служби «Укртрансгаз» наведений в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

##### Аналіз професійної діяльності фахівця

Вид діяльності	Функції діяльності	Процес діяльності
1	2	3
Контроль технічного стану обладнання	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Оцінка справності пристроїв перекриття трубопроводів;</li> <li>- Перевірка герметичності та міцності ущільнювальних манжет;</li> <li>- Виявлення дефектів і ознак зношування</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Візуальний огляд обладнання;</li> <li>2. Виконання замірів тиску та температури;</li> <li>3. Порівняння результатів із нормативними показниками;</li> <li>4. Складання звітів і передача даних для коригувальних дій</li> </ol>
Монтаж та демонтаж пристроїв перекриття	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Забезпечення правильного встановлення обладнання;</li> <li>- Виконання робіт відповідно до технологічних регламентів;</li> <li>- Підготовка системи до роботи під тиском</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Підготовка інструментів та матеріалів;</li> <li>2. Демонтаж старих компонентів або монтаж нового обладнання;</li> <li>3. Контроль ущільнень та фіксаторів;</li> <li>4. Тестування обладнання перед введенням у експлуатацію</li> </ol>

## Продовження табл.4.1

1	2	3
Регулювання та налаштування системи під тиском	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Забезпечення стабільного функціонування трубопроводу;</li> <li>- Контроль за роботою манжет і клапанів;</li> <li>- Оптимізація режимів роботи</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Вимірювання робочих параметрів (тиску, температури, витрати середовища);</li> <li>2. Внесення коригувань у налаштування обладнання;</li> <li>3. Фіксація результатів та аналіз динаміки параметрів</li> </ol>
Реагування на аварійні ситуації	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ідентифікація причин аварій та ризиків;</li> <li>- Виконання дій для запобігання аваріям;</li> <li>- Надання першої допомоги при нещасних випадках</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Виявлення нестандартних показників або витоків;</li> <li>2. Ініціювання аварійних процедур;</li> <li>3. Відключення або перекриття трубопроводу;</li> <li>4. Інформування керівництва та аварійної бригади</li> </ol>
Документування та звітність	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ведення журналів обслуговування та ремонтів;</li> <li>- Фіксація результатів контролю;</li> <li>- Підготовка звітів для керівництва та наглядових органів</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Заповнення робочих журналів і актів перевірок;</li> <li>2. Аналіз тенденцій зношування обладнання;</li> <li>3. Підготовка пропозицій щодо планових ремонтів і модернізації</li> </ol>
Навчання та підвищення кваліфікації	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Освоєння нових технологій та методик роботи;</li> <li>- Підвищення рівня професійної компетентності;</li> <li>- Тренування практичних навичок</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Участь у внутрішніх і зовнішніх навчальних програмах;</li> <li>2. Відпрацювання навичок на тренажерах та в лабораторних умовах;</li> <li>3. Засвоєння оновлених стандартів безпеки та технологічних регламентів</li> </ol>

### 4.3 Кваліфікаційні вимоги до працівників експлуатаційної служби

Кваліфікаційні вимоги до працівників експлуатаційної служби охоплюють освіту, професійні компетентності, практичні навички, особистісні якості та знання нормативної бази. Дотримання цих вимог є запорукою безпечної та ефективної роботи обладнання під тиском та забезпечення надійності трубопроводів. Професійна підготовка та підвищення кваліфікації персоналу повинні відповідати сучасним технологічним стандартам і включати практичне відпрацювання операцій у контрольованих умовах.

Кваліфікаційні вимоги до працівників експлуатаційної служби представлені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

#### Кваліфікаційні вимоги до фахівця

Фахівець повинен уміти	Фахівець повинен знати
1	2
Виконувати монтаж, демонтаж та технічне обслуговування пристроїв перекриття трубопроводів під тиском	Конструкцію і принцип роботи пристроїв перекриття та ущільнювальних манжет
Контролювати параметри тиску, температури та герметичності системи	Фізико-механічні властивості середовища та матеріалів манжет
Виявляти дефекти обладнання та оцінювати ступінь зношування	Нормативні показники та технологічні регламенти експлуатації обладнання
Оцінювати стан трубопроводів та систем перекриття	Стандарти безпеки, технічні інструкції та регламенти підприємства
Реагувати на аварійні ситуації та виконувати дії з локалізації витоків	Правила промислової безпеки та охорони праці, алгоритми аварійного реагування
Виконувати ремонтні роботи та заміну ущільнювальних елементів	Методи контролю міцності та герметичності манжет
Вести технічну документацію, журнали обслуговування та акти перевірок	Порядок ведення документації та обліку робіт

Продовження табл. 4.2

1	2
Використовувати засоби індивідуального захисту та контролювати безпечні умови праці	Правила користування засобами індивідуального захисту та колективними засобами безпеки
Працювати з цифровими системами моніторингу та діагностики	Принципи роботи систем контролю параметрів трубопроводів та обладнання
Приймати оперативні рішення у нестандартних або аварійних ситуаціях	Можливі причини аварійних ситуацій та способи їх усунення
Працювати у команді та координувати дії з іншими фахівцями	Організаційну структуру служби та функції колег, порядок взаємодії у разі аварій

#### 4.4 Постановка цілей вивчення навчальної теми

Таблиця 4.3

Цілі-задачі на окремих етапах досягнення оперативних цілей

Рівні засвоєння навчального матеріалу теми	Цілі-задачі на окремих етапах досягнення оперативних цілей.
1	2
I, II, III, IV	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ознайомити слухачів із конструктивними особливостями та принципом роботи ущільнювальних манжет.</li> <li>– Розвинути навички контролю та оцінки стану манжет у процесі експлуатації.</li> <li>– Надати знання щодо методів перевірки герметичності та міцності ущільнень під різними експлуатаційними режимами.</li> <li>– Формувати здатність правильно реагувати на нестандартні та аварійні ситуації, пов'язані з порушенням герметичності трубопроводів.</li> <li>– Підвищити рівень професійної компетентності та відповідальності працівників у забезпеченні надійної та безпечної експлуатації трубопроводів.</li> </ul>

#### 4.5 Перелік літературних джерел з теми.

1. Державна служба України з питань праці. Нормативні положення проведення гідравлічного розриву пласта. — Київ : ДСУП, 2022. — Режим доступу: <https://drs.gov.ua> [Дата звернення: 14.11.2025].
2. Закон України «Про затвердження Правил охорони праці та безпечної експлуатації технологічних трубопроводів» від 24.10.2014 № 755. — Законодавство України. — Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z1438-14> [Дата звернення: 14.11.2025].
3. ДБН В.2.5-67:2013. Випробування під тиском трубопровідних систем. — Київ : Мінрегіонбуд України, 2013. — Режим доступу: <https://finance.smr.gov.ua/files/25-67-2013.pdf> [Дата звернення: 14.11.2025].
4. ТеплоТА. Гідравлічні випробування трубопроводів / сайт «ТЕПЛОТА». — 2021. — Режим доступу: <https://teplota.org.ua/uk/2021-06-01-gidravlicheskie-ispytaniya-truboprovodov.html> [Дата звернення: 14.11.2025].
5. УТІ «Укртрубоізол». Випробування гідростатичним тиском трубопроводів. — Режим доступу: <https://uti.ua/products/hydrostatic-pressure-test/> [Дата звернення: 14.11.2025].

#### 4.6 Конструювання дидактичних матеріалів з теми «Забезпечення міцності ущільнювальної манжети пристрою перекриття трубопроводів під тиском при різних режимах експлуатації»

До створення дидактичних матеріалів належить розробка таких елементів, як метаплан, техніка навчального тексту (логіко-семантична структура) та опорні конспекти для викладача, студента чи учня.

Логіко-семантична структура вивчення теми є важливою складовою навчального процесу. Вона дозволяє систематизувати матеріал так, щоб його подача була послідовною, логічною та забезпечувала повне розкриття всіх аспектів обраної теми.

У контексті досліджуваної теми «Забезпечення міцності ущільнювальної манжети пристрою перекриття трубопроводів під тиском при різних режимах експлуатації» логіко-семантична структура допомагає чітко організувати навчальний матеріал, поєднуючи теоретичні знання та практичні навички, необхідні для ефективної підготовки працівників експлуатаційної служби.

### Навчальний модуль 1 «Теоретичні основи конструкції та принципу роботи ущільнювальних манжет»

Meta модуля: ознайомити слухачів із конструктивними особливостями, функціонуванням та фізико-механічними характеристиками манжет.

#### Зміст:

- Види та типи ущільнювальних манжет, матеріали виготовлення.
- Принцип дії пристроїв перекриття трубопроводів під тиском.
- Фізико-механічні властивості матеріалів та їх вплив на міцність ущільнень.
- Вимоги до надійності та герметичності систем.

Методи навчання: лекція, презентація, демонстрація зразків матеріалів, обговорення.

Очікувані результати: слухачі зможуть описати конструкцію манжет, визначити основні характеристики та функціональні вимоги.

### Навчальний модуль 2 «Контроль та оцінка технічного стану манжет»

Meta модуля: навчити методам перевірки герметичності та міцності ущільнювальних манжет у різних режимах експлуатації.

#### Зміст:

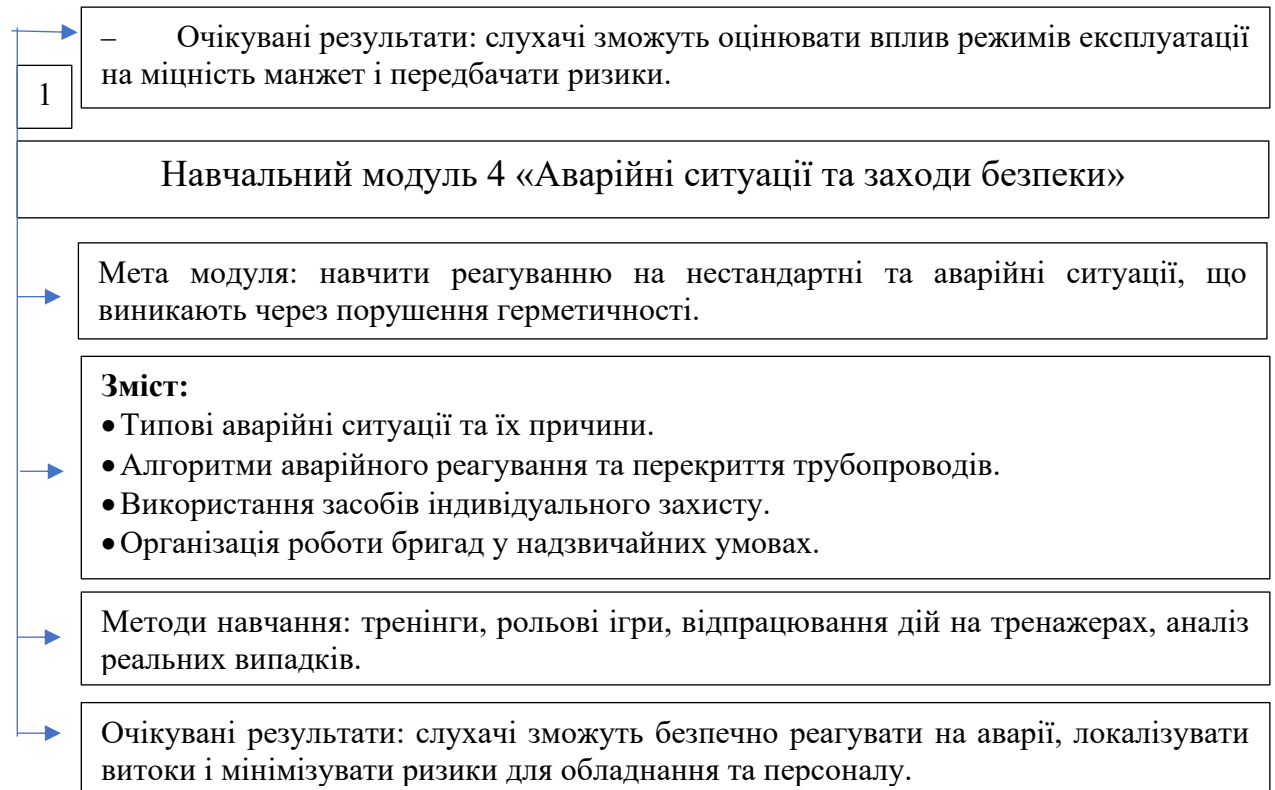
- Методи візуального та інструментального контролю.
- Випробування на тиск: гідростатичні та пневматичні методи.
- Виявлення дефектів, зношування та передбачуваних ризиків.
- Складання актів перевірок та протоколів випробувань.

Методи навчання: практичні заняття на тренажерах, лабораторні вимірювання, аналіз кейсів.

Очікувані результати: слухачі зможуть проводити контрольні вимірювання, оцінювати стан манжет і фіксувати результати у документації.

### Навчальний модуль 3 «Експлуатаційні режими та вплив на міцність манжет»

Meta модуля: розкрити вплив різних режимів роботи трубопроводів на міцність ущільнювальних манжет.



#### **4.7 Аналіз базових умов навчання з теми «Забезпечення міцності ущільнювальної манжети пристрою перекриття трубопроводів під тиском при різних режимах експлуатації»**

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
Механіка та матеріалознавство	Методи: усне опитування. Форми: фронтальна. Засоби: контрольні питання.

## Продовження табл. 4.4

1	2
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Які основні механічні властивості матеріалів визначають їх здатність витримувати навантаження?</li> <li>2. Що таке стійкість матеріалу до деформацій і як її оцінюють?</li> <li>3. В чому полягає поняття міцності матеріалу і які види міцності розрізняють?</li> <li>4. Як визначають твердість матеріалу та які методи її контролю використовують?</li> <li>5. Як температура впливає на механічні властивості матеріалів?</li> <li>6. Який вплив чинить робочий тиск на працездатність ущільнювальних манжет?</li> <li>7. Як агресивні середовища (корозійні, хімічно активні) впливають на довговічність матеріалів?</li> <li>8. Які заходи застосовують для зменшення негативного впливу зовнішніх факторів на матеріали?</li> <li>9. Які існують основні методи контролю механічних властивостей матеріалів?</li> <li>10. Що таке неруйнівний контроль і які види випробувань він включає?</li> <li>11. Як проводять гідростатичні та пневматичні випробування ущільнювальних манжет?</li> <li>12. Які показники матеріалу оцінюють під час випробувань для забезпечення безпечної експлуатації трубопроводів?</li> </ol>
Технологія трубопроводів та обладнання під тиском	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Які основні елементи входять до складу трубопроводу та пристроїв перекриття?</li> <li>2. Як конструктивні особливості трубопроводу впливають на його експлуатаційну надійність?</li> <li>3. Які вимоги висуваються до матеріалів і конструкцій перекривних пристроїв для роботи під тиском?</li> <li>4. В чому полягає принцип роботи основних типів пристроїв перекриття?</li> </ol>
Режими експлуатації та їх вплив на обладнання	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Які основні режими експлуатації трубопроводів існують і чим вони відрізняються?</li> <li>2. Як змінний тиск та температура впливають на міцність манжет та герметичність системи?</li> <li>3. Які негативні наслідки можуть виникати при перевищенні допустимих експлуатаційних параметрів?</li> </ol>



1	2
	4. Які заходи профілактики та контролю допомагають забезпечити безпечну експлуатацію обладнання в різних режимах?
Гідравліка та гідравлічні випробування	<p>5. Які основні закони гідравліки використовуються для аналізу роботи трубопроводів під тиском?</p> <p>6. Як закон Бернуллі застосовується для оцінки руху робочого середовища в трубопроводі?</p> <p>7. Яким чином закон Паскаля впливає на проектування пристроїв перекриття трубопроводів?</p> <p>8. Як враховують втрати тиску при розрахунках трубопровідних систем?</p> <p>9. Що таке робочий тиск і як він визначається для трубопровідних систем?</p> <p>10. Як визначають аварійний (максимально допустимий) тиск для обладнання під тиском?</p> <p>11. Які фактори враховуються при розрахунку робочого і аварійного тиску (температура, середовище, матеріали)?</p> <p>12. Як результати розрахунку тиску використовуються для вибору конструкції та типу ущільнення?</p>
Безпека та охорони праці	<p>1. Які нормативні документи регламентують безпечну експлуатацію трубопроводів під тиском?</p> <p>2. Які вимоги стандартів слід виконувати при монтажі та експлуатації ущільнювальних манжет?</p> <p>3. Як застосування нормативів та стандартів знижує ймовірність аварійних ситуацій?</p> <p>4. Які основні вимоги охорони праці для працівників експлуатаційної служби?</p> <p>5. Яку роль відіграє система охорони праці у забезпеченні безпечної експлуатації трубопроводів під тиском?</p> <p>6. Які процедури контролю виконання правил охорони праці застосовуються на підприємстві?</p> <p>7. Як організувати роботу бригади для забезпечення безпеки при обслуговуванні трубопроводів?</p> <p>8. Які обов'язки керівника бригади та членів бригади щодо безпечної роботи?</p> <p>9. Як координація дій у бригаді знижує ризики аварійних ситуацій?</p>

#### 4.8 Проектування мотиваційних технологій

Проектування мотиваційних технологій навчання з теми «Забезпечення міцності ущільнювальної манжети пристрою перекриття трубопроводів під тиском при різних режимах експлуатації», характеристика і текст мотивації, використання якої доцільно при викладанні навчального матеріалу (табл. 4.5).

Таблиця 4.5

##### Обрання методів мотивації навчальної діяльності

Вид і методи мотивації	Вступна мотивація
1	2
Вступна мотивація, мотивуючий вступ	<p>Доброго дня, шановні слухачі! Ефективна та безпечна експлуатація трубопроводів під тиском неможлива без глибокого розуміння принципів роботи ущільнювальних манжет та факторів, що впливають на їхню міцність. Працівники експлуатаційної служби, які володіють знаннями про конструктивні особливості, властивості матеріалів та методи контролю герметичності, здатні мінімізувати ризики аварій, забезпечити стабільність роботи системи та продовжити ресурс обладнання.</p> <p>У сучасних технологічних умовах робота з трубопроводами під тиском пов'язана з високим рівнем відповідальності, адже будь-яке порушення герметичності може призвести до аварій, техногенних витоків і загрози життю працівників. Тому навчання за цією темою мотивоване не лише професійним розвитком, а й забезпеченням безпеки, підвищенням компетентності та готовності до оперативного реагування в нестандартних ситуаціях.</p> <p>Оволодіння знаннями про вплив різних експлуатаційних режимів на ущільнювальні манжети дозволяє фахівцям: прогнозувати зношування та потенційні дефекти; своєчасно проводити контроль та технічне обслуговування; підвищувати надійність та довговічність трубопровідної системи; ефективно взаємодіяти з колегами в аварійних ситуаціях.</p>

1	2
	Таким чином, навчання за цією темою створює умови для формування високого рівня професійної компетентності, відповідальності та готовності до забезпечення безпечної експлуатації технологічного обладнання під тиском. Воно є необхідним елементом підвищення кваліфікації та професійного росту працівників експлуатаційної служби.

#### 4.9 Проектування технології формування орієнтовної основи діяльності

Проектування технології формування орієнтовної основи діяльності при вивчені теми «Забезпечення міцності ущільнювальної манжети пристрою перекриття трубопроводів під тиском при різних режимах експлуатації» (табл. 4.6).

Таблиця 4.6

##### Способи формування ООД з теми

Рівні засвоєння навчального матеріалу теми	Форми навчання	Методи та засоби навчання
1	2	3
Рівень знань (теоретичне усвідомлення)	Лекція, семінар	Пояснювальна лекція, мультимедійна презентація, демонстрація схем конструкцій трубопроводів і ущільнювальних манжет, обговорення ключових понять, тестування на розуміння матеріалу
Рівень розуміння (аналітичне осмислення)	Дискусії, групові заняття	Порівняння типів манжет, аналіз впливу температури, тиску та агресивного середовища на герметичність, розбір прикладів з практики, складання таблиць характеристик матеріалів

Продовження табл. 4.6

1	2	3
Рівень застосування (практичне використання знань)	Лабораторні та практичні заняття, тренажери	Випробування на герметичність і міцність манжет, моделювання різних експлуатаційних режимів, використання інструментальних методів контролю, складання актів перевірок
Рівень аналізу та оцінки (вирішення практичних задач)	Кейс-стаді, практичні тренінги	Розбір аварійних ситуацій, оцінка дефектів ущільнень, визначення причин порушення герметичності, складання плану профілактичного обслуговування
Рівень синтезу та творчості (підготовка рішень)	Проектна робота, рольові ігри	Розробка алгоритмів реагування на аварії, планування обслуговування систем, моделювання нових конструкцій манжет, використання інтерактивних симуляторів
Рівень контролю та самоконтролю	Тестування, контрольні роботи, самооцінка	Тестові завдання, практичні перевірки, аналіз власних дій під час тренінгів, обговорення результатів з викладачем та колегами

#### 4.10 Проектування технології формування виконавчих дій при вивченні теми

Проектування технології формування виконавчих дій при вивченні теми «Забезпечення міцності ущільнювальної манжети пристрою перекриття трубопроводів під тиском при різних режимах експлуатації» (табл. 4.7).

Таблиця 4.7

#### Способи формування виконавчих дій з теми

Рівні засвоєння навчального матеріалу теми	Форми	Методи, засоби закріплення
1	2	3
I, II, III, IV	Колективно-групова	Практичні вправи Вправа 1. Ознайомлення з конструкцією ущільнювальної манжети

		1.
--	--	----

Продовження табл.4.7

1	2	3
		<p>Мета: вивчити будову та принцип роботи манжети. Завдання:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ознайомитися з різними типами манжет (гумові, полімерні, металеві).</li> <li>2. Розібрати та проаналізувати складові конструкції пристрою перекриття.</li> </ol> <p>Визначити ключові елементи, що впливають на герметичність та міцність. Очікуваний результат: слухачі можуть пояснити будову манжети, функції її складових та принцип роботи. Вправа 2. Визначення механічних властивостей матеріалів манжет</p> <p>Мета: навчитися оцінювати стійкість до деформацій, міцність та твердість матеріалів. Завдання:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Провести вимірювання твердості та еластичності зразків матеріалів манжет.</li> <li>2. Оцінити вплив температури та вологості на властивості матеріалу.</li> <li>3. Скласти порівняльну таблицю результатів для різних типів матеріалів.</li> </ol> <p>Очікуваний результат: слухачі можуть порівнювати матеріали за механічними характеристиками та визначати придатність для роботи під тиском.</p> <p>Вправа 3. Гідравлічне випробування на герметичність</p> <p>Мета: навчитися проводити контроль герметичності манжет. Завдання:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити манжету в трубопровідну систему на тренажері.</li> </ol>

		<p>2. Провести гідростатичне випробування, піднімаючи тиск до робочого та аварійного значення.</p> <p>1.</p>
--	--	--

Продовження табл.4.7

1	2	3
		<p>3. Виявити та зафіксувати будь-які дефекти або витоки.</p> <p>Очікуваний результат: слухачі навчені правильно проводити випробування та оцінювати герметичність системи.</p> <p>Вправа 5. Локалізація аварійних ситуацій та реагування</p> <p>Мета: навчитися діяти у випадку аварійних витоків або руйнування манжети.</p> <p>Завдання:</p> <p>2. Провести імітацію витоку під тиском на тренажері.</p> <p>3. Відпрацювати алгоритм аварійного перекриття трубопроводу.</p> <p>4. Використати засоби індивідуального захисту та оформити акт аварійного огляду.</p> <p>Очікуваний результат: слухачі можуть безпечно реагувати на аварійні ситуації, локалізувати витік і документувати проведені дії.</p> <p>Вправа 6. Документування та аналіз результатів</p> <p>Мета: навчитися вести технічну документацію та оцінювати стан манжет.</p> <p>Завдання:</p> <p>1. Скласти протоколи випробувань та акти перевірок.</p> <p>2. Порівняти отримані дані з нормативними значеннями.</p> <p>3. Запропонувати рекомендації щодо технічного обслуговування та заміни манжет.</p> <p>Очікуваний результат: слухачі володіють навичками</p>

		оформлення документації та аналізу стану обладнання.
--	--	--

#### 4.11 Проєктування контрольних дій з теми

Проєктування контрольних дій з теми «Забезпечення міцності ущільнювальної манжети пристрою перекриття трубопроводів під тиском при різних режимах експлуатації» (табл. 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 (усне опитування).</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Назвіть основні типи ущільнювальних манжет, що використовуються у трубопроводах під тиском.</li> <li>2. Поясніть принцип роботи пристрою перекриття трубопроводу з манжетою.</li> <li>3. Які елементи конструкції манжети відповідають за герметичність системи?</li> <li>4. Чому важливо враховувати матеріал манжети при виборі для конкретного трубопроводу?</li> <li>5. Що таке міцність, стійкість до деформацій та твердість матеріалу?</li> <li>6. Як температура, тиск та агресивне середовище впливають на стан манжети?</li> <li>7. Назвіть методи контролю механічних властивостей матеріалів.</li> <li>8. Як оцінюють ресурс матеріалу та прогнозують термін служби манжети?</li> </ol>

		9. Які існують методи гідравлічного контролю ущільнень?
--	--	---

Продовження табл.4.8

1	2	3
		<p>10. Чим відрізняються гідростатичні та пневматичні випробування?</p> <p>11. Як визначають робочий та аварійний тиск для манжет і трубопроводів?</p> <p>12. Які дії необхідно виконати при виявленні витоків під час випробувань?</p> <p>13. Перерахуйте основні режими експлуатації трубопроводів під тиском.</p> <p>14. Як змінний тиск і температура впливають на герметичність ущільнень?</p> <p>15. Які заходи профілактики застосовують для підвищення надійності манжет?</p> <p>16. Поясніть, чому важливо моделювати різні режими роботи під час підготовки персоналу.</p>

#### 4.12 Розробка програми курсів підвищення кваліфікації

Розробка програми курсів підвищення кваліфікації викладання теми «Забезпечення міцності ущільнювальної манжети пристрою перекриття трубопроводів під тиском при різних режимах експлуатації» представлено в табл. 4.9.

Таблиця 4.9

## Програма курсів підвищення кваліфікації

№ п/п	Назва заняття	Термін заняття (год.)	Цілі заняття	Тип заняття	Методи навчання
1	Вступ до теми та ознайомлення з конструкцією манжет	2	Ознайомити слухачів з будовою та принципом роботи ущільнювальних манжет, пояснити їх роль у безпечній експлуатації трубопроводів	Лекція	Пояснювальна лекція, демонстрація схем, презентація, обговорення
2	Механічні властивості матеріалів та вплив експлуатаційних факторів	3	Вивчити властивості матеріалів манжет, оцінити вплив тиску, температури та агресивного середовища на їх міцність	Лекція + семінар	Аналіз матеріалів, дискусії, демонстрація зразків, тестування знань
3	Методи контролю та випробувань на герметичність	4	Ознайомити слухачів із методами контролю герметичності та проведенням гідравлічних випробувань	Практичне заняття	Демонстрація випробувань, робота на тренажері, лабораторні вправи
4	Розрахунок робочого та аварійного тиску	3	Навчити визначати робочий і аварійний тиск для різних режимів роботи трубопроводу	Практичне заняття	Розрахункові задачі, кейс-аналіз, робота в групах
5	Моделювання режимів експлуатації та вплив на герметичність	4	Оцінити вплив різних режимів роботи на стан манжет та навчити прогнозувати їх зношування	Практичне заняття	Симуляційне навчання, моделювання на тренажері, аналіз результатів

Продовження табл. 4.9

1	2	3	4	5	6
6	Безпека праці та аварійне реагування	3	Навчити правил безпечної роботи, використання засобів захисту та дій у аварійних ситуаціях	Лекція + практичне заняття	Рольові ігри, тренінг аварійних ситуацій, демонстрація засобів захисту
7	Документування та аналіз результатів випробувань	2	Ознайомити слухачів з оформленням протоколів, актів перевірок та складанням рекомендацій щодо обслуговування	Практичне заняття	Робота з формами документації, аналіз кейсів, групова робота
8	Підсумкове заняття та контроль засвоєння матеріалу	2	Підсумувати матеріал курсу, перевірити знання та навички слухачів	Контрольне заняття	Тестування, практичне виконання завдань, обговорення результатів

### 4.13 Розробка сценарію заняття «Моделювання режимів експлуатації та вплив на герметичність»

Таблиця 4.10

## Сценарій заняття

№ з/п	Структурні елементи заняття	Зміст структурних елементів
1	2	3
1	Організаційна частина (5 хвилин)	- Привітання слухачів, перевірка присутності та готовності до заняття. - Ознайомлення з метою та планом заняття. - Повідомлення правил безпеки під час практичної роботи з обладнанням.
2	Вступна частина (10 хвилин)	- Актуалізація знань: короткий огляд будови трубопроводів та ущільнювальних манжет. - Обговорення важливості міцності манжет для безпечної експлуатації трубопроводів під тиском. - Постановка навчальних завдань для слухачів: прогнозування впливу різних режимів роботи на герметичність.
3	Теоретична частина (30 хвилин)	- Огляд конструктивних особливостей манжет та пристроїв перекриття. - Механічні властивості матеріалів (стійкість до деформацій, твердість, міцність) та вплив температури, тиску і агресивних середовищ. - Методи контролю та випробувань на герметичність, розрахунок робочого та аварійного тиску. - Режими експлуатації трубопроводів та їх вплив на стан манжет.
4	Практична частина (45 хвилин)	- Ознайомлення з обладнанням для випробувань ущільнювальних манжет. - Виконання лабораторних вправ: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Вимірювання механічних властивостей матеріалів.</li> <li>• Проведення гідравлічного тестування на герметичність.</li> <li>• Моделювання різних режимів експлуатації та оцінка впливу на міцність манжет.</li> </ul> - Обговорення отриманих результатів та аналіз дефектів.
5	Заклучна частина (10 хвилин)	- Підведення підсумків заняття. - Обговорення основних висновків: значення міцності манжет для безпечної роботи трубопроводів. - Відповіді на запитання слухачів. - Повідомлення домашнього

Продовження табл. 4.10

1	2	3
		завдання або рекомендацій для самостійного опрацювання матеріалу.

#### Висновки до розділу 4

У межах роботи здійснено всебічний аналіз професійної діяльності працівників, визначено вимоги до їхньої кваліфікації, окреслено освітні умови та особливості навчального середовища, що забезпечують ефективність підвищення кваліфікації.

Розроблена система навчання ґрунтується на поєднанні теоретичних знань і практичних навичок, необхідних для забезпечення міцності та герметичності ущільнювальних манжет у трубопроводах, що працюють під тиском. Послідовна логіко-семантична структура теми дає змогу організувати навчальний матеріал у доступній та системній формі, а використання мотиваційних методів забезпечує активне залучення слухачів до навчального процесу.

У розділі детально представлено засоби формування орієнтовної основи діяльності, методи розвитку практичних умінь та інструменти контролю засвоєння матеріалу. Запропоновані вправи та тренінги спрямовані на відпрацювання ключових професійних дій: аналіз стану манжет, проведення гідравлічних випробувань, реагування на аварійні ситуації, оформлення технічної документації. Такий підхід формує у слухачів здатність до оперативного прийняття рішень і підвищує рівень готовності до роботи в умовах підвищеної небезпеки.

Запропонована програма підвищення кваліфікації є комплексною, структурованою та адаптованою до потреб виробництва. Вона охоплює актуальні питання технічної експлуатації, безпеки праці, діагностики та профілактики дефектів, що забезпечує підвищення професійної компетентності працівників та

сприяє зниженню ризиків аварійних ситуацій на об'єктах газотранспортної системи.

Таким чином, розроблений дидактичний проєкт створює методичне підґрунтя для якісної підготовки фахівців, формує стійкі професійні навички та сприяє підвищенню надійності й безпеки експлуатації трубопроводів під тиском у реальних виробничих умовах.

## ВИСНОВКИ

Дипломну роботу присвячено дослідженню процесу професійної підготовки працівників експлуатаційної служби, які виконують роботи з обслуговування та використання пристроїв перекриття трубопроводів під тиском.

В роботі виявлено особливості професійної діяльності працівників експлуатаційної служби, пов'язаної з використанням пристроїв перекриття трубопроводів під тиском; обґрунтовано зміст, структуру та методи професійної підготовки персоналу для забезпечення безпечної експлуатації манжети в різних режимах роботи; розроблено систему професійної підготовки працівників експлуатаційної служби щодо забезпечення міцності ущільнювальної манжети; розроблено програму, методичне забезпечення та форми підвищення кваліфікації працівників експлуатаційної служби щодо забезпечення міцності ущільнювальної манжети.

## 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](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/>
14. Safe Hot Tapping Practices in the Petroleum and Petrochemical Industries (API Recommended Practice 2201). Washington, D.C.: American Petroleum Institute, 6th Edition, 2021.
15. European Network of Transmission System Operators for Gas (ENTSOG). Winter Supply Outlook 2025/26 and Winter Review 2024/25. Brussels: ENTSOG, October 2025.
16. T.D. Williamson Pipeline Performance. About TDW. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.tdwilliamson.com/company/about-us> (дата звернення 20.10.2025 г.).
17. Данильців Б., Химко О. Аналіз методів виявлення витоків та моніторингу стану ділянок магістральних газопроводів. Науковий журнал Energy Engineering and Control Systems, 2024, Том 10, №2, с. 73–80.
18. T.D. Williamson. STOPPLE® Train Isolation System. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.tdwilliamson.com/solutions/hot-tapping-andplugging/isolation/stopple-train> (дата звернення 20.11.2025 р.).

19. Ravetti STOP/SYSTEM™ – Technology for Depressurizing and Bypassing Pipelines Видавець: Ravetti S.p.A. (Італія) Рік: 2024 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ravetti.eu/> (дата звернення 27.10.2025 р.).
20. Ashby, M. F. (2011). *Materials Selection in Mechanical Design* (4th ed.). Oxford: Butterworth-Heinemann.
21. Zienkiewicz, O. C., Taylor, R. L., & Zhu, J. Z. (2013). *The Finite Element Method: Its Basis and Fundamentals* (7th ed.). Oxford: Elsevier.
22. Chung, T. J. (2010). *Computational Fluid Dynamics and ANSYS Applications for Engineers and Designers*. Cambridge: Cambridge University Press.
23. Moaveni, S. (2020). *Finite Element Analysis: Theory and Application with ANSYS* (4th ed.). Pearson Education.
24. Gent, A. N. (2012). *Engineering with Rubber: How to Design Rubber Components* (3rd ed.). Munich: Hanser Publishers.
25. Kutz, M. (Ed.). (2020). *Mechanical Engineers' Handbook* (4th ed., Vols. 1–4). Wiley. ISBN: 978-1-119-57711-1.
26. Ковальчук, В. С., & Гуменюк, В. В. (2022). *Довідник інженера-механіка: матеріали, конструкції, розрахунки*. Львів: Видавництво ЛНУ. ISBN: 978-966-613-123-4.
27. Ковальчук, О. В., & Гуменюк, В. В. (2021). Вплив температури на термічне старіння еластомерних матеріалів. *Науковий вісник НУВГП. Серія: Технічні науки*, №3(95), с. 45–52. DOI: 10.31733/ntv.v3i95.2021.45-52.
28. Zienkiewicz, O. C., Taylor, R. L., & Zhu, J. Z. (2013). *The Finite Element Method: Its Basis and Fundamentals* (7th ed.). Elsevier. ISBN: 978-1-85617-633-0.